

NĚKTERÉ VÝSLEDKY OVĚŘOVÁNÍ VÝBĚROVÝCH STROMŮ MODŘÍNU OPADAVÉHO (*LARIX DECIDUA* MILL.) POTOMSTVY Z KONTROLOVANÉHO KŘÍŽENÍ

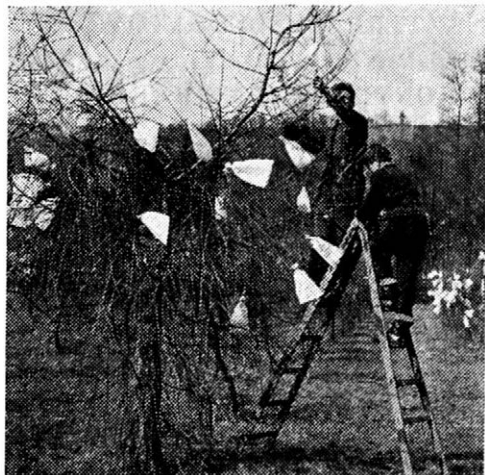
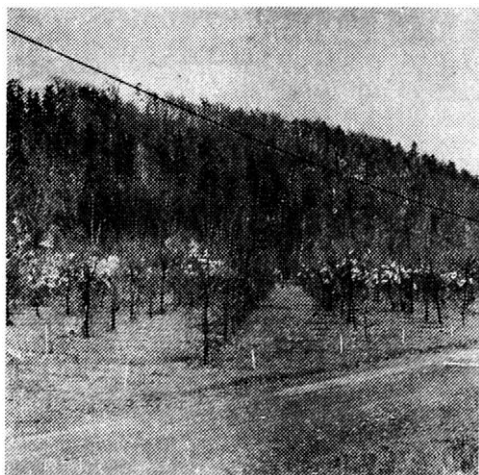
J. Šindelář

ŠINDELÁŘ, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Některé výsledky ověřování výběrových stromů modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) potomstvy z kontrolovaného křížení*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1047-1068.

V rámci sdělení uvádíme některé informace o výsledcích hodnocení výzkumné plochy č. 25 — Strnady gamapole, která je souborem 25 potomstev pěti klonů z inkompletního dialelního křížení. Jde vesměs o klony sudetského modřínu. Plocha byla založena metodou dvojité mříže ve čtyřech opakováních. Ve věku 9 a 16 let byly měřeny výšky, výčetní tloušťky a okulárně klasifikována jakost (tvárnost) kmene. Proměnlivost byla zkoumána analýzou variance se třemi příčinami proměnlivosti (vliv mateřských a otcovských klonů, opakování a příslušné interakce). Odhad průměrných efektů příčin proměnlivosti se uskutečnil na bázi analýzy variance řešením příslušných normálních rovnic. Pro dědivost v širším smyslu byly zjištěny hodnoty 0,46 a 0,25 pro výšky, 0,87 a 0,36 pro výčetní tloušťky, 0,50 a 0,29 pro tvárnost kmene. Hodnoty heritability v užším smyslu jsou nižší (0,20 pro výšky, 0,50 a 0,24 pro výčetní tloušťky a 0,42 pro tvárnost kmene). Jednotlivé klony použité ke křížení bylo možno charakterizovat kombinační schopností v souladu s postupem, který navrhl a použil Kraus (1973). V sortimentu hybridních kombinací je zastoupena též varianta z kontrolovaného samosprášení. V souladu s teoretickým předpokladem se v potomstvu projevila zřetelná deprese jak ve výškovém, tak i tloušťkovém růstu. V hodnotách dědivosti existuje u modřínu pro všechny zkoumané znaky značná proměnlivost s ohledem na různý experimentální materiál, různý metodický postup prací, prostředí a věkové stadium, v němž se konalo pozorování. Další poznatky o genetických parametrech modřínu opadavého očekáváme z výsledků hodnocení dalších ploch z programu křížení 1968 a 1983.

genetika lesnická; křížení; modřín; výběrové stromy; proměnlivost

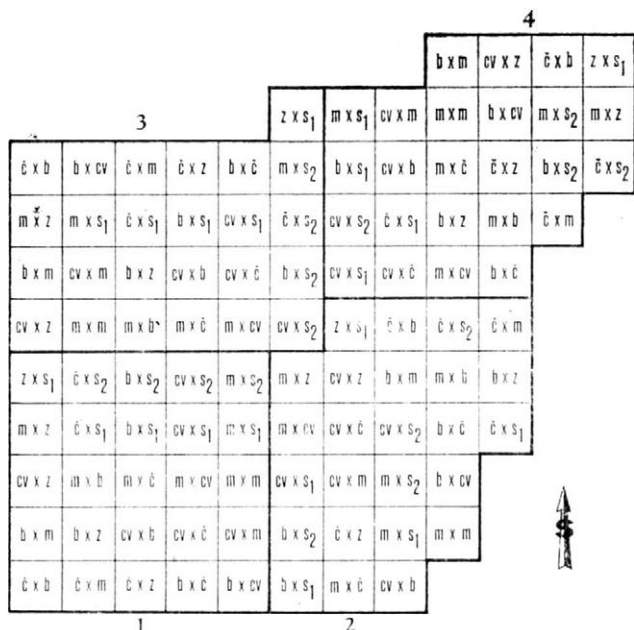
V roce 1967 se uskutečnil v semenné plantáži modřínu opadavého ve Šternberku u Olomouce první program kontrolovaného křížení. Využilo se roubovanců, tehdy desetiletých, hojně kvetoucích. Výsledky křížení byly uspokojivé. Z vypěstovaných sazenic bylo možno založit celkem 21 výzkumných ploch s mezidruhovými kříženci, s potomstvy modřínu opadavého z kontrolovaného křížení i s potomstvy z volného sprášení. Pro odhad genetických parametrů, zejména pro stanovení dědivosti, všeobecné a specifické kombinační schopnosti je zvláště vhodný model dialelního křížení a hodnocení potomstev z tohoto křížení. Z toho důvodu jsme sledovali možnost založit též alespoň dvě plochy tohoto typu z materiálu získaného v rámci hybridizačního programu. Některé kombinace křížení však nebyly úspěšné, proto se nepodařilo uskutečnit původně zamýšlené výsadby kompletního dialelního typu. Výzkumné plochy č. 25 — Strnady gamapole a 24 — Příbyslav lze považovat za soubory potomstev z inkompletního dialelního křížení. Do sortimentu na plochách byly zařazeny i některé kombinace získané křížením směsí pylu.



1. Křížení v semenné plantáži Šternberk u Olomouce, 1968. (Snímek Šindelář.) — Hybridization in the seed orchard Šternberk near Olomouc, 1968. (The photo by Šindelář)

2. Křížení v semenné plantáži Šternberk u Olomouce. Postup opylovacích prací, 1968. (Snímek Šindelář.) — Hybridization in the seed orchard Šternberk near Olomouc. Pollination procedure, 1968. (The photo by Šindelář)

V následující části uvádíme některé výsledky z výzkumné plochy č. 25, která byla založena především za účelem ověření metodiky testování výběrových stromů potomstvy z kontrolovaného křížení a k získání informací o některých genetických parametrech především výškového a tloušťkového růstu jesenického modřínu v podmínkách ČSR.



4. Výzkumná plocha č. 25 — Strnady gamapole ve věku 17 let. (Snímek Hamplová.) — Research area no. 25 — Strnady gamma-field at the age of 17 years. (The photo by Hamplová)



MATERIÁL A METODIKA

Sledovaná výzkumná plocha byla založena v blízkosti VÚLHM Jíloviště-Strnady na nelesní půdě (bývalé pole) v nadmořské výšce 320 m na mírném jižním svahu (do 5 ‰). Geologický podklad tvoří sprašová hlína, půdní typ je klasifikován jako okrově žlutá lesní půda. Základní klimatické údaje jsou odhadovány na základě nejbližší meteorologické stanice (Praha — Klementinum), a to průměrná roční teplota 9,3 °C a úhrn ročních srážek 480 mm. Lokalita je zařazena v rámci typologického systému užívaného v ČSR (Plíva 1980) do souboru 1 H — sprašová habrová doubrava.

Do pokusu jsou zařazena potomstva pěti výběrových stromů (klonů) modřínu opadavého, vesměs z areálu, resp. těsné blízkosti areálu původního rozšíření jeseňnického (sudetského) modřínu. Výběrové stromy jsou stručně charakterizovány v tabulce I. Kombinace křížení, které jsou na výzkumné ploše zastoupeny, jsou schematicky znázorněny v tabulce II.

Postup křížení, jakož i technické pomůcky charakterizoval Šindelář (1981). Osivo bylo vyseto do minerální půdy v lesní školce Jíloviště a výzkumná plocha byla vysazena na jaře 1970 dvouletými školkovanými sazenicemi. Výsadba byla úspěšná, ztráty uhynutím byly zcela zanedbatelné. Plocha byla založena podle tohoto metodického schématu: uspořádání parcel v systému dvojité mříže, počet kombinací 25, počet opakování 4, počet parcel 100, spon výsadby 2 × 2 m, počet sazenic na parcele 9, počet sazenic pro jednu kombinaci 36.

Měření a další hodnocení se uskutečnilo v roce 1977 na podzim, tedy ve věku 9 let a v roce 1984 ve věku 16 let. Na ploše byla u všech

I. Charakteristika výběrových stromů modřínu opadavého použitých při křížení. — Characteristics of the plus trees of European larch used for hybridization

Označení	Evidenční číslo výběr. stromu	Lesní závod	Nadmoř. výška lokality m	Věk	Výška m	Výčetní tloušťka cm	Tvárnost kmene
č	1—4—13	Krnov	600	125	38	56	zcela rovný
b	11—4—13	Město Albrechtice	360	80	25	42	zcela rovný
cv	41—4—11	Ruda na Moravě	480	105	36	59	zcela rovný
m	52—4—11	Ruda na Moravě	480	105	32	40	zcela rovný
z	61—4—11	Ruda na Moravě	480	50	15	28	zcela rovný

II. Potomstva z křížení zastoupená na ploše č. 25 — Strnady gamapole. — The progenies coming from hybridization represented on research area no. 25 — Strnady gamma-field

♀ \ ♂	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂
č	.	×	.	×	×	×	×
b	×	.	×	×	×	×	×
cv	×	×	.	×	×	×	×
m	×	×	×	×	×	×	×

č (1—4—13) Krnov,

b (11—4—13) Město Albrechtice,

cv (41—4—11) Ruda na Moravě,

m (52—4—11) Ruda na Moravě,

z (61—4—11) Ruda na Moravě,

s₁ — směs pylu 1. varianta,

s₂ — směs pylu 2. varianta.

jedinců měřena celková výška, průměrkovány výčetní tloušťky a okulárně klasifikována tvárnost (jakost) kmene podle stupnice 1 — kmen zcela rovný, 2 — mírně jednostranně zakřivený, 3 — silněji zakřivený, 4 — křivolaký (2× až vícekrát zakřivený). Pro oba kvantitativní znaky byla vypočtena základní matematicko-statistická charakteristika, pro tvárnost kmene pak spektra (zastoupení) jednotlivých kategorií. Tvárnost kmene jednotlivých kombinací byla posuzována podle podílu (%) jedinců první kategorie. K dosažení aproximace normálního rozdělení byly pro účely matematické analýzy hodnoty připadající na tuto kategorii na jednotlivých parcelách transformovány podle funkce $y_{ijk} = \arcsin \sqrt{x_{ijk}}$. Pro účely hodnocení uvažujeme směsi pylu s₁, s₂ jako specifické otcovské partnery (tabulka II). Proměnlivost byla zkoumána analýzou variance podle tohoto obecného modelu: $y_{ijk} = \mu + m_i + p_j + r_k + mp_{ij} + mr_{ik} + pr_{jk} + e_{ijk}$, kde y_{ijk} je hodnota potomstva kombinace i - té matky s j - tím otcem v k - tém opakování, μ je průměr pokusu m_i efekt i - té matky, p_j efekt j - tého otce, r_k efekt k - tého opakování. Další 3 členy ve výrazu představují příslušné kombinace interakcí, e_{ijk} pak experimentální chybu pokusu. Odhad průměrných efektů příčin proměnlivosti se uskutečnil podle tohoto postupu:

Příčina proměnlivosti	Počet stupňů volnosti	Průměrný čtverec	Odhad komponent variance
matky M	$m - 1$	M_M	$\sigma_o^2 + r\sigma_{mp}^2 + p\sigma_{mr}^2 + pr\sigma_m^2$
otcové P	$p - 1$	M_P	$\sigma_o^2 + r\sigma_{mp}^2 + m\sigma_{pr}^2 + mr\sigma_p^2$
opakování R	$r - 1$	M_R	$\sigma_o^2 + p\sigma_{m}^2 + m\sigma_{pr}^2 + pm\sigma_r^2$
$M \times P$	$(m-1) \cdot (p-1)$	M_{MP}	$\sigma_o^2 + r\sigma_{mp}^2$
$M \times R$	$(m-1) \cdot (r-1)$	M_{MR}	$\sigma_o^2 + p\sigma_{mr}^2$
$P \times R$	$(p-1) \cdot (r-1)$	M_{PR}	$\sigma_o^2 + m\sigma_{pr}^2$
zbytek	$(m-1) \cdot (p-1) \cdot (r-1)$	M_O	σ_o^2
celková	$mpr - 1$	.	.

III. Charakteristika zkoumaných znaků. — Characteristics of the investigated traits

Kombinace křížení	Průměrná výška ve věku				Průměrná výčet. tloušťka ve věku				Podíl jedinců s přímým kmenem %	
	9 let		16 let		9 let		16 let		9 let	16 let
	$\bar{x}$ m	VK %	$\bar{x}$ m	VK %	$\bar{x}$ cm	VK %	$\bar{x}$ cm	VK %		
č × b	6,38	9	11,15	11	8,82	12	13,15	20	73	31
č × m	6,42	19	12,32	11	8,86	16	13,29	14	55	36
č × z	6,46	12	11,63	10	8,71	15	12,26	19	63	21
č × s ₁	5,35	22	11,50	11	7,19	32	11,96	26	61	31
č × s ₂	6,65	8	11,43	21	8,24	14	11,50	22	73	42
b × cv	6,74	10	11,43	10	9,43	11	13,06	18	74	23
b × č	6,46	14	10,97	27	9,20	14	12,94	22	66	14
b × m	6,50	10	11,18	11	9,56	13	13,85	17	82	40
b × z	6,74	9	12,11	9	9,39	12	12,77	18	67	38
b × s ₁	6,78	9	11,31	13	8,97	14	12,14	21	75	24
b × s ₂	6,56	9	11,63	13	9,03	15	11,97	24	75	22
cv × b	6,57	11	11,67	8	9,03	9	12,64	15	67	52
cv × č	6,94	11	12,35	9	8,66	15	12,65	17	66	44
cv × m	6,78	11	12,18	8	9,06	15	12,38	17	44	17
cv × z	6,59	12	11,58	12	8,77	15	12,94	18	80	31
cv × s ₁	6,85	19	11,91	10	8,76	15	11,67	21	76	52
cv × s ₂	6,29	21	11,93	11	8,00	17	11,73	23	61	30
m × b	6,92	8	11,75	11	9,42	11	12,11	14	47	36
m × cv	7,08	11	12,29	12	9,53	13	12,47	19	47	11
m × č	6,57	11	11,41	9	8,89	13	12,12	20	45	21
m × m	6,55	12	10,68	18	8,18	18	10,58	33	64	36
m × z	6,49	8	11,94	11	9,22	14	12,58	22	83	36
m × s ₁	6,79	8	11,94	11	9,47	11	12,75	21	72	19
m × s ₂	6,61	8	11,71	12	9,26	13	12,06	21	63	14

č (1—4—13) Krnov,

b (11—4—13) Město Albrechtice,

cv (41—4—11) Ruda na Moravě,

m (52—4—11) Ruda na Moravě,

z (61—4—11) Ruda na Moravě,

 s₁ — směs pylů 1. varianta,

 s₂ — směs pylů 2. varianta.

Vzhledem k tomu, že výsadba má charakter inkompletního dialélního uspořádání a tedy počet otcovských partnerů jednotlivých mateřských partnerů v jednotlivých otcovských kombinacích je nestejný, byly pro výpočet komponent variance použity harmonické průměry počtu mateřských a otcovských partnerů (Wright 1976). V našem konkrétním případě jde o veličinu 3,92 pro mateřské a 5,92 pro otcovské klony.

Z komponent variance nás zajímají především hodnoty σ_m^2 , σ_p^2 , které dohromady představují aditivní složku genetické variance, zatímco

komponentu variance σ_{mp}^2 , která je odhadem hodnoty pro interakci rodičovských partnerů, lze považovat za neaditivní součást jako výraz alelických a nealelických interakcí (Stern 1960). Uvedené hodnoty lze použít pro odhad dědivosti v širším smyslu

$$h_l^2 = \frac{\sigma_m^2 + \sigma_p^2 + \sigma_{mp}^2}{\sigma \frac{\sigma^2}{r} + \sigma_m^2 + \sigma_p^2 + \sigma_{mp}^2}$$

a dále dědivosti v užším smyslu

$$h_{II}^2 = \frac{\sigma_m^2 + \sigma_p^2}{\sigma \frac{\sigma^2}{r} + \sigma_m^2 + \sigma_p^2 + \sigma_{mp}^2}$$

Obě uvedené hodnoty představují heritabilitu, která charakterizuje celá potomstva (rodiny — Wright 1962).

Experimentální výsledky umožňují odhad podílů variance charakterizujících všeobecnou a specifickou kombinační schopnost klonů. Součet komponent připadající na efekt mateřských a otcovských klonů představuje odhad všeobecné kombinační schopnosti, podíl připadající na interakci rodičovských partnerů pak odhad kombinační schopnosti specifické (Kraus 1973). V souladu s postupem Krause (1973) jsou v následujících kapitolách ukazatelé všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro jednotlivé mateřské a otcovské klony a jejich kombinace vyjádřeny tabelárně.

PŘEHLED VÝSLEDKŮ

VÝŠKOVÝ RŮST

Průměrná výška ve věku 9 let je 6,61 cm a průměrné hodnoty jednotlivých pokusných variant kolísají v mezích 5,85 až 7,08 m (tabulka III). Celkový variační koeficient pro výšky na výzkumné ploše je 12 % a pokud jde o jednotlivé varianty, pohybuje se v intervalu 8—21 %. Ve věku 16 let byla zjištěna průměrná výška pro celý pokus v hodnotě 11,66 m, variační šířka podle jednotlivých kombinací křížení 10,68 až 12,35 m. Proměnlivost charakterizovaná variačním koeficientem ve věku 16 let je na přibližně stejné úrovni jako ve věku 9 let (průměrná hodnota 12 %). Průměrný výškový růst modřínu na výzkumné ploše je vynikající a vysoce předstihuje rámec první bonitní třídy podle růstových tabulek Schoberových z roku 1975 (souborné vydání).

Z tabulky IV jsou patrné výsledky analýzy variance. Ve věku 9 let je statisticky vysoce signifikantní pouze vliv mateřských klonů a opakování, zatímco ostatní příčiny proměnlivosti se jeví jako nevýznamné. Ve věku 16 let nebyla zjištěna statistická signifikance u žádné z příčin proměnlivosti. Pro vliv mateřských klonů se hodnota testu F blíží hranici statistické významnosti pro $p = 0,05$. Ve věku 16 let jsou difference ve výškách mezi jednotlivými pokusnými variantami relativně menší (rozdíl mezi variantou s největší a nejmenší průměrnou výškou je cca 10 % vztaženo k menší výšce).

IV. Přehled výsledků analýzy variance. — Survey of the results of the analysis of variance

Příčina proměnlivosti	Hodnoty a statistická signifikance F-testu					
	výška		výčetní tloušťka		tvárnost kmene	
	9 let	16 let	9 let	16 let	9 let	16 let
Mateřské klony — M	5,39 ⁺⁺	2,70 NS	23,03 ⁺⁺	1,76 NS	1,96 NS	0,24 NS
Otcovské klony — P	1,40 NS	0,45 NS	6,08 ⁺⁺	1,33 NS	0,97 NS	1,62 NS
Opakování — R	5,02 ⁺⁺	1,95 NS	4,24 ⁺	0,11 NS	1,75 NS	5,75 ⁺⁺
Interakce M × P	1,51 NS	1,75 NS	3,91 ⁺⁺	1,20 NS	0,98 NS	1,40 NS
Interakce M × R	1,90 NS	1,13 NS	1,41 NS	0,41 NS	0,66 NS	0,85 NS
Interakce P × R	1,39 NS	1,55 NS	0,80 NS	0,47 NS	0,73 NS	0,68 NS

⁺⁺ rozdíly statisticky významné na úrovni pravděpodobnosti chyby 1 %

⁺ rozdíly statisticky významné na úrovni pravděpodobnosti chyby $\leq 5 < 1$ %

NS rozdíly statisticky nevýznamné

V. Odhady geneticky a prostředím podmíněných variancí a hodnoty dědivosti. — Estimates of genetically and environmentally conditioned variances and the values of heritability

Znak	σ^2_m	σ^2_p	σ^2_r	σ^2_{mp}	σ^2_{mr}	σ^2_{pr}	σ^2_o	h^2I	h^2II
Výška 9 let	0,015	−0,004	0,016	0,015	0,018	0,014	0,118	0,46	0,20
Výška 16 let	0,014	−0,055	0,005	0,075	0,008	0,065	0,400	0,25	.
Výčetní tloušťka 9 let	0,129	0,029	0,025	0,119	0,011	−0,010	0,163	0,87	0,50
Výčetní tloušťka 16 let	0,055	0,055	0,012	0,057	−0,113	−0,177	1,140	0,36	0,24
Tvárnost 9 let	0,005	0,000	0,005	0,004	−0,010	−0,005	0,057	0,50	0,42
Tvárnost 16 let	−0,004	0,004	0,025	0,010	−0,003	−0,009	0,096	0,29	.

σ^2_m — efekt mateřských klonů

σ^2_r — efekt opakování

σ^2_o — odhad zbytkové variance

h^2I — dědivost v širším smyslu

σ^2_p — efekt rodičovských partnerů

$\sigma^2_{mp}, \sigma^2_{mr}, \sigma^2_{pr}$ — efekty interakcí

h^2II — dědivost v užším smyslu



5. Výzkumná plocha č. 25 — Strnady gamapole. Vlevo kombinace cv X b, vpravo cv X č, věk 17 let, 1986. (Snímek Hamplová.) — Research area no. 25 — Strnady gamma-field. The combination cv X b is on the left, the combination cv X č, age 17 years, 1986, is on the right. (The photo by Hamplová)

Průměrné efekty pro výšky ve věku 9 a 16 let jsou podle příčin proměnlivosti sestaveny spolu s údaji pro výčetní tloušťky a tvárnost kmene v tabulce V. Ve věku 9 let byla zjištěna dědivost v širším smyslu 0,46, v užším smyslu 0,20. Pro výšky ve věku 16 let bylo možno odhadnout jen dědivost v širším smyslu vzhledem k tomu, že aditivní složky genetické variance vykazují zápornou hodnotu. Případy, že aditivní i jiné složky genetické variance se mohou rovnat 0 nebo jsou menší než 0, jsou známy z řady publikovaných prací [např. Gračan 1973, Kriebel, Namkoong, Usanis 1972]. Dědivost v užším smyslu — h_{II}^2 — z hlediska šlechtění zvláště významná — je kalkulována na základě průměrných hodnot parcel. Je proto použitelná pro účely selekce nejvýkonnějších potomstev a naznačuje efektivnost jejich využití v příští generaci. Vedle dědivosti v širším a užším smyslu lze kalkulovat dědivost pro jednotlivé stromy, která naznačuje perspektivy selekce při výběru nejlepších genotypů. Dědivost pro jednotlivé stromy byla pro výšky ve věku 9 let kalkulována podle vzorce:

$$h_{III}^2 = \frac{n \cdot r_G h^2 + (1 - r_G) h^2}{1 + (n - 1) r_G \cdot h} \quad (\text{Wright 1962}),$$

kde n je počet jedinců v rámci potomstva (rodiny), r_G je genetická korelace mezi jedinci v rámci potomstva (v našem případě, kdy jde o testování kontrolovaným křížením má genetická korelace hodnotu 0,50), h_{III}^2 je dědivost pro jednotlivý strom, resp. dědivost individuálních diferencí. Pro náš případ byla hodnota h_{III}^2 vypočtena jako veličina 0,0137.

Základním kritériem pro posouzení výsledků individuálního výběru ve šlechtění, v našem případě pro hodnocení výběrových stromů, resp. klonů, je kombinační schopnost. Všeobecná kombinační schopnost spočívá na aditivních účincích genů, specifická kombinační schopnost naproti tomu využívá účinků dominance, superdominance a nealelických interakcí (epistaze).

V souladu s postupem Krause (1973) jsme odhady efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti vyjádřili tabelárně pro věk 9 let a pro věk 16 let (tabulky VI a VII).

Posuzujeme-li všeobecnou kombinační schopnost mateřských klonů

VI. Odhad efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro výšky ve věku 9 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for tree heights at the age of nine years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	-0,23	.	-0,19	-0,15	-0,76	0,04	-0,26
b	-0,15	.	0,13	-0,11	0,13	0,17	-0,05	0,02
cv	0,33	-0,04	.	0,17	-0,02	0,24	-0,32	0,06
m	-0,04	0,31	0,47	-0,06	-0,12	0,18	0	0,11
Všeobecný efekt otcovských partnerů	0,05	0,01	0,30	-0,05	-0,04	-0,04	-0,08	

VII. Odhad efektů všeobecné a speciifické kombinační schopnosti pro výšku ve věku 16 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for tree heights at the age of 16 years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	-0,51	.	0,66	-0,03	-0,16	-0,23	-0,05
b	-0,69	.	-0,23	-0,48	0,45	-0,35	-0,03	-0,22
cv	0,69	0,01	.	0,52	-0,08	0,25	0,27	0,28
m	-0,25	0,09	0,63	-0,98	0,09	0,28	0,05	-0,01
Všeobecný efekt otcovských partnerů	-0,08	-0,14	0,20	-0,07	0,11	0,01	0,02	

ve věku 9 let, pak pozitivní hodnoty vykazují klony cv (41-4-11) a m (52-4-11), oba z Rudy na Moravě. Nejnížší ukazatel všeobecné kombinační schopnosti je registrován u klonu č (1-4-13) Krnov, který ve čtyřech z celkového počtu pěti zastoupených kombinací vykazuje průměrné hodnoty výšek menší, než je průměr celého pokusu. Hodnotíme-li analogicky všeobecnou kombinační schopnost otcovských rodičovských partnerů, pak klon cv (41-4-11) Krnov je charakteristický nejvyšším ukazatelem, zatímco klon (52-4-11) po otcovské linii vykazuje slabě podprůměrnou kombinační schopnost.

Uvažujeme-li všeobecnou kombinační schopnost mateřských klonů pro výškový růst ve věku 16 let, pak nejvyšší hodnotu, která přesahuje značně průměr pokusu, vykazuje klon cv (41-4-11) Ruda nad Moravou. Na druhé místo v pořadí lze zařadit klon m (52-4-11). Posuzuje-

me-li efekty klonů po linii otcovské, docházíme ve věku 16 let prakticky ke stejným výsledkům jako v devíti letech.

Nejmenší hodnoty všeobecné kombinační schopnosti mateřských klonů vykazuje ve věku 9 let klon č [1-4-13] Krnov, ve věku 16 let b [11-4-13] Město Albrechtice, po otcovské linii ve věku 16 let pak klon b [11-4-13].

Celkově lze konstatovat, že pokud jde o výškový růst, vykazují nadprůměrnou kombinační schopnost obecně klony cv [41-4-11] a m [52-4-11], oba z Rudy nad Moravou. Relativně dobrou všeobecnou kombinační schopnost vykazuje i klon z [61-4-11] z Rudy nad Moravou, ten je ovšem v pokusu zastoupen pouze jako dárce pylu.

Pokud jde o specifickou kombinační schopnost, patří co do výškového růstu k nadprůměrným zejména kombinace m X cv, a to jak ve věku 9, tak 16 let, dále kombinace klonů č X cv, ve věku 16 let pak i kombinace č X m.

Na výzkumné ploše č. 25 jsou zastoupeny pouze čtyři kombinace křížení v obou směrech, tj. recipročně. S ohledem na tuto skutečnost nelze tak, jak je to možné při kompletním dialelním uspořádání pokusu, matematicky přesně vyjádřit podíl variance připadající na mateřské efekty, jichž příčinou bývá zpravidla mimojaderná dědičnost (Hrubý 1961). Jestliže konfrontujeme u reciprokých křížení průměrné hodnoty potomstev ve věku 9 let a 16 let, resp. ukazatele specifických kombinačních schopností, pak u kombinací klonů b X č a m X cv je přibližná shoda veličin základní kombinací reciprokou. U kombinací klonů č X m, b X cv jsou v obou věkových fázích patrné rozdíly řádově až několik desítek cm. Aby bylo možno objektivně formulovat podložený názor na příčinu tohoto jevu, bude třeba mimo jiné analýzy dalších výzkumných ploch, na nichž jsou zmíněné kombinace křížení zastoupeny.

V rámci programu křížení se u všech klonů, vybraných jako mateřské, uskutečnilo i kontrolované samosprašení. V některých případech, např. u klonu č [1-4-13] nebylo získáno vůbec žádné klíčivé osivo, v některých případech byl vypěstován tak malý počet sazenic, že nebylo možno materiál využít k výsadbám na výzkumné plochy. Pouze klon m [52-4-11] se projevil jako výrazně autofertilní. Kombinace m X X m roste mimo jiné i na výzkumné ploše č. 25. Podle teoretických předpokladů (např. Nečásek, Cetyl 1979) má nucená autogamie za následek inbreedingovou depresi, které se projevuje snížením výnosu. Maximální deprese je v první generaci. Proto i v našem případě jsme tento jev u kombinace m X m očekávali. Teoretický předpoklad se na výzkumné ploše č. 24 plně potvrdil ve výškovém růstu ve věku 16 let, kdy potomstvo kombinace m X m je ze všech 24 kombinací na ploše hodnocených zřetelně na posledním místě pořadí. Ve věku 9 let není kombinace m X m sice na posledním místě, patří však do skupiny potomstev pomaleji rostoucích. Výraznější projevy deprese jsou patrné u tloušťkového růstu.

VÝČETNÍ TLOUŠTKY

Průměrná výčetní tloušťka ve věku 9 let je 8,92 cm, ve věku 16 let pak 12,42 cm. Podobně jako u výškového růstu i výčetní tloušťky na ploše výrazně předstihují průměrné veličiny růstových tabulek (Scho-

6. Výzkumná plocha č. 25 — Strnady gamapole. Vlevo kombinace $m \times m$, vpravo $b \times cv$, věk 17 let, 1986. (Snímek Hamplová.) — Research area no. 25 — Strnady gamma-field. The combination $m \times m$ is on the left, the combination $b \times cv$, age 17 years, 1986, is on the right. (The photo by Hamplová)



ber 1975) pro odpovídající věk (tabulka III). Výčetní tloušťky ve věku 9 let se pohybují v mezích 7,19—9,56 cm, ve věku 16 let v intervalu 10,58—13,85 cm. Průměrné variační koeficienty výčetních tlouštěk pro celé plochy jsou poněkud větší, než je tomu u výšek (pro věk 9 let 14 %, pro věk 16 let pak 21 %). U některých pokusných variant přesahuje variační koeficient hodnotu 30 %. Je zřejmé, podobně jako u výšek, zaostávání některých jedinců ve vzrůstu v důsledku poškození v mládí a konkurence sousedů v dalších letech.

Z analýzy variance (tabulka IV) je patrné, že ve věku 9 let se jako statisticky vysoce významný projevuje vliv mateřských klonů, otcovských klonů i vliv interakce rodičovských partnerů. Ve věku 16 let jsou tyto příčiny proměnlivosti nevýznamné.

Průměrné efekty pro jednotlivé příčiny proměnlivosti patrné z tabulky V naznačují, že pro věk 9 let je aditivní složka genetické variance větší, než složka neaditivní. Poměr aditivní a neaditivní komponenty je 1,33. Ve věku 16 let je hodnota aditivní komponenty pozitivní (0,110), pro interakci vlivu mateřských a otcovských klonů je však záporná.

Dědivost v širším smyslu i užším smyslu pro výčetní tloušťky ve věku 9 let je značně vyšší než pro tutéž veličinu ve věku 16 let (tabulka V). Dědivost pro jednotlivé stromy, resp. i individuální difference (Wright 1962), má pro věk 9 let hodnotu $h^2 = 0,0526$, pro věk 16 let $h^2 = 0,0172$. Celkově lze konstatovat, že všechny druhy heritability jsou na výzkumné ploše č. 25 pro výčetní tloušťky poněkud vyšší než pro růst výškový.

Ukazatelé všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro výčetní tloušťky jsou patrné z tabulek VIII a IX. Ve věku 9 a 16 let vykazuje největší efekty všeobecné kombinační schopnosti klon b (11-4-13 Město Albrechtice), podprůměrný efekt pak zejména klon cv (41-4-11 Ruda nad Moravou). Obě varianty směsi pylu s_1 , s_2 naznačuje po linii otcovských rodičovských partnerů podprůměrnou všeobecnou kombinační schopnost.

Nejvyšší ukazatelé specifické kombinační schopnosti v obou zkoumaných fázích růstu byly registrovány u kombinací $b \times m$ ve věku

VIII. Odhad efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro výčetní tloušťky ve věku 9 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for breast-height diameters at the age of nine years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	-0,08	.	-0,04	-0,19	-1,71	-0,66	-0,54
b	0,30	.	0,53	0,66	0,49	0,07	0,13	0,36
cv	-0,24	0,13	.	0,16	-0,13	-0,14	-0,90	-0,19
m	-0,01	0,52	0,63	-0,72	0,32	0,57	0,36	0,24
Všeobecný efekt otcovských partnerů	0,02	0,19	0,58	0,02	0,12	-0,30	-0,27	

IX. Odhad efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro výčetní tloušťky ve věku 16 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for breast-height diameters at the age of 16 years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	0,75	.	0,89	-0,14	-0,44	-0,90	0,03
b	0,54	.	0,66	1,45	0,37	-0,26	-0,43	0,39
cv	0,25	0,24	.	-0,02	0,54	-0,73	-0,67	-0,06
m	-0,28	-0,29	0,07	-1,82	0,18	0,35	-0,34	-0,30
Všeobecný efekt otcovských partnerů	0,17	0,23	0,37	0,13	0,24	-0,27	-0,58	

9 let, v 16 letech pak u kombinace č X v. Jde tedy o hybridní kombinace jiné než u růstu výškového.

Obdobně jako u výšek byla zkoumána shoda resp. rozdílnost průměrných výčetních tloušťek reciprokových kombinací. Nepříliš odchylné výsledky průměrných hodnot byly zjištěny ve věku 9 let u kombinace č X m, ve věku 16 let u kombinace č X b. Výrazně rozdílné průměrné hodnoty výčetních tloušťek vykazují kombinace č X m ve věku 16 let. Informace z plochy č. 25 budou ověřovány měřeními a hodnocením výsledků na jiných plochách, kde jsou tyto kombinace též zastoupeny.

Kombinace m X m (52-4-11 X 52-4-11 Ruda nad Moravou) vykazuje ve věku 9 let výčetní tloušťky, které řadí potomstvo do skupiny tří nejslaběji rostoucích. Ve věku 16 let pak průměrná výčetní tloušťka 10,58 cm, které potomstvo této kombinace dosáhlo, představuje se znač-

7. Výzkumná plocha č. 25 — Strnady gamapole. Vlevo kombinace $m \times s_1$, vpravo $m \times m$, věk 17 let, 1986. (Snímek Hamplová.) — Research area no. 25 — Strnady gamma-field. The combination $m \times s_1$ is on the left, the combination $m \times m$, age 17 years, 1986, is on the right. (The photo by Hamplová)



ným odstupem nejnižší hodnotu z celého souboru zkoumaných kombinací. Tyto výsledky jasně prokazují výraznou růstovou depresi inbrední populace ve srovnání s ostatními potomstvy.

TVÁRNOST (PŘÍMOST) KMENE

Tvárnost kmene je u modřínu opadavého, jakož i u některých jiných druhů rodu *Larix* (např. modřínu japonského) znak dosti variabilní. Vedle porostů a stromů s kmenem víceméně tvárným se vyskytují populace a jedinci, kteří co do tvárnosti kmene neuspokojují. Příčiny deformace kmene mohou být různé: je však provenienčním výzkumem jednoznačně prokázáno, že tvárnost kmene je znak do značné míry podmíněný dědičně (Šindelář 1983, Schöber 1977, 1985). Neuspokojivá tvárnost kmene může, zejména jde-li o větší stupeň zakřivení, ovlivnit negativně technickou hodnotu a upotřebitelnost vytěženého dřeva.

Jak již bylo v metodice uvedeno, byla tvárnost kmene klasifikována podle čtyřčlenné stupnice. Z hlediska hospodářské hodnoty je významný především podíl jedinců s kmenem zcela tvárným, přímým. Z tabulky III je patrné, že proměnlivost podílu jedinců s kmenem zcela tvárným je značná, a to jak ve věku 9 let, tak i ve věku 16 let. Ve věku 9 let je průměrný podíl jedinců s kmenem zcela tvárným, přímým 66 %, ve věku 16 let pouze 29 %. V období od 9 do 16 let věku se počet jedinců na ploše jen málo změnil. Nebyl proveden žádný výchovný zásah a rovněž přirozený úhyn byl nepatrný. Rozdíl v podílu stromů s kmenem zcela tvárným, přímým ve věku 9 a 16 let je proto překvapující, avšak vysvětlitelný. Ve věku 9 let byly modříny při hodnocení ještě plně zavětveny až k zemi, takže bylo poměrně obtížné tvárnost kmene posuzovat. V roce 1984, kdy byly měřeny ve věku 16 let, dosahovaly v průměru již výšky kolem 1 až 12 m a před měřením byl proveden suchý oklest do výšky 2–3 m.

Za těchto okolností (navíc se hodnocení uskutečnilo v době vegetačního klidu po opadu jehlic) bylo možno morfologické vlastnosti kmene spolehlivě hodnotit a brát v úvahu i méně výrazné deformace (vlnitost, hadovitý růst), které byly v nižším věku při hlubokém zavětvení

X. Odhad efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro podíl zcela rovných (tvárných) kmenů ve věku 9 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for the proportion of quite straight (supple) stems at the age of nine years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	7	.	-11	-3	-5	7	-1
b	0	.	8	16	1	9	9	7
cv	0	1	.	-22	14	10	-5	0
m	-21	-19	-19	-2	17	6	-3	-6
Všeobecný efekt otcovských partnerů	-7	-4	-6	-5	7	5	2	

XI. Odhad efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti pro podíl zcela rovných (tvárných) kmenů ve věku 16 let. — Estimate of the effects of general and specific combining ability for the proportion of quite straight (supple) stems at the age of 16 years

Mateřské klony	Otcovští partneři							Všeobecný efekt mateřských klonů
	č	b	cv	m	z	s ₁	s ₂	
	specifické efekty							
č	.	1	.	7	-8	2	13	3
b	-15	.	-6	10	9	-4	-7	-2
cv	15	24	.	-12	2	23	-26	4
m	8	7	-17	7	7	-10	-15	-4
Všeobecný efekt otcovských partnerů	2	11	-12	3	2	3	-9	

stromů málo zřetelné. Navíc představuje výzkumná plocha dnes (po těžbě v těsném sousedství pro elektrické vedení vysokého napětí) víceméně ze všech stran izolovaný porostní útvar, který je vystaven vlivu západních a severozápadních větrů. Za této situace došlo působením větrů a částečně i sněhového tlaku k narušení kořenových systémů u některých jedinců a k jejich mírnému naklonění. Tyto stromy pak, i když jinak vykazovaly kmeny bez deformací, byly klasifikovány již jako kategorie 2 — mírně jednostranně zakřivené.

Výsledky analýzy variance, která byla počítána na základě podílů jedinců zcela tvárných po předchozí úhlové transformaci veličin, jsou patrné z tabulky IV. Vliv veškerých zkoumaných příčin proměnlivosti je statisticky nevýznamný s ohledem na vysoký podíl zbytkové variance.

Z tabulky V je patrné, že aditivní složka variance pro tvárnost kmene je ve věku 9 let malá a přibližně stejná jako zbytek tvořící doplněk celkové variance genetické. Ve věku 16 let je aditivní složka rovna 0, což vylučuje možnost výpočtu dědivosti v užším smyslu. Dědivost v širším smyslu je ve věku 9 let téměř trojnásobná ve srovnání s heritabilitou ve věku 16 let. Dědivost v užším smyslu pro tvárnost kmene ve věku 9 let dosahuje, použijeme-li klasifikační stupnice Dubovského a Maršálka (1968), středního stupně ($h_u^2 = 0,42$). Dědivost individuální diferencí $h^2 = 0,0387$.

Z tabulek X a XI jsou patrné odhady efektů všeobecné a specifické kombinační schopnosti rodičovských partnerů, resp. jejich kombinací. Nadprůměrnou všeobecnou kombinační schopnost ve věku 9 a 16 let vykazují klony b (11-4-13) Město Albrechtice, cv (41-4-11) Ruda nad Moravou, ve věku 16 let navíc pak po linii otcovských rodičovských partnerů klon b (11-4-13) Město Albrechtice.

Posuzujeme-li tvárnost kombinací, které jsou na ploše zastoupeny recipročně, lze poměrně dobrou shodu výsledků konstatovat pouze u kombinací cv X m resp. m X cv. Jde v obou případech jak ve věku 9, tak i 16 let o potomstva s výrazně podprůměrným počtem tvárných stromů.

Pokud jde o specifickou kombinační schopnost, je možno jako výrazné plus varianty označit kombinace b X m, cv X s, jako vysloveně minusová potomstva pak kombinace m X č, m X cv, cv X s2.

Potomstvo z kontrolovaného samosprášení m X m se zařazuje co do tvárnosti kmene ve věku 9 let těsně pod průměr pokusu, ve věku 16 let pak vykazuje poměrně dobrou, nadprůměrnou tvárnost kmene.

STRUČNÁ CELKOVÁ GENETICKÁ CHARAKTERISTIKA STROMŮ (KLONŮ) POUŽITÝCH KE KRÍŽENÍ

Na základě výsledků uvedených v předchozích kapitolách je možno souborně charakterizovat po stránce genetické rodičovské partnery, použité pro křížení ve znacích, které byly předmětem výzkumu. Charakteristika spočívá v porovnání rodičovských partnerů mezi sebou a s průměrnými veličinami souboru.

Klon č (1-4-13) Krnov je charakteristický podprůměrnou všeobecnou kombinační schopností pro výškový a tloušťkový růst, velmi dobrou všeobecnou schopností pro tvárnost kmene. Velmi vysokou specifickou kombinační schopnost vykazuje jako mateřský partner v kombinaci č X m, a to pro všechny tři zkoumané znaky.

Klon b (11-4-13) Město Albrechtice je typický podprůměrnou všeobecnou kombinační schopností pro výškový růst a tvárnost kmene, nadprůměrnou pro růst do tloušťky. Výsledkem velice dobré specifické kombinační schopnosti klonu b jako mateřského rodičovského partnera je kombinace b X z, jejíž potomstvo vyniká výškovým a tloušťkovým růstem i tvárností kmene.

Klon cv (41-4-11) Ruda nad Moravou se vyznačuje velmi dobrou všeobecnou kombinační schopností pro růst do výšky a pro tvárnost kmene, slabě podprůměrnou pro růst do tloušťky. Velmi dobré růstové vlastnosti a tvárnost kmene vykazuje potomstvo kombinace cv X č.

Klon m (52-4-11) Ruda nad Moravou vykazuje ve srovnání s ostat-

ními zkoumanými stromy (klony) vesměs podprůměrnou všeobecnou kombinační schopnost. Specifická kombinační schopnost klonu m jako matky se uplatňuje v kombinaci m X z, jejíž potomstvo je po všech stránkách vynikající. Klon je autofertilní, potomstvo vykazuje v první generaci samosprášení zřetelnou růstovou depresi.

Klon z (61-4-11) Ruda nad Moravou se uplatňuje v programu křížení jako otcovský partner s ohledem na to, že nasazení samičích květních orgánů v době, kdy se křížení konalo, bylo velice slabé. Posuzujeme-li všeobecnou kombinační schopnost tohoto klonu po otcovské linii, je pro všechny znaky nadprůměrná. Jako vynikající rodičovský partner se tento klon uplatňuje již ve zmíněné kombinaci b X z.

Potomstva kombinací, kde jako rodičovský partner byla použita jedna ze dvou variant směsi pylu, jsou ve výškovém růstu na úrovni průměru pokusu, v tloušťkovém růstu a tvárnosti kmene vesměs podprůměrná.

Na základě informací o všeobecné kombinační schopnosti nelze pro malý počet zkoumaných klonů formulovat konečné závěry o jejich použitelnosti v dalším šlechtění. Bude však možné a užitečné využít informací v souvislosti s poznatky o řadě dalších výběrových stromů, které jsou testovány na ostatních výzkumných plochách. Jako perspektivní pro další šlechtění se zatím jeví již zmíněná kombinace cv X č, m X z, b X z, č X m. Křížení těchto kombinací lze podle potřeby opakovat, ve výsadbách potomstev v časném věku uskutečnit selekci nejhodnotnějších jedinců a tyto množit autovegetativním způsobem. Jako méně vhodnou možnost využití lze posuzovat ev. zakládání dvouklonových semenných plantáží a mísení osiva z těchto plantáží v syntetické odrůdy.

DISKUSE

Pokud jde o výsledky ověřování šlechtitelského materiálu testy potomstev, zejména informace o kombinační schopnosti a do určité míry i genetické parametry (hlavně heritabilita), jsou většinou jedinečné s ohledem na specifický materiál, s nímž se pracuje, na specifické podmínky prostředí a do určité míry i na metodický postup práce. Přímé porovnání výsledků, případné souborné hodnocení je proto možné pouze mezi plochami jedné a téže pokusné série. Jinak lze informace získané různými autory (zejména údaje o dědivosti) nikoli přímo srovnávat, nýbrž pouze konfrontovat, i když lze vyslovit hypotézu, že dědivost určitého konkrétního znaku by pro druh — v našem případě pro druh lesní dřeviny nebo alespoň pro její určitou regionální populaci — a pro určité vývojové stadium měla být veličina přibližně stálá. Teoretickým předpokladem pro objektivní zjištění dědivosti je mimo jiné náhodný výběr rodičovských partnerů v populaci (H a a s e m a n n 1972). Ve skutečnosti se však experimentální práce uskutečňují většinou s využitím materiálu selektovaného pro šlechtitelské účely. Ze zkušeností i z výsledků četných prací (H a a s e m a n n 1972, K r i e b l, N a m k o o n g, U s a n i s 1972 aj.) je známo, že hodnoty dědivosti zjišťované na výzkumných plochách se mění s věkem. Tuto skutečnost potvrzují i výsledky této práce. Příčina tohoto jevu není zatím zcela jasná. Podle našeho názoru mohou hrát roli změny podmínek, které mají souvislost s věkem, zejména různý stupeň konkurence jedinců v porostním kolektivu, i genetické

příčiny, jako je např. časová rozdílnost v manifestaci určitých znaků a vlastností dřevin.

Pokud jde o výškový růst, byla zjištěna na ploše č. 25 dědivost v širším smyslu v intervalu 0,25 až 0,46, v užším smyslu 0,2 až 0. Haasemann (1972) uvádí pro 5 až 7leté modřiny hodnoty dědivosti v užším smyslu 0,56 až 0,62, tedy značně větší než v našem případě. Jde ovšem o hodnocení materiálu podstatně mladšího. Navíc jsou v souboru zastoupeny i některé varianty mezidruhových kříženců *Larix decidua* × *L. leptolepis*. Gračan (1973) zjistil u modřinu opadavého ve věku 9 let hodnotu dědivosti v užším smyslu $h_{II}^2 = 0,16$, tedy o něco nižší než v našem případě. Pro dědivost tloušťkového růstu uvádí tentýž autor hodnotu $h_{II}^2 = 0,04$.

Pokud jde o tvárnost kmene uvádí Haasemann (1972) pro dědivost v užším smyslu hodnotu $h_{II}^2 = 0,57$, Gračan (1973) pak $h_{II}^2 = 0,37$. Tyto veličiny se nepříliš liší od našich údajů pro tvárnost kmene ve věku 9 let (0,42).

Gračan (1973) uvádí pro modřin opadavý hodnoty dědivosti v užším smyslu ještě pro některé další veličiny, např. pro počet větví na jeden běžný metr kmene, tloušťku nejmohutnější větve, délku větve s největší tloušťkou a pro tloušťku kmene ve středu koruny. Hodnoty dědivosti pro tyto znaky jsou vesměs nízké a pohybují se v mezích od 0,04 do 0,15. Hattmer (1963) shrnul některé informace o dědivosti výškového a tloušťkového růstu modřinu japonského a kříženců tohoto druhu s modřínem opadavým.

Dědivost v širším smyslu sledoval na klonových potomstvech autor této práce (Šindelář 1969, 1970) a zjistil hodnoty pro výšku 0,25 až 0,95, šířku korun 0,42 až 0,98 a štihlou korun (poměr šířky koruny k celkové výšce roubovance) 0,05 až 0,84. Na základě analýzy úrody šišek v semenné plantáži Šternberk u Olomouce bylo možno stanovit hodnoty dědivosti v širším smyslu pro řadu znaků a vlastností šišek a semen (Šindelář 1981), a to délku šišek 0,88 až 0,89, hmotnost šišek 0,83 až 0,98, absolutní hmotnost semen 0,95 až 0,97, hmotnost 1000 semen plných 0,95 až 0,97, podíl plných semen 0,80 až 0,96, klíčivost plných semen 0,54 až 0,91, počet klíčivých semen v 1 kg osiva 0,79 až 0,93. Celkově lze konstatovat, že hodnoty dědivosti v širším smyslu pro vlastnosti šišek a semen jsou vysoké a proměnlivost výsledků získaných zkoumáním šesti dílčích ploch v sérii je relativně malá.

Informací o dědivosti (zejména v užším smyslu) pro hospodářsky významné vlastnosti, jež jsou předmětem šlechtitelského zájmu a práce s modřínem, je v ČSR k dispozici málo. Bude proto třeba v budoucnu v rámci hodnocení experimentálních výsadeb možností doplnění informací o genetických parametrech co nejvíce využívat. Nové poznatky může poskytnout zejména hodnocení dalších výzkumných ploch z programu křížení 1968 (výsadby 1969, 1970) a z programu 1983 (výsadby 1985).

Metody ověřování stromů (klonů) testy potomstev analyzuje po stránce metodické řada autorů (Rohmeder, Schönbach 1959, Stern 1960, Wright 1976, Šindelář 1967). Nejpodrobněji se touto problematikou zabývá Stern (1960), který pro testovací účely uvádí a kriticky hodnotí celkem osm různých metod. Za nejdokonalejší postup (Rohmeder, Schönbach 1959, Stern 1960) je považována metoda kompletního dialelního křížení. Umožňuje odhadnout vše-

obecnou a specifickou kombinační schopnost rodičovských partnerů, stanovit efekty mateřských jedinců, posoudit tak eventuální existenci mimojaderné dědičnosti a spolehlivě kalkulovat některé další genetické parametry. Tato metoda má však tu nevýhodu, že vznikne velký počet kombinací (při reciprokém křížení $k = n \cdot (n - 1)$, což např. při 20 klonech představuje již 380 kombinací. Ověřování všech těchto kombinací na výzkumných plochách je pak pro potřebu rozsáhlých výměr obtížné nebo prakticky neuskutečnitelné. Kromě toho často nekvetou všechny klony, které by měly být do pokusu zařazeny. Proto se křížení musí opakovat nejméně ve dvou časových etapách, což je spojeno s dlouhodobějším skladováním osiva, popř. pylu, z první časové etapy křížení. Navíc může dojít k tomu, že některé kombinace křížení jsou neúspěšné (málo osiva, jeho špatná jakost, neúspěch při pěstování sazenic). Tyto skutečnosti pak narušují možnost dodržet metodický program. Vzhledem k těmto skutečnostem jsou v literatuře zprávy o hodnocení výsadeb s potomstvy kompletního dialelního křížení u lesních dřevin vzácné. Vesměs jde o výsledky různých variant nekompletního dialelního křížení, pro něž jsou navrhovány individuální specifické modely hodnocení např. (Kriebel, Namkoong, Usanis 1972, Morgenstern 1974, Namkoong, Roberts 1974). S ohledem na uvedené skutečnosti je pro lesnické účely doporučována tzv. metoda $n_1 \times n_2$ série (Rohmeder, Schönbach 1959, Stern 1960), na jejímž principu jsou založeny některé další plochy české série z roku 1959 a 1960, mimo jiné i s mezidruhovými hybridy.

Ve velmi kriticky je posuzována metoda hodnocení výběrových stromů pomocí potomstev z volného sprášení (Stern 1960). V tomto případě se předpokládá, že osivo je získáváno na šlechtitelských stromech v porostě. Zdůrazňuje se zejména skutečnost, že jednotlivé stromy v porostě jsou opylovány především pylem stromů rostoucích v nejbližším okolí, takže potomstva vysazená na výzkumných plochách nejsou dosti dobře srovnatelná.

Ve VÚLHM Jíloviště-Strnady se při šlechtění modřínu pracuje mimo jiné i s potomstvy z volného sprášení. V tomto případě jde však o osivo sklizené nikoli na výběrových stromech v porostě, nýbrž na roubovancích v semenných plantážích. Jestliže je osivo určitých klonů sklizené na převážném počtu roubovanců příslušných klonů v plantáži vysazených a pro výsev je odebrán průměrný vzorek osiva pro každý klon, je teoreticky splněn nebo alespoň aproximován princip panmixie, který je předpokladem srovnatelnosti potomstev zkoumaných klonů. Za těchto okolností se tento postup přibližuje metodě „polycross“ navržené Gustafssonem (1949), která je i dalšími autory (např. Stern 1960) celkem pozitivně hodnocena.

Proto je i nadále reálný návrh (Šindelář 1967) postupovat při dalším testování výběrových stromů pro využití v ověřených semenných plantážích a pro další šlechtění dvěma základními metodami, a to a) využitím potomstev z kontrolovaného křížení metodou série $n_1 \times n_2$; b) pomocí potomstev z volného sprášení s využitím osiva sklizeného v semenné plantáži ze všech roubovanců každého klonu.

Metoda dialelního křížení by měla být v rámci hybridizačních programů využívána spíše výjimečně, pokud bude třeba získat zvláště spolehlivé informace pro odhad genetických parametrů.

V roce 1961 se uskutečnil v semenné plantáži modřínu opadavého ve Šternberku u Olomouce první program kontrolovaného křížení. Z osíva, které bylo sklizeno, bylo vypěstováno větší množství sazenic a založeno 21 výzkumných ploch v různých oblastech ČSR. Plocha č. 21 — Strnady gamapole obsahuje 25 potomstev z kontrolovaného křížení a má charakter inkompletního dialelního uspořádání (4 klony mateřské a 7 otcovských variant). Plocha byla založena metodou dvojité mříže ve 4 opakováních s výsadbou 9 jedinců na parcele ve sponu 2×2 m.

Cílem výzkumu bylo získat informace o genetických parametrech modřínu opadavého, zejména pro vlastnosti šlechtitelsky důležité, o kombinační schopnosti stromů (klonů) pro křížení použitých, tak aby bylo možno posoudit perspektivy jejich použitelnosti v dalším šlechtění. Měření výšek, výčetních tloušťek a bonitace jakosti (tvárnosti) kmene se uskutečnila ve věku 9 a 16 let. Výsledky byly hodnoceny analýzou variance se třemi příčinami proměnlivosti.

Na základě vypočtených komponent variance pro dědičné podmíněné a ostatní složky bylo možno odhadnout pro zkoumané znaky dědivosti v širším a užším smyslu. Ve všech případech jsou hodnoty dědivosti vyšší pro věk 9 let ve srovnání s hodnotami kalkulovanými pro 16 let. Hodnoty dědivosti v užším smyslu jsou v našem případě pro všechny zkoumané znaky větší, než zjistil Gračan (1973), naproti tomu Haasemann (1972) uvádí pro výškový růst a tvárnost kmene hodnoty o něco vyšší, než je tomu v našem případě.

Na základě analýzy výsledků bylo možno odhadnout pro zastoupené rodičovské partnery efekty všeobecné kombinační schopnosti a kombinační schopnosti specifické. Charakteristika klonů bude využita, společně s informacemi z dalších ploch série, jako podklad pro selekci klonů pro semenné plantáže druhé generace a pro další šlechtitelský program založený na kontrolovaném křížení vybraných klonů, následně individuální selekci v potomstvech a jejich autovegetativním množení.

V sortimentu hybridních kombinací je zastoupena též varianta $m \times X \times m$ z kontrolovaného samosprášení. U potomstva se projevila v souladu s teoretickými předpoklady zřetelné deprese jak ve výškovém, tak i tloušťkovém růstu.

Na základě metodických zkušeností získaných v souvislosti se zakládáním a hodnocením ověřovacích ploch modřínu, smrku a dalších druhů dřevin je pro budoucí práce perspektivní metoda paralelního křížení, tzv. $n_1 \times n_2$ série. Počítá se dále s využitím potomstev z volného sprášení z osíva získaného v semenných plantážích, budou-li pro tento postup splněny nutné předpoklady (plná úroda, sklizeň osíva z většiny roubovanců klonů v plantáži zastoupených). Metoda kompletního dialelního křížení, i když může poskytnout při hodnocení potomstev nejúplnější a nejspolehlivější informace, je pro náročnost (velký počet kombinací, značný rozsah výsadeb) využitelná při testování výběrových stromů v lesnictví ČSR jen v omezeném rozsahu a pro specifické účely.

Literatura

- DUBOVSKÝ, J. — MARŠÁLEK, L.: Genetika rastlín. Bratislava SVPL, 1968, 411 s.
- GRACAN, J.: Naslednost nekih svojstava evropskog ariša populacije Varaždinskog. Šumarski list, 97, 1973, 9-10, s. 358-374
- GUSTAFSSON, A.: Conifer seed plantations: Their structure and genetical principles. In: Proc. III. World For. Congr. Helsinki 1949, s. 117-119
- HAASEMANN, W.: Ergebnisse der Leistungsprüfung 7 jähriger Lärchen-Nachkommenschaften aus gelenkten Kreuzungen. Beiträge f. d. Forstwirtschaft, 1972, 3, s. 25-29
- HATTEMER, H. H.: Estimates of heritability published in forest tree breeding research. FAO-FORGEN 63-2a 3, Stockholm 1963, 14 s.
- HRUBÝ, K.: Genetika. Praha, nakladatelství ČSAV, 1961, 652 s.
- KRAUS, J. F.: Estimates of General and Specific Combining Ability for Height and Rust Resistance from Single-Crosses of Slash Pine. Silvae Genetica, 22, 4, 1973, s. 121-124
- KRIEBEL, H. B. — NAMKOONG, G. — USANIS, R. A.: Analysis of Genetic Variation in 1-, 2-, and 3-year old Eastern White Pine in Incomplete Diallel Cross Experiments. Silvae Genetica, 21, 1972, 1-2, s. 44-48
- MORGENSTERN, E. K.: A Diallel Cross in Black Spruce. (Picea mariana Mill. B. S. P.) Silvae Genetica, 23, 1974, s. 67-70
- NAMKKONG, G. — ROBERDS: Choosing Mating Designs to Efficiently Estimate Genetic Variance Components for Trees. Silvae Genetica, 23, 1974, s. 43-53
- NEČÁSEK, J. — CETL, I. a kol.: Obecná genetika. Praha, Státní pedagogické nakladatelství 1979, 565 s.
- PLÍVA, K.: Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. Praha, SZN, 1980, 214 s.
- ROHMEDER, E. — SCHÖNBACH, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg u. Berlin, Parey, 1959, 338 s.
- SCHÖBER, R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. Frankfurt a. M. Verlag, 1975, 154 s.
- SCHÖBER, R.: Vom II. Internationale Lärchenprovenienzversuch. Frankfurt a. M. J. D. Sauerländers Verlag, 1977, 359 s.
- SCHÖBER, R.: Neue Ergebnisse des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuches von 1958/59 nach Aufnahmen von Teilversuchen von 11. europäischen Ländern und den U.S.A. Frankfurt a. M. J. D. Sauerländers Verlag, 1985, 164 s.
- STERN, K.: Plusbäume und Samenplantagen. Frankfurt a. M. J. D. Sauerländers Verlag, 1960, 116 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Ověřování výběrových stromů. VÚLHM Strnady, 1967, 67 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: On the problem of testing the growth qualities of european larch *Larix decidua* Mill. by clone test. FAO, FO-FTB-69-2-8, Washington 1969, 12 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: K otázce využití klonových potomstev jako předběžného testu pro ověřování výběrových stromů modřínu evropského a japonského. Lesnictví, 16, 1970, s. 247-262
- ŠINDELÁŘ, J.: Heritability of some reproduction characteristics of European Larch, *Larix decidua* Mill. Comm. Inst. Forest. Czechosloveniae, 12, 1981, s. 103-118
- ŠINDELÁŘ, J.: Výzkumné provenienční plochy modřínu serie IUFRO 1962 ve věku 20 let. Les. práce, 62, 1983, 12, s. 544-550
- WRIGHT, J. W.: Genetics of Forest Tree Improvement. Rome 1962, 399 s.
- WRIGHT, J. W.: Progeny testing in practical tree improvement. Proc. 15. Meetg. Canad. Tree Improv. Ass. Pt., 2, 1976, s. 32-41

Došlo dne 20. 5. 1986

ШИНДЕЛАРЖ, Й. (Вýzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). Некоторые результаты проверки отборных деревьев опадающей лиственницы (*Larix decidua* Mill.) потомствами из контролируемого скрещивания. Lesnictví, 32, 1986 (12): 1047-1068.

В данной статье приводится некоторая информация результатов оценки подопытной площади № 25 Странды — гамма-поле, представляющая совокупность 25 потомств

пяти клонов из некомплектного диаллельного скрещивания. Как правило, дело касается клонов судетской лиственницы. Площадь закладывалась методом двойной решетки в четырех повторениях. В возрасте 9 и 16 лет измерялись высота, диаметр на высоте груди и визуально классифицировано качество (пластичность) ствола. Изменчивость проверялась путем анализа дисперсии с 3 причинами изменчивости (влияние материнских и отцовских клонов, повторение и взаимодействия). Оценка средних эффектов причин изменчивости проводилась на основе анализа дисперсии, путем решения соответствующих нормальных уравнений.

Для наследуемости в более широком смысле слова были установлены значения 0,46 и 0,25 для высоты, 0,87 и 0,36 для диаметра на высоте груди, 0,50 и 0,29 для пластичности ствола. Значения наследуемости в более узком смысле бывают ниже (0,20 для высоты, 0,50 и 0,24 для диаметра на высоте груди и 0,42 для пластичности ствола). Отдельные клоны, примененные для скрещивания, можно было характеризовать комбинационной способностью в соответствии с методом, предложенным и примененным Краусом (1973). В сортименте гибридных комбинаций также замещен вариант из проверяемого самоопыления. В связи с теоретическим предположением в потомстве проявилась явная депрессия как в росте в высоту, так и в толщину.

Результаты, полученные при наблюдении на площади № 25, сопоставлялись с доступными данными из литературы (главным образом Грачан 1973, Haase-mann 1972, Шинделарж 1970, 1971). В показателях наследуемости у лиственницы существует по всем изучаемым признакам значительная изменчивость с учетом разного экспериментального материала, разный методический подход к работе, среда и возрастная стадия, в которой проходило наблюдение. Дальнейшие сведения о генетических параметрах лиственницы опадающей предполагаются из результатов оценки дальнейших площадей по программе скрещивания 1968 и 1983 гг.

лесоводственная генетика; скрещивание; лиственница; отборочные деревья; изменчивость

SINDELÁŘ, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). Some Results of the Checking of Plus Trees of European Larch (*Larix decidua* Mill.) by the Progenies from Controlled Crossing. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1047-1068.

In the present study there is information on the results of evaluation of research area no. 25 Strnady — gamma-field, which is a population of 25 progenies of five clones coming from incomplete diallel crossing. They are mostly the clones of Sudetic larch. The research area was laid out by the double-lattice method in four replications. At the age of 9 and 16 years we measured tree heights, breast-height diameters and we classified visually stem quality (plasticity). Variability was studied by the analysis of variance, with three causes of variability (the effect of maternal and paternal clones, replications and respective interactions). The estimate of the mean effects of the causes of variability was made by the analysis of variance, solving the respective equations.

The values 0.46 and 0.25 were found out for the heritability of heights in the broader sense, 0.87 and 0.36 for breast-height diameters, 0.50 and 0.29 for stem plasticity. The values of heritability in the narrower sense are lower (0.20 for tree heights, 0.50 and 0.24 for breast-height diameter and 0.42 for stem plasticity). The clones used for hybridization could be characterized by the combining ability according to the procedure proposed and used by Kraus (1973). The variant from controlled self-pollination was included in the assortment of hybrid combinations. Corresponding with the theoretical assumption, expressive depression of both height and diameter growth was manifested in the progeny.

The results of observation on research area no. 25 were confronted with available literature data (especially in the paper by Gračan 1973, Haase-mann 1972, Šindelář 1970, 1971). The values of heritability for all investigated traits in larch can be characterized by high variability, considering different experimental material, various methodical procedures, environment and stages of growth when the observation was performed. Further knowledge of the genetic parameters of European larch is expected to be obtained from the results of evaluation of other areas laid out within the hybridization program in 1968 and 1983.

forest genetics; hybridization; larch; plus trees; variability

ŠINDELÁŘ, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště-Strnady). *Einige Ergebnisse der Überprüfung von Auslesebäumen der Europäischen Lärche (Larix decidua Mill.) durch Nachkommenschaften aus kontrollierter Kreuzung*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1047-1068.

Im Rahmen der Mitteilung werden Informationen über die Ergebnisse einer Einschätzung der Forschungsfläche Nr. 25 Strnady — Gammafeld gebracht, die eine Gesamtheit von 25 Nachkommenschaften von fünf Klonen aus inkompletter dialeller Kreuzung darstellt. Es handelt sich durchweg um Klonen der Sudetenlärche. Die Fläche wurde mit Hilfe der Methode des Doppelgitters in vier Wiederholungen angelegt. Im Alter von 9 und von 16 Jahren wurden Höhen und Brusthöhendurchmesser gemessen und Stammqualität (Stammform) visuell klassifiziert. Die Variabilität wurde mit Hilfe der Varianzanalyse mit drei Ursachen der Variabilität (Einfluß von Mutter- Vaterklonen, Wiederholung und entsprechende Interaktionen) untersucht. Die Abschätzung der durchschnittlichen Effekte der Ursachen der Variabilität erfolgte auf der Grundlage der Varianzanalyse durch die Lösung entsprechender Normalgleichungen.

Für die Heritabilität im breiteren Sinne des Wortes wurden Werte von 0,46 und 0,25 für die Höhen, 0,87 und 0,36 für die Brusthöhendurchmesser und 0,50 und 0,29 für die Schaftform ermittelt. Die Werte der Heritabilität im engeren Sinne sind niedriger (0,20 für die Höhen, 0,50 und 0,24 für die Brusthöhendurchmesser und 0,42 für die Schaftform). Die einzelnen zur Kreuzung angewandten Klonen konnten durch ihre Kombinationsfähigkeit charakterisiert werden, und zwar im Einklang mit dem von Kraus (1973) entworfenen und angewandten Verfahren. Im Sortiment der hybriden Kombinationen ist auch die Variante aus kontrollierter Selbstbestäubung vertreten. Im Einklang mit den theoretischen Voraussetzungen zeigte sich in der Nachkommenschaft eine deutliche Depression sowohl im Höhen-, als auch im Dickenwachstum.

Die auf der Fläche Nr. 25 gewonnenen Ergebnisse wurde mit zugänglichen Literaturangaben konfrontiert (insbesondere Gračan 1973, Haasemann 1972, Šindelář 1970, 1971). In den Heritabilitätswerten gibt es bei der Lärche für alle untersuchten Merkmale eine bedeutende Variabilität hinsichtlich des unterschiedlichen experimentellen Materials, unterschiedlicher methodischer Verfahren und angesichts des unterschiedlichen Milieus und Altersstadiums, in dem die Beobachtungen verliefen. Weitere Erkenntnisse über genetische Parameter der Europäischen Lärche erwarten wir von den Ergebnissen der Einschätzung weiterer Flächen aus dem Programm der Kreuzung 1968 und 1983.

Forstgenetik; Kreuzung; Lärche; Ausleseebäume; Variabilität

Adresa autora:

Ing. Jiří Šindelář, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
Jiloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

PŮSOBNÍ PRŮMYSLOVÝCH IMISÍ NA PŮDNÍ REAKCI A VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY SMRKOVÝCH POROSTŮ JIZERSKÝCH HOR

I. Kratochvílová, M. Marek

KRATOCHVÍLOVÁ, I. — MAREK, M. (Rudný projekt, Brno; Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Brno): *Působení průmyslových imisí na půdní reakci a vybrané charakteristiky smrkových porostů Jizerských hor*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1069-1080.

V průběhu vegetačního období roku 1984 byly konány pravidelné měsíční analýzy na devíti testovacích plochách v CHKO Jizerské hory, které se liší stupněm poškození porostů vlivem průmyslových imisí. Výsledkem analýz bylo stanovení půdní reakce, obsahu chlorofylu a rychlosti fotosyntézy. Cílem práce bylo určení hierarchie citlivosti vybraných znaků na působení průmyslových imisí. Citlivost sledovaných znaků klesá v této řadě: rychlost fotosyntézy — průměrný stupeň poškození porostu — obsah chlorofylu — půdní reakce. Nebyla zjištěna významná závislost mezi půdní reakcí a průměrným stupněm poškození porostu. S klesajícím průměrným stupněm poškození porostu klesá obsah chlorofylu i rychlost fotosyntézy. Z výsledků vyplývá, že fyziologický stav smrkových porostů je velice citlivým ukazatelem kvality prostředí, v němž se tyto porosty nacházejí.

průmyslové imise; půdní reakce; fotosyntéza; chlorofyl; smrkový porost

Jedním z nejpalčivějších problémů současnosti v ochraně životního prostředí je vliv průmyslových imisí. Vzdušné škodliviny jsou transportovány na značné vzdálenosti vlivem cirkulace vzduchu, což znamená, že následkem vysoké produkce emisí, hustoty jejich toku a transportu se nad střední Evropou vytvořila oblast stálého imisního zatížení. Důkazem jsou rozsáhlé škody na lesních porostech pohorí. V ČSR imise ohrožují zejména lesní porosty pohraničních hor. Podle Kríxe a kol. (1983) se rozsah poškození v ČSR odhaduje na 28,7 % z celkové výměry lesů, což činí přes 700 000 ha poškozených lesních porostů.

Škodliviny jsou z ovzduší vymývány srážkami, které potom působí nejen na vegetační kryt, ale i na kvalitu vod a vlastnosti půd. Materna (1983) uvádí, že ovlivnění lesních porostů imisemi se projevuje buď přímo, tzn. zasahováním do metabolických procesů rostliny, nebo nepřímo, tj. ovlivněním půdních vlastností.

Ve své práci uvádíme výsledky analýzy půdní reakce a vybraných fyziologických charakteristik smrkových porostů ovlivněných průmyslovými imisemi. Analýza byla vykonána ve vegetačním období roku 1984.

Hlavní částí práce bylo stanovení hierarchie citlivosti vybraných znaků na působení průmyslových imisí. Sledovanými znaky byly charakteristiky testovacích lokalit, hodnoty výměnné a aktivní půdní reakce a fyziologický stav smrkových porostů, který byl charakterizován jednak na základě vizuálního určení stupně poškození, jednak na základě stanovení obsahu fotosyntetických pigmentů a rychlosti fotosyntézy. By-

la posouzena citlivost těchto znaků na působení průmyslových imisí a byly analyzovány i závislosti mezi jednotlivými znaky.

MATERIÁL A METODY

Půdní vzorky byly odebírány na devíti a jehlice na sedmi testovacích lokalitách v CHKO Jizerské hory. Testovací lokality byly vytyčeny tak, aby zachycovaly smrkové porosty: a) v různých nadmořských výškách, b) různého věku, c) na různých expozicích, d) na různých sklonech terénu, e) na různých typologických jednotkách, f) v různém pásmu ohrožení, g) s různým stupněm poškození. Jejich prostorové rozmístění a výčet zachycuje obr. 1 a charakteristiku tabulka I.

Půdní vzorky byly odebírány každý měsíc v průběhu vegetačního období květen—září 1984 na každé ploše na třech náhodně vybraných místech z horní části horizontu B. Po důkladném vysušení na vzduchu byla v půdní suspenzi stanovena elektrometricky na Acidimetru 323 Druopta Praha výměnná a aktivní půdní reakce.

Stanovení obsahu chlorofylu a, b a feofytinu a, b u odebraných jehlic (loňský ročník) bylo provedeno spektrofotometricky na přístroji Spekord M 40 (Carl Zeiss Jena) v acetonovém extraktu, který byl získán z homogenátu jehlic. Absorpce byly měřeny při vlnových délkách 645 a 663 nm pro chlorofyl a a b a vlnových délkách 655 a 666 nm pro feofytin a a b. Obsah pigmentů vyjádřený v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ čerstvé hmotnosti jehlic byl počítán podle Vernona (1960):

1. $\text{Ch}_a = 12,7A_{663} - 2,69A_{645}$
2. $\text{Ch}_b = 22,9A_{645} - 4,68A_{663}$
3. $F_a = 20,15A_{666} - 5,87A_{655}$
4. $F_b = 31,9A_{655} - 13,4A_{666}$

Pro gravimetrické stanovení rychlosti fotosyntézy byla použita terčíková metoda (Šetlík a kol. 1960), která byla upravena pro práci s jehlicemi. Principem metody je porovnání hmotností jehlic, u kterých probíhala po určitou dobu fotosyntetická produktivita, s jehlicemi, jejichž hmotnost byla stanovena ihned po odběru. Přírůstek suché hmotnosti jehlic po expozici je přímým měřítkem fotosyntetické aktivity. Rychlost fotosyntézy byla stanovena podle vztahu:

$$P_N = \frac{P - K}{\text{plocha} \cdot t} (\text{mg sušiny} \cdot \text{dm}^{-2} \text{ listové plochy} \cdot \text{h}^{-1}),$$

kde P — hmotnost sušiny jehlic, které byly exponovány,

K — hmotnost sušiny jehlic bez expozice,

plocha — listová plocha,

t — doba expozice.

Poškození stromu imisemi bylo hodnoceno na základě makroskopických změn asimilačních orgánů. V rámci každé plochy byl zaveden průměrný stupeň poškození porostu (PSPP), který je vypočítán jako střední hodnota průměrných stupňů poškození stromů:

$$PSPP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PSPS_i,$$

kde $PSPS_i$ — průměrný stupeň poškození stromu, který je určen podle metodiky vypracované pro tyto účely pracovníky SÚPPOP Praha (Krix a kol. 1983),

n — počet šetřených stromů.

VÝSLEDKY

Tabulky II—VII uvádějí výsledky, které byly zjištěny rozбором půdních vzorků, analýzou rostlinného materiálu a stanovením průměrného stupně poškození porostů na testovacích lokalitách v CHKO Jizerské hory ve vegetačním období roku 1984.

I. Charakteristika testovacích lokalit v CHKO Jizerské hory. — Characteristics of the testing localities in the Landscape Reservation Jizerské hory

ČL	NL	NV	EXP	V	ZK	ZS	PT	SLT
01	Černá jezírka	900	V	140	06	100	rašeliníštní půdy vrchovištního typu	kyselá rašelínková smrčina
08	Bukovec — jih	860	J	127	08	040	hnědé lesní půdy	kleno-smrková bučina
10	Prales Jizera	1080	SZ	117	07	100	humusové podzoly	jeřábová smrčina
20	Černá hora — vrchol	1050	S	090	08	100	humusové podzoly	jeřábová smrčina
22	Černá hora — východ	1010	V	065	07	100	humusové podzoly	jeřábová smrčina
24	Nová louka	770	JV	087	03	100	hnědé lesní půdy	kyselá rašelínková smrčina
30	Jezdecká	930	S	095	10	100	humusové podzoly	svěží smrčina
31	Václavíkova studánka	910	V	108	09	097	hnědé lesní půdy	kyselá buková smrčina
47	Cikaňák	600	JV	055	08	100	hnědé lesní půdy	svěží buková smrčina

ČL — číslo lokality

NL — název lokality

NV — nadmořská výška lokality (m)

EXP — expozice lokality

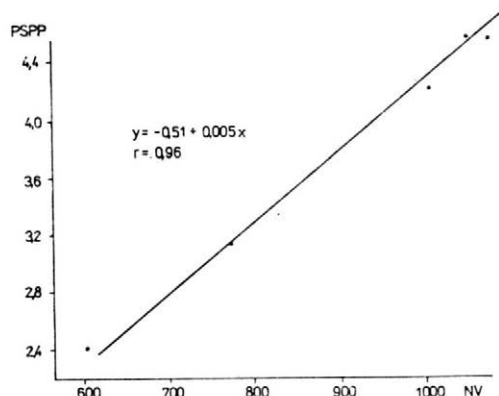
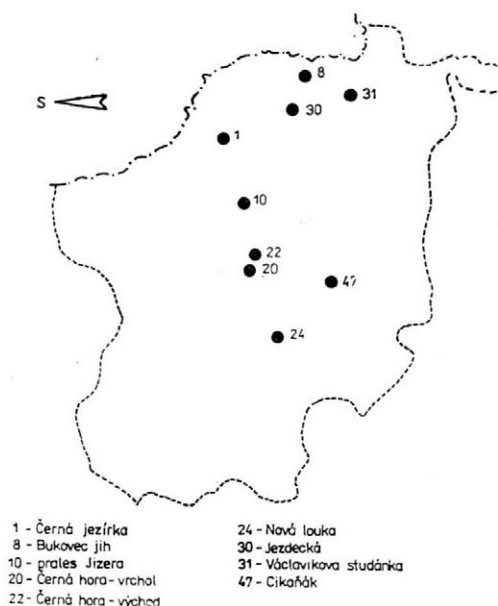
V — věk porostu (let)

ZK — zakmenění

ZS — zastoupení smrku (%)

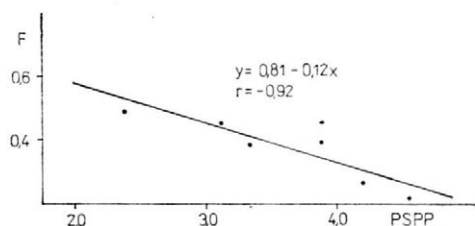
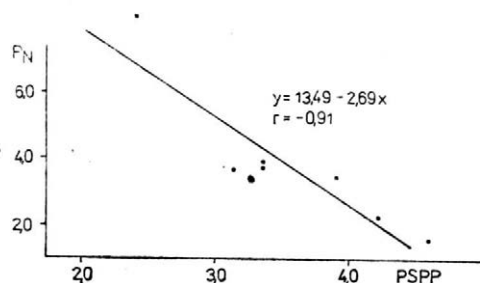
PT — genetický půdní typ

SLT — soubor lesních typů



1. Rozmístění testovacích ploch na území CHKO Jizerské hory. — Location of the test areas in the territory of the Jizerské hory Landscape Reservation

2. Závislost průměrného stupně poškození porostu (PSPP) na nadmořské výšce (NV). — Relation of the average degree of stand damage (PSPP) to the altitude above sea-level (NV)



3. Závislost rychlosti fotosyntézy (P_N) na průměrném stupni poškození porostu (PSPP). — Relation of photosynthesis rate (P_N) to the average degree of stand damage (PSPP)

4. Závislost obsahu feofytinu na průměrném stupni poškození porostu (PSPP). — Relation of pheophytin content to the average degree of stand damage (PSPP)

Obr. 2—4 ukazují závislosti, které byly stanoveny na základě výsledků uvedených v tab. II—VII. Závislosti jsou stanoveny metodou lineární regrese.

Vyhodnocení rozdílů bylo provedeno F- a t-testem (Reisenauer 1970) na hladině významnosti 95 a 99 %, přičemž za nulovou hypotézu byla považována neprůkaznost rozdílů sledovaných charakteristik. Výsledky statistických analýz jsou uvedeny v tabulkách VIII a IX.

II. Rychlost fotosyntézy P_N ročníku jehlic z roku 1983 ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) stanovená na konci vegetačního období (srpen 1984). — Photosynthesis rate P_N in the needles of the year 1983 ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) determined at the end of the growing season (August 1984)

Lokalita	P_N	%
Cikaňák	8,3	100
Nová louka	3,7	44
Bukovec — jih	3,9	47
Černá jezírka	3,4	41
Václavikova studánka	3,8	45
Černá hora — východ	2,2	26
Prales Jizera	1,6	19

III. Obsah rostlinných pigmentů v jehlicích ročníku 1983 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ čerstvé hmotnosti) na konci vegetačního období (srpen 1984). — The content of plant pigments in the needles of the year 1983 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ fresh weight) at the end of the growing season (August 1984)

Lokalita	Ch_{a+b}	F_{a+b}	Ch_a	F_a	Ch_b	F_b
Cikaňák	1,08	0,48	0,66	0,29	0,42	0,18
Nová louka	1,39	0,44	0,76	0,31	0,63	0,13
Bukovec — jih	1,25	0,38	0,49	0,25	0,76	0,12
Černá jezírka	1,26	0,39	0,61	0,26	0,65	0,13
Václavikova studánka	1,28	0,45	0,54	0,29	0,75	0,16
Černá hora — východ	0,64	0,27	0,32	0,17	0,32	0,098
Prales Jizera	0,44	0,22	0,29	0,13	0,15	0,09

Ch — chlorofyl, F — feofytin

IV. Procentuální zastoupení feofytinu z celkového množství pigmentů. — Percent proportions of pheophytin in the total pigments

Lokalita	% F_a	% F_b	% F_{a+b}
Cikaňák	31,08	30,42	30,83
Nová louka	28,77	17,42	24,05
Bukovec — jih	33,86	14,02	23,17
Černá jezírka	29,81	16,13	23,35
Václavikova studánka	35,70	17,27	26,14
Černá hora — východ	34,67	23,49	29,49
Prales Jizera	31,17	37,69	33,57

V. Průměrný stupeň poškození porostů v roce 1984. — The average degree of stand damage in 1984

Lokalita	<i>n</i>	PSPP	<i>s_x</i>
Cikaňák	133	2,42	0,82
Nová louka	189	3,15	1,13
Bukovec — jih	35	3,37	1,08
Černá jezírka	291	3,91	1,00
Václavíkova studánka	208	3,38	0,58
Jezdecká	178	4,14	0,99
Černá hora — východ	106	4,23	0,93
Černá hora — vrchol	193	4,60	0,66
Prales Jizera	328	4,61	0,74

PSPP — průměrný stupeň poškození porostu, *n* — počet šetřených stromů, *s_x* — směrodatná odchylka

VI. Výměnná půdní reakce (pH_{KCl}) ve vegetačním období květen—září 1984. — Exchange soil reaction (pH_{KCl}) in the growing season May—September 1984

Lokalita \ Měsíc	5.	6.	7.	8.	9.
Cikaňák	2,9	3,2	2,9	3,2	2,9
Nová louka	3,3	3,2	3,0	3,4	3,2
Bukovec — jih	3,1	3,0	3,0	3,1	3,1
Černá jezírka	2,6	3,2	3,0	2,5	2,5
Václavíkova studánka	3,2	3,0	3,1	3,1	3,0
Jezdecká	3,0	3,0	—	3,2	2,9
Černá hora — východ	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
Černá hora — vrchol	3,0	3,2	2,9	3,0	3,0
Prales Jizera	2,8	—	3,0	3,0	2,9

DISKUSE

CITLIVOST VYBRANÝCH ZNAKŮ NA PŮSOBNÍ PRŮMYSLŮVÝCH IMISÍ

Z výsledků stanovení půdní reakce (tabulky VI a VII) vyplývá, že půdy na testovacích lokalitách mají reakci silně nebo velmi silně kyselou. Nižší hodnoty pH vykazují půdy pásma humusových podzolů (charakterizované polohou nad 900 m n. m.), zatímco u půd pásma hnědých lesních půd (nadmořská výška pod 900 m) byly naměřeny hodnoty půdní reakce v průměru o 0,2 vyšší. Rozdíly v hodnotách pH_{KCl} mezi těmito skupinami lesních půd jsou statisticky průkazné na hladině významnosti 99 % (tabulka IX). Výsledky odpovídají údajům Pelíška (1968), který uvádí, že kyselost stoupá do půdních pásem horských poloh.

VII. Aktivní půdní reakce ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) v letních měsících červen—srpen 1984. — Active soil reaction ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) in the summer months June—August 1984

Lokalita	Měsíc	6.	7.	8.
Cikaňák		3,9	3,4	3,6
Nová louka		3,7	3,8	3,8
Bukovec — jih		3,6	3,3	3,4
Černá jezírka		3,5	3,3	3,3
Václavíkova studánka		3,6	3,5	3,2
Jezdecká		3,6	—	3,3
Černá hora — východ		3,5	3,6	3,7
Černá hora — vrchol		3,4	3,3	3,4
Prales Jizera		—	3,2	3,4

VIII. T-test významnosti rozdílu v hodnotách průměrného stupně poškození porostů mezi lokalitami. — T-test of the significance of difference in the values of the average degree of stand damage between the localities

	VS	BUK	JEZ	ČH-VR	ČH-VÝ	JIZ	CIK	NL	ČJ
VS	X	—	++	++	++	+	++	+	++
BUK	—	X	++	++	++	++	++	—	—
JEZ	++	++	X	++	—	++	++	++	+
ČH-VR	++	++	++	X	++	—	++	++	++
ČH-VÝ	++	++	—	++	X	++	++	++	++
JIZ	++	++	++	—	++	X	++	++	++
CIK	++	++	++	++	++	++	X	++	++
NL	+	—	++	++	++	++	++	X	++
ČJ	++	—	+	++	++	++	++	++	X

VS — Václavíkova studánka

BUK — Bukovec — jih

JEZ — Jezdecká

ČH-VR — Černá hora — vrchol

ČH-VÝ — Černá hora — východ

JIZ — Prales Jizera

CIK — Cikaňák

NL — Nová louka

ČJ — Černá jezírka

— nevýznamný rozdíl

+ významný rozdíl na hladině 95 %

++ významný rozdíl na hladině 99 %

Lesní půdy Jizerských hor jsou samy o sobě kyselé, neboť geologickým podkladem této oblasti je biotitická žula. Avšak srovnáním námi získaných údajů o aktivní půdní reakci v roce 1982 s údaji Pelíška z roku 1968 lze konstatovat, že v průběhu 16 let se snížila aktivní půdní reakce v horizontu B u hnědých lesních půl i humusových podzolů o 0,8. Tento výsledek je v souladu se závěry Lochmana [1983], Klíma [1983], Materny [1981] i dalších autorů, kteří uvádějí, že v poslední

IX. T-test významnosti rozdílů vybraných charakteristik mezi lokalitami s humusovými podzoly a hnědými lesními půdami. — T-test of the significance of difference in selected characteristics between the localities with humus podzols and brown forest soils

Charakteristika	Hladina významnosti	
	95 %	99 %
Hodnota výměnné půdní reakce	+	+
Hodnota aktivní půdní reakce	—	—
Průměrný stupeň poškození porostu	+	+

— nevýznamný rozdíl, + významný rozdíl

době dochází v důsledku spadu průmyslových imisí do lesních ekosystémů k okyselování lesních půd.

Průměrný stupeň poškození porostů na testovacích lokalitách je uveden v tabulce V. Nejméně poškozený je porost na lokalitě Cikaňák, která se nachází v nadmořské výšce 600 m a má jihovýchodní expozici; nejvyšší hodnota průměrného stupně poškození porostu byla zjištěna na lokalitě Prales Jizera v nadmořské výšce 1080 m, která leží na severozápadě. To odpovídá šetření K r i x e a kol. (1983).

T-testem významnosti rozdílů v hodnotách průměrného stupně poškození porostů mezi lokalitami s humusovými podzoly a hnědými lesními půdami byl zjištěn významný rozdíl na hladině 99 % (tabulka X) a t-testem významnosti rozdílů v hodnotách průměrného stupně poškození porostu mezi lokalitami (tabulka VIII) byly zjištěny významné rozdíly mezi lokalitami ve vyšších a nižších polohách.

Výsledky získané analýzou vybraných fyziologických charakteristik lesních dřevin podporují názory o vhodnosti biomonitorování prostředí pomocí sledování fyziologických procesů (G u d e r i a n 1977, S m i t h 1981). Podle změn, které byly analýzou v roce 1984 zjištěny, lze konstatovat, že porosty Jizerských hor se nacházejí ve stadiu chronického poškozování. Obdobné závěry uvádí ve své práci také M a t e r n a (1983), který analyzoval obsah škodlivin v asimilačních orgánech smrků.

Sledované lokality se liší v obsahu chlorofylu i stupni feofytinizace (tabulky III a IV). Lokality s nižším průměrným stupněm poškození mají vyšší obsah chlorofylu (Cikaňák, Nová louka) než lokality ohodnocené podle stupně poškození porostu jako lokality silně poškozené (Prales Jizera, Černá hora). Rozdíly v obsahu chlorofylu činí u těchto dvou extrémů v průměru až 50 %.

Jedním z důsledků působení průmyslových imisí je feofytinizace chlorofylu vedoucí ke vzniku fotosynteticky neaktivního feofytinu. Lokality ohodnocené rozdílně podle průměrného stupně poškození porostu však nemají výrazně rozdílné hodnoty v obsahu feofytinu (tabulka III). Tento výsledek potvrzuje názory G o w i n a a G o r a l a (1977) o nespécifičnosti působení imisí na tvorbu feofytinu.

Porovnáváním stupně feofytinizace mezi chlorofylem a a chlorofylem b (tabulky III a IV) bylo zjištěno, že chlorofyl a je náchylnější k feofytinaci než chlorofyl b. Tento výsledek je v souladu se závěry, které pro smrk uvádějí M a l h o r t a a H o c k i n g (1976).

Rychlost fotosyntézy jako významný fyziologický proces citlivě reaguje na působení průmyslových imisí (tabulka II). Rychlost fotosyntézy má výrazný vztah k průměrnému stupni poškození porostů. Lokality s nižším stupněm poškození (Cikaňák, Nová louka) mají výrazně vyšší rychlost fotosyntézy než lokality ohodnocené jako silně poškozené (Prales Jizera, Černá hora). Tento rozdíl činí mezi extrémními lokalitami (Prales Jizera a Cikaňák) 81 %.

Na základě uvedené diskuse lze vytvořit stupnici citlivosti vybraných znaků na působení průmyslových imisí. Hierarchie citlivosti klesá v této řadě: rychlost fotosyntézy — průměrný stupeň poškození porostu — obsah chlorofylu — půdní reakce.

Průměrný stupeň poškození porostů je stanoven na základě zhodnocení asimilačního aparátu koruny a je tedy v úzkém vztahu k procesům produktivity a tedy i fotosyntézy. Změny půdní reakce jsou procesem dlouhodobějším a jejich citlivost na působení průmyslových imisí je nižší.

ZÁVISLOST MEZI VYBRANÝMI ZNAKY

Půdní reakce klesá se stoupající nadmořskou výškou. Směrem do vyšších poloh stoupá ekologické zatížení smrkových porostů imisemi (K r a t o c h v í l o v á 1984), neboť ve vyšších nadmořských výškách je hustota toku imisí větší (M a t e r n a, ústní sdělení). Lokality v nižších polohách mohou být totiž do značné míry chráněny okolními orografickými útvary. Na nejnižší položené lokalitě Cikaňák (nadmořská výška 600 m) byla zjištěna hodnota pH KCl vyšší v průměru o 0,1 (tabulka VI) a hodnota pH H₂O vyšší v průměru o 0,3 (tabulka VII) než na lokalitě Prales Jizera s nejvyšší nadmořskou výškou (1080 m).

Jedním z průvodních jevů poškození smrků je výrazná ztráta jehlic. Vzhledem k tomu, že starší porosty jsou vystaveny delší dobu působení průmyslových imisí, má opad i starších ročníků jehlic vliv na tvorbu surového humusu. Lokality se staršími smrkovými porosty vykazují nižší hodnoty půdní reakce než lokality s porosty mladšími (tabulka VI a VII), ale relace mezi těmito znaky leží na hranici významnosti. Rovněž závislost půdní reakce na expozici lokality nebyla prokázána.

Průměrný stupeň poškození porostu je, jak již bylo konstatováno, jedním z nejcitlivějších ukazatelů vlivu průmyslových imisí na lesní ekosystémy. Korelace mezi stupněm poškození a půdní reakcí však nebyla statisticky prokázána.

Významná závislost na hladině 99 % byla zjištěna mezi průměrným stupněm poškození porostu a nadmořskou výškou (obr. 2), což opět potvrzuje vyšší ekologické zatížení smrkových porostů průmyslovými imisemi ve vyšších nadmořských výškách (K r i x a kol. 1983, K r a t o c h v í l o v á 1984). Nejnižší hodnota průměrného stupně poškození porostu (2,42) byla na nejnižší položené lokalitě Cikaňák, zatímco u lokality Prales Jizera s nejvyšší nadmořskou výškou byla hodnota stupně poškození 4,61.

Významná korelace na hladině 99 % byla stanovena mezi rychlostí fotosyntézy a průměrným stupněm poškození porostu (obr. 3), což umožňuje využít stupně poškození porostu jako nepřímého kritéria k posouzení produkční aktivity smrkových porostů.

Rovněž byla statisticky prokázána (na hladině 99 %) závislost rychlosti fotosyntézy na nadmořské výšce. Lokality ve vyšších polohách mají nižší rychlost fotosyntézy než lokality v polohách nižších. Tento výsledek koresponduje s obecně známou negativní korelací mezi nadmořskou výškou, ve které se porosty nacházejí, a jejich fotosyntetickou produktivitou.

Rozhodnout o intenzitě působení průmyslových imisí a nadmořské výšky na rychlost fotosyntézy je možné na základě hodnot směrnice regresních přímek, které vyjadřují uvedené závislosti. Obě závislosti jsou statisticky vysoce průkazné (na hladině 99 %), ale směrnice přímky relace průměrný stupeň poškození — rychlost fotosyntézy má hodnotu $-1,823$, směrnice relace nadmořská výška — rychlost fotosyntézy má hodnotu $-0,012$. Z toho vyplývá, že jednotková změna v hodnotě průměrného stupně poškození porostu způsobuje pokles rychlosti fotosyntézy o $-1,823 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Jednotková změna v nadmořské výšce způsobuje pokles v rychlosti fotosyntézy pouze o $-0,012$. Z uvedeného vyplývá, že rychlost fotosyntézy smrkových porostů Jizerských hor je především ovlivňována závislostí na stupni poškození. Obecně platná ekologická závislost rychlosti fotosyntézy na nadmořské výšce byla sice prokázána, ale v porovnání s působením imisí má výrazně menší platnost. Nevýznamné závislosti byly zjištěny mezi rychlostí fotosyntézy a hodnotami půdní reakce. To podtrhuje význam autoregulace základních fyziologických procesů dřeviny na daném stanovišti (Larcher 1980). Výsledek je významný především tím, že na základě stanovené půdní reakce nelze vytvořit obecný závěr o produkčních schopnostech porostů na daném stanovišti.

Obecně známá závislost mezi rychlostí fotosyntézy a obsahem chlorofylu nebyla na lokalitách Jizerských hor statisticky prokázána. Relace mezi rychlostí fotosyntézy a obsahem chlorofylu je v podmínkách Jizerských hor zřejmě překrývána i ostatními vlivy.

Nebyla stanovena významná závislost mezi obsahem chlorofylu a průměrným stupněm poškození porostů, což je důsledkem toho, že stupeň poškození porostů je stanoven na základě subjektivního hodnocení stavu jehlic, přičemž stav jehlic je určován posuzováním barvy jehlic. Je zřejmé, že subjektivní hodnocení barvy asimilačního aparátu není přesné.

Vysoce průkazná závislost na hladině 99 % byla však zjištěna mezi průměrným stupněm poškození porostů a obsahem feofytinu (obr. 4), protože stupeň feofytinizace je charakterizován především „hnědnutím“ jehlic. Hnědorezivé jehlice jsou při subjektivním hodnocení charakterizovány nejvyšší hodnotou, což znamená, že chyba v subjektivním hodnocení není tak výrazná.

ZÁVĚRY A SHRNUŤÍ

Cílem práce byla analýza vybraných fyziologických znaků a půdní reakce smrkových porostů ovlivněných průmyslovými imisemi v CHKO Jizerské hory.

Půdy byly charakterizovány půdní reakcí, abiotické složky nadmořskou výškou a expozicí lokalit, lesní porosty byly hodnoceny na zá-

kladě průměrného stupně poškození porostu, rychlosti fotosyntézy, obsahu pigmentů a věku porostu. Mezi těmito charakteristikami existují různě silné vazby, přičemž vzhledem k působení průmyslových imisí klesá jejich síla od fyziologických charakteristik smrkových porostů k charakteristikám půdní reakce.

Z práce vyplývá neoddelitelnost studia vztahů mezi rostlinou a půdou při působení nepříznivých vnějších faktorů.

Literatura

- GOWIN, T. — GORAL, I.: Chlorophyll and pheophytin content in needles of different age of trees growing under conditions of chronic industrial pollution. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, vol. XLVI, 1977, s. 151-159
- GUDERIAN, R.: Air Pollution. Berlin — Heidelberg — New York, Springer-Verlag, 1977
- KLIMO, E.: Distribuce a koloběh síry v ekosystému smrkového lesa v oblasti Dražanské vrchoviny. *Lesnictví*, 29, 1983, s. 683-690
- KRATOCHVÍLOVÁ, I.: Sledování závislosti mezi stupněm poškození smrkových porostů a výměnnou půdní reakcí v CHKO Jizerské hory. *Památky a příroda*, č. 8, 1984, s. 487-490
- KRIX, K. a kol.: Pozemní průzkum stupňů poškození smrkových porostů v chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Dílčí zpráva, SÚPPOP Praha, 1983
- LARCHER, W.: Physiological Plant Ecology. Berlin — Heidelberg — New York, Springer-Verlag, 1980
- LOCHMAN, V.: Dynamika a zásoba některých těžkých kovů a hliníku v půdách smrkových porostů v oblastech rozdílného stupně znečištění ovzduší. *Lesnictví*, 29, 1983, s. 659-672
- MALHORTA, S. S. — HOCKING, D.: Biochemical and cytological effects of sulphur dioxide on plant metabolism. *New Phytology*, 76, 1976, s. 227-237
- MATERNA, J.: Cíle, podklady a možnosti vlivu znečištěného ovzduší na lesy a lesní hospodářství. *Lesnictví*, 29, 1983, s. 649-657
- PELÍŠEK, J.: Půdní poměry Jizerský hor. Liberec, Severočeské muzeum, 1968
- REISENAUER, R.: Metody matematické statistiky. Praha, SNTL 1970
- SMITH, W. H.: Air Pollution and Forests Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems. New York — Heidelberg — Berlin, Springer-Verlag, 1981
- ŠETLÍK, I. — BARTOŠ, J. — KUBÍN, Š.: Photosynthesis in leaf disks as a measure of photosynthetic capacity in crop plants. *Biol. Plant.*, 2, 1960, s. 292-307
- VERNON, L. P.: Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Anal. Chem.*, 32, 1960, s. 1144-1150

Došlo dne 30. 8. 1985

KRATOCHVÍLOVÁ, I. — MAPEK, M. (Rudný projekt, Brno; Ústav experimentální fytochemie ČSAV, Brno). *Действие промышленных включений на почвенную реакцию и выбранные характеристики еловых насаждений Йизерских гор*. *Lesnictví*, 32, 1986 (12) : 1069-1080.

V vegetační období 1984 g. systematicky prováděly měsíční analýzy na 9 podopitých plochách v ochraňované místnosti Йизерских гор. Výsledkem analýzy bylo určení půdní reakce, obsahu chlorofyllu a rychlosti fotosyntézy. Cílem práce bylo určení hierarchie citlivosti vybraných znaků na působení průmyslových vylučení. Citlivost vybraných znaků snižovala se v následující posloupnosti: rychlost fotosyntézy — střední stupeň poškození naсаждения — obsah chlorofyllu — půdní reakce. Nebylo zjištěno velké závislosti mezi půdní reakcí a střední stupněm poškození naсаждения. S klesající střední stupněm poškození naсаждения snižuje se obsah chlorofyllu a rychlost fotosyntézy. Z výsledků vyplývá, že fyziologický stav еловых насаждений счи-

тается очень чувствительным показателем качества среды, в которой находятся эти насаждения.

промышленные включения; почвенная реакция; фотосинтез; хлорофилл; еловые насаждения

KRATOCHVÍLOVÁ, I. — MAREK, M. (Rudný projekt, Brno; Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Brno). *The Influence of Air Pollution on the Soil Reaction and Some Characteristics of Spruce Stands in the Jizerské hory*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1069-1080.

During the vegetation period in 1984 regular monthly analyses were performed on nine test areas in the Landscape Reservation of the Jizerské hory (Jizerské Mts.) that differ in the degree of air pollution stress. The analyses made it possible to determine the soil reaction, chlorophyll content and photosynthesis rate. The objective of the present study was to state the hierarchy of sensitivity of selected traits to the air pollution stress. The sensitivity of the traits decreases in the following order: photosynthesis rate — average degree of stand damage — chlorophyll content — soil reaction. No significant relation was found out between soil reaction and the average degree of stand damage. With the decreasing average degree of stand damage, chlorophyll content and photosynthesis rate also drop. The results indicate that the physiological condition of spruce stands is a very sensitive quality indicator of the environment where these forest stands are situated.

air pollution; soil reaction; photosynthesis; chlorophyll; spruce stand

KRATOCHVÍLOVÁ, I. — MAREK, M. (Rudný projekt, Brno; Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Brno). *Einwirkung von Industrieimmissionen auf die Bodenreaktion und auf ausgewählte Charakteristiken von Fichtenbeständen des Isergebirges*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1069-1080.

Im Verlauf der Vegetationszeit des Jahres 1984 wurden regelmäßige monatliche Analysen auf neun Testflächen im Landschaftsschutzgebiet Isergebirge durchgeführt, die sich hinsichtlich des Beschädigungsgrades der Bestände durch Industrieimmissionen unterscheiden. Das Ergebnis der Analysen war die Bestimmung der Bodenreaktion, des Chlorophyllgehalts und der Geschwindigkeit der Photosynthese. Ziel der Arbeit war die Bestimmung der Hierarchie der Empfindlichkeit der ausgewählten Merkmale gegenüber der Einwirkung von Industrieimmissionen. Die Empfindlichkeit der untersuchten Merkmale sinkt in folgender Reihe: Geschwindigkeit der Photosynthese — durchschnittlicher Beschädigungsgrad der Bestände — Chlorophyllgehalt — Bodenreaktion. Es wurde keine signifikante Abhängigkeit zwischen der Bodenreaktion und dem durchschnittlichen Beschädigungsgrad der Bestände festgestellt. Mit sinkendem durchschnittlichen Beschädigungsgrad der Bestände sinkt der Chlorophyllgehalt und die Geschwindigkeit der Photosynthese. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß der physiologische Zustand der Fichtenbestände einen sehr empfindlichen Anzeiger der Qualität der Umwelt darstellt, in der sich diese Bestände befinden.

Industrieimmissionen; Bodenreaktion; Photosynthese; Chlorophyll; Fichtenbestand

Adresa autorů:

Irena Kratochvílová, Ing. Michal Marek, CSc., Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Poříčí 3b, 603 00 Brno

J. Votava

VOTAVA, J. (Krajská hygienická stanice, České Budějovice). *Odtoky dusíku a fosforu z lesů v povodí Malše*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1081-1087.

Z chemických rozborů a hydrologických měření v lesních potocích byly zjištěny údaje o odtoku dusíku a fosforu z lesů v letech 1981–1983. Průměrné koncentrace anorganického dusíku byly $0,6\text{--}1,5\text{ mg.l}^{-1}$. Obsah fosforu byl v rozmezí $3\text{--}84\text{ }\mu\text{g.l}^{-1}$ s maximální četností koncentrací kolem $30\text{--}40\text{ }\mu\text{g.l}^{-1}$. Plošné odtoky živin byly $1,7\text{--}3,9\text{ kg N na ha za rok}$ a $60\text{--}140\text{ g P na ha za rok}$. Z uvedených hodnot vyplývá, že lesní oblasti představují určité pozadí zdrojů dusíku a fosforu ve vodách, které je nutno uvažovat při bilanci živin odtékajících z povodí. Sledování dusíku a fosforu v lesních potocích podává obraz o lesním hospodaření, vlivu imisí v krajině a erozi lesních půd.

hydrologie lesnická; odtoky; dusík; fosfor

Vzájemné působení a ovlivňování přírody, civilizace a člověka souvisí s mnoha společenskými a ekonomickými faktory naší doby. Rozpory mezi přírodou a civilizací se mohou stát brzdou společenského vývoje.

Jedním z konkrétních problémů je obhacování přírodních vod dusíkem a fosforem. To má za následek přímé ohrožování populace vysokým obsahem dusičnanů ve vodách a hygienické závady způsobené eutrofizací povrchových vod používaných k úpravě na pitnou vodu. Hromadný výskyt zelených organismů ve vodárenských nádržích způsobuje vážné vodohospodářské problémy a často i ohrožuje zásobování pitnou vodou.

Za rozhodující zdroj živin je označováno zemědělství a kanalizace, které nemají potřebné čištění odpadních vod. Nemalý zdroj představují také srážkové spady obhacované dusíkem ze spalování fosilních paliv. Zanedbatelný není i přísun živin z lesních fondů. Nové způsoby hospodaření a složité negativní působení imisí má za následek, že i z lesů odtékají zvýšené koncentrace živin. Práce popisuje zkoumání odtoku dusíku a fosforu z lesů v povodí Malše.

Kalenda (1982) udává, že z lesů o celkové ploše $47\,600\text{ ha}$ v oblastech vodárenských nádrží ČSR odtékají vody s průměrnou koncentrací $2,2\text{--}8,3\text{ mg NO}_3\text{.l}^{-1}$. Straškraba a kol. (1973) uvádějí odtok z lesů $1,4\text{--}4,0\text{ kg N na ha za rok}$ a $0,05\text{--}0,8\text{ kg P na ha za rok}$. Štěpánek a kol. (1980) došli při bilanci dusíku a fosforu v povodí vodárenské nádrže Lučina k závěru, že roční transport z lesů je $55,7\text{ kg N na ha}$ a $0,10\text{ kg P na ha}$. Překvapivě vysoký odtok dusíku vysvětlují polomy, nedostatečným obhospodařováním lesů a věkem porostů. Také Caporali a kol. (1981) zjistili velmi vysoký transport dusíku z lesních povodí střední Itálie. Udávají roční transport $27,1\text{ kg N-NO}_3\text{ na ha}$

a 1,88 kg N-NH₄ na ha. Seifert (1972) zaznamenal vysokou produkci nitrátů v půdách po vymýcení borových a smrkových lesů. Nitrifikace se přechodně zvýšila až 30× na dobu 2–3 roky. K podobnému závěru došli i Sollins a Mc Corison (1981), kteří sledovali změnu obsahu odtékajícího dusíku před a po těžbě duglaskového porostu. Zjistili, že v období 7–18 měsíců po těžbě se koncentrace nitrátů zvýšila 3 až 100×. Likens a kol. (1980) zjistili ve studijním lesním povodí Hubbard Brook (USA), že v letech 1963–1974 odtékalo průměrně 2,01 mg NO₃·l⁻¹, 0,04 mg NH₄·l⁻¹ a 0,0023 mg PO₄·l⁻¹. Plošný odtok ročně byl 4,01 kg N na ha a 0,019 kg P na ha.

REGIONÁLNÍ ROZSAH A METODIKA ŘEŠENÍ

Studie odtoku dusíku a fosforu z lesů povodí Malše vznikla jako součást bilance celkového odtoku živin z povodí v letech 1981–1983. Zkoumané území leží v jižních Čechách, jižně od Českých Budějovic v oblasti Novohradského podhůří a Novohradských hor.

Sledované povodí má rozlohu 312 km² a je ohraničeno profilem Pořešín na říčním kilometru 40,1 a profilem Dolní Dvořiště na říčním kilometru 68,2. Jde o úsek toku od státní hranice k počátku vzdutí vodárenské nádrže Římov, která je základním vodárenským zdrojem jižních Čech. Rozloha lesů v ploše povodí je 144 km².

V nadmořské výšce povodí jsou značné rozdíly. Území je hornaté s nejvyšší horou Kamenec (1072 m n. m.). Po geologické stránce je oblast poměrně uniformní. Tvoří ji převážně hlubinné vyvřeliny a metamorfované horniny, žuly, ruly, svory a fylity. Půdy vzniklé na tomto podkladě patří typologicky k hnědým půdám kyse-lym. Jde o půdy písčitohlinité až hlinitopísčité. Klimaticky je oblast ohraničena podle dlouhodobého průměru dvěma izotermami (6 a 7 °C) a dvěma izohyetami (650 a 800 mm). Hydrologicky je území ovládáno řekou Malší a potokem Černá.

Pro vyhodnocení odtoku dusíku a fosforu z lesů bylo vybráno šest potoků, jejichž povodí tvoří výhradně lesní porosty. Celková plocha těchto povodí je 1094 ha. Většinou jsou to oblasti v pohraničním pásmu. Charakteristiky potoků a jejich povodí uvádí tabulka I.

Odtoky dusíku a fosforu byly zjišťovány chemickými analýzami a vypočteny z hydrologických údajů. Obsah anorganického dusíku byl vypočítán součtem dusičnanového, dusitanového a amoniakálního dusíku. Obsah celkového fosforu byl vypočítán z koncentrace veškerých fosforečnanů. Chemické rozbory byly konány podle ČSN 83 0530, část 22, 24, 25 a 26.

I. Charakteristiky lesních potoků a jejich povodí. — Characteristics of forest creeks and their catchment areas

Označení toku	Číslo povodí	Plocha povodí ha	Průměrný průtok l.s ⁻¹	Podíl jehličnanů %	Nejvyšší věk roky	Těžba a polomy za rok m ³
1	1-06-02-010	188	10	90	120	400/1979
2	1-06-02-025	139	18	40	100	150/1982
3	1-06-02-025	478	62	60	500	—
4	1-06-01-137	88	6	95	50	150/1980
5	1-06-02-027	84	9	100	80	—
6	1-06-02-029	117	16	100	100	514/1981

Rok	1981			1982					1983				
Měsíc	6.	8.	10.	5.	6.	8.	10.	12.	2.	4.	6.	9.	11.
Tok	Dusík v mg.l ⁻¹												
1	0,96	1,08	1,00	1,23	1,02	1,73	1,08	1,10	1,49	0,43	0,89	0,77	0,77
2	2,26	2,99	2,41	1,35	1,20	1,52	0,42	1,17	1,42	1,77	0,74	1,30	1,35
3	0,73	1,08	0,81	0,95	0,77	1,04	0,85	0,88	0,86	0,93	0,82	0,31	0,69
4	0,42	0,50	0,86	1,54	0,42	0,60	0,54	0,42	0,62	0,74	0,39	0,86	0,62
5	0,54	0,50	0,50	0,54	0,54	1,04	0,54	0,56	0,55	1,03	0,59	0,31	0,54
6	0,54	1,42	1,39	2,11	1,54	0,59	0,97	1,42	1,10	1,23	0,82	0,70	0,57
Tok	Fosfor v µg.l ⁻¹												
1	60	61	54	16	21	8	18	18	29	44	45	57	29
2	74	42	60	79	—	84	30	28	55	4	47	40	20
3	32	46	57	37	22	32	30	11	34	81	48	16	48
4	42	24	3	—	9	30	3	66	13	63	70	39	21
5	35	10	16	47	14	62	20	25	27	17	35	9	26
6	19	20	29	39	22	59	80	32	39	30	81	50	37

VÝSLEDKY

Vzhledem ke špatné dostupnosti vzorkovacích míst bylo možno provést vzorkování v ústí recipientů pouze v určitých měsících. Výsledky rozborů vzorků z těchto měsíců let 1981—1983 obsahuje tabulka II.

Statistické vyhodnocení průměrných koncentrací v jednotlivých měsících a tocích uvádějí tabulky III a IV. Průměrné měsíční průtoky v odběrových profilech vypočítal a hodnoty poskytl Český hydrometeorologický ústav, pobočka České Budějovice.

Vyslovíme-li předpoklad, že koncentrace dusíku a fosforu byly změněny právě při průměrném průtoku a že součet sledovaných povodí je svými podmínkami reprezentativní pro celý lesní fond povodí, je možno vypočítat měsíční transport živin z plošné jednotky povodí (L_N , L_P):

$$L_N, L_P = \Sigma (c \cdot q)_{1-6} \cdot 86\,400 \cdot \frac{365}{12} \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{p}, \quad (1)$$

kde L_N , L_P — specifický měsíční transport dusíku a fosforu v g na ha,
 c — koncentrace dusíku a fosforu v potocích č. 1—6 v mg.l⁻¹,
 q — průměrný měsíční průtok v l.s⁻¹,
 numerická část — přepočet transportu vteřinového v mg na měsíční v g,
 p — celková plocha sledovaných povodí v ha.

Jak již bylo uvedeno, nepřístupnost vzorkovacích míst znemožnila pravidelné měsíční odběry vzorků. Proto transport živin pro ostatní mě-

III. Průměrné koncentrace dusíku a fosforu v jednotlivých měsících. — Average concentrations of nitrogen and phosphorus in different months

Rok — měsíc	Dusík				Fosfor		
	Q ($l \cdot s^{-1}$)	$\bar{x}$	s ($mg \cdot l^{-1}$)	n	$\bar{x}$	s ($\mu g \cdot l^{-1}$)	n
1981 6.	56,6	0,90	0,68	6	44	20	6
8.	82,4	1,26	0,92	6	34	19	6
10.	77,8	1,16	0,68	6	36	24	6
1982 5.	141,7	1,29	0,53	6	44	23	5
6.	92,8	0,91	0,42	6	18	6	5
8.	82,9	1,08	0,47	6	46	27	6
10.	56,0	0,73	0,27	6	30	26	6
12.	69,9	0,92	0,38	6	30	19	6
1983 2.	79,5	1,00	0,40	6	33	14	6
4.	109,1	1,02	0,46	6	40	29	6
6.	47,8	0,71	0,19	6	54	17	6
9.	15,6	0,71	0,37	6	35	19	6
11.	14,7	0,76	0,30	6	30	11	6

Q — celkový průtok
 s — směrodatná odchylka

$\bar{x}$ — průměrná koncentrace
 n — počet toků

IV. Průměrné koncentrace dusíku a fosforu v jednotlivých tocích. — Average concentrations of nitrogen and phosphorus in different watercourses

Tok	Dusík				Fosfor		
	$q_{\text{prům.}}$ ($l \cdot s^{-1}$)	$\bar{x}$	s ($mg \cdot l^{-1}$)	n	$\bar{x}$	s ($\mu g \cdot l^{-1}$)	n
1	10	1,04	0,33	13	35	19	13
2	18	1,53	0,69	13	47	25	12
3	62	0,82	0,19	13	38	18	13
4	6	0,66	0,31	13	32	24	12
5	9	0,60	0,20	13	26	16	13
6	16	1,11	0,47	13	41	21	13

$q_{\text{prům.}}$ — dlouhodobý průměrný průtok
 s — směrodatná odchylka

$\bar{x}$ — průměrná koncentrace
 n — počet měsíců

síce bylo nutno dopočítat. K výpočtu byl užit vztah mezi průtokem Q (celkový průměrný měsíční průtok v tocích č. 1—6) a transportem L_N , L_P vypočítaným podle rovnice (1). Závislost mezi průtokem a transportem nejvýhodněji vystihují mocninové vztahy ve tvaru:

V. Transport dusíku a fosforu z lesů v letech 1981—1983. — The transport of nitrogen and phosphorus from the forests in the years 1981—1983

Rok	1981			1982			1983		
Měsíce	Q l.s ⁻¹	L_N g/ha	L_P	Q l.s ⁻¹	L_N g/ha	L_P	Q l.s ⁻¹	L_N g/ha	L_P
1.	63,1	143	5,6	258,0	843	27,8	98,7	251	9,4
2.	90,9	226	8,5	102,5	263	9,8	79,5	191	7,3
3.	208,0	642	21,8	159,4	459	16,1	117,7	313	11,4
4.	44,2	91	3,8	245,0	790	26,2	109,1	285	10,5
5.	70,6	165	6,4	141,7	396	14,1	122,3	329	11,9
6.	56,6	125	5,0	92,8	232	8,7	47,8	101	4,1
7.	138,2	384	13,7	81,6	198	7,6	26,1	47	2,1
8.	82,4	200	7,6	82,9	202	7,7	28,8	53	2,3
9.	80,1	193	7,4	56,6	125	5,0	15,6	25	1,2
10.	77,8	186	7,2	56,0	123	4,9	15,9	25	1,2
11.	135,2	373	13,4	43,6	90	3,7	14,7	23	1,1
12.	214,0	666	22,5	69,9	163	6,3	14,8	23	1,1
Celkem		3394	122,9		3884	137,9		1666	63,6

$$\text{Dusík: } L_N = a \cdot Q^b \quad \begin{array}{l} a = 0,77 \\ b = 1,26 \\ r = 0,98 \end{array} \quad (2)$$

$$\text{Fosfor: } L_P = a \cdot Q^b \quad \begin{array}{l} a = 0,05 \\ b = 1,13 \\ r = 0,94 \end{array} \quad (3)$$

kde L_N , L_P — transport dusíku a fosforu v g na ha,
 Q — celkový průměrný měsíční průtok v tocích č. 1 až 6 v l.s⁻¹,
 a , b — koeficienty rovnic,
 r — koeficient korelace.

Výsledky vypočítané podle rovnic (2), (3) na základě známých průtoků obsahuje tabulka V.

DISKUSE

Průměrné koncentrace dusíku, tj. 0,6—1,5 mg.l⁻¹ jsou blízké výsledkům Kalendy (1983) při přepočtu nitrátů na dusík. Průměry koncentrací dusíku v jednotlivých měsících naznačují pozitivní korelaci k průtokům. Tomu odpovídá i mocninový vztah mezi průtokem a odtokem dusíku.

Nejvyšší průměrný obsah dusíku byl zjištěn v toku č. 2, nejnižší v toku č. 5. Rozdíly se nepodařilo objasnit. Vliv těžby a polomů zdůrazněný v publikacích Sollinse a Mc Corisona (1981) a Seiferta (1972) nebyl ve sledovaném období takového rozsahu, aby jej bylo možno dávat do souvislosti s koncentracemi dusíku.

Střední koncentrace fosforu leží v rozmezí uváděném Brozkou a kol. (1981). Vztah koncentrace k průtoku není patrný. Průměrné koncentrace mají poměrně malý rozptyl v hodnotách kolem 30–40 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Podobně jako u dusíku jsou nejvyšší koncentrace zjištěny v toku č. 2, nejnižší v toku č. 5. Protože hlavním zdrojem fosforu v lesních tocích jsou eroze a splachy, je možno usuzovat, že povodí toku č. 2 je nejvíce náchylné k erozi.

Zjištěné roční transporty 1,7–3,9 kg N na ha a 64–138 g P na ha jsou v souladu s údaji Straškraby a kol. (1973), Štěpánka a kol. (1980) a Likense a kol. (1980). Výrazně nižší odtok živin v roce 1983 oproti předchozím rokům byl způsoben velmi nízkými průtoky, což odpovídá celkovému srážkovému odtokovému deficitu v tomto roce.

Odtoky dusíku a fosforu byly vypočítány z relativně malého počtu vzorků bez znalosti okamžitého průtoku a nebyly zachyceny přívalové vody. Je však možno předpokládat, že současné sledování šesti toků do určité míry kompenzuje odlišnosti povodí a hydrologických poměrů a přibližuje výsledky skutečnosti.

Literatura

- BROZKA, R. J. — ROLFE, G. L. — ARNOLD, L. E.: Water quality from two small forested watersheds in Southern Illinois. Water Res. Bull., 17, 1981, č. 3, s. 443–447
- CAPORALI, F. a kol.: Nitrogen contents of streams draining an agricultural and forested watershed in Central Italy. Journal of Environmental Quality, 10, 1981, č. 1, s. 72–76
- KALENDA, M.: Koncentrace nitrátů v povrchových vodách. Rostl. Výr., 28, 1982, č. 10, s. 1077–1084
- LIKENS, G. E. a kol.: Biogeochemistry of a forested ecosystem. 1. ed., New York, Springer Verlag, 1980
- SEIFERT, J.: Příčiny zvyšování obsahu nitrátů v Želivce. Rostl. Výr., 18, 1972, č. 12, s. 1249–1259
- STRAŠKRABA, M. a kol.: Zhodnocení vlivu eutrofizace a plošného znečištění na jakost vody v tocích. Výzkumná zpráva, Hydrobiologická laboratoř CSAV, Praha, 1973
- ŠTĚPÁNEK, M. a kol.: Vliv některých faktorů zemědělské výroby a zalesnění krajiny na vodárenskou nádrž. Vod. hospodářství, 30, 1980, č. 4 B, s. 105–112

Došlo dne 1. 10. 1985

BOTABA, Я. (Krajská hygienická stanice, České Budějovice). Сток азота и фосфора из лесов в водосборе Малше. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1081–1087.

По химическим анализам и гидрологическому измерению в лесных реках были установлены данные о стоке азота и фосфора из лесов в 1981–1983 гг. Средняя концентрация неорганического азота составляла 0,6–1,5 мг/л азота. Содержание фосфора находилось в интервале от 3 до 84 мкг/л с максимальной частотой концентрации около 30–40 мкг/л. Поверхностные стоки питательных веществ составляли 1,7–3,9 кг/га азота в год и 60–140 г/га фосфора в год.

Из приведенных результатов вытекает, что лесные области представляют определенный фон ресурсов азота и фосфора в водах, с которыми надо считаться при балансе питательных веществ, стекаемых с водосборов. Изучение азота и фосфора в лесных ручьях говорит о лесном хозяйстве, влиянии промышленных включений на местность и эрозии лесных почв.

лесная гидрология; стоки; азот; фосфор

VOTAVA, J. (Krajská hygienická stanice, České Budějovice). *Nitrogen and Phosphorus Transport from the Forests in the Catchment Area of the Malše River*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1081-1087.

The data on nitrogen and phosphorus transport from the forests were determined by chemical analyses and hydrological measurements performed in forest creeks in the years 1981—1983. The average concentrations of inorganic phosphorus were 0.6—1.5 mg N.l⁻¹. The phosphorus content ranged from 3—84 µg.l⁻¹, the maximum frequency of concentrations being around 30—40 µg.l⁻¹. The areal transport of nutrients made 1.7—3.9 kg nitrogen per ha/annum and 60—140 g phosphorus per ha/annum.

The above values indicate that the afforested regions represent definite source areas of nitrogen and phosphorus in the watercourses and that they must be considered for the balance of nutrients transported from the catchment area. The investigations of nitrogen and phosphorus concentrations in forest creeks offer a picture of the forest management, air pollution stress in the landscape and forest soil erosion.

forest hydrology; nutrient transport; nitrogen; phosphorus

VOTAVA, J. (Krajská hygienická stanice, České Budějovice): *Stickstoff- und Phosphorabflüsse aus Wäldern im Einzugsgebiet der Malše*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1081-1087.

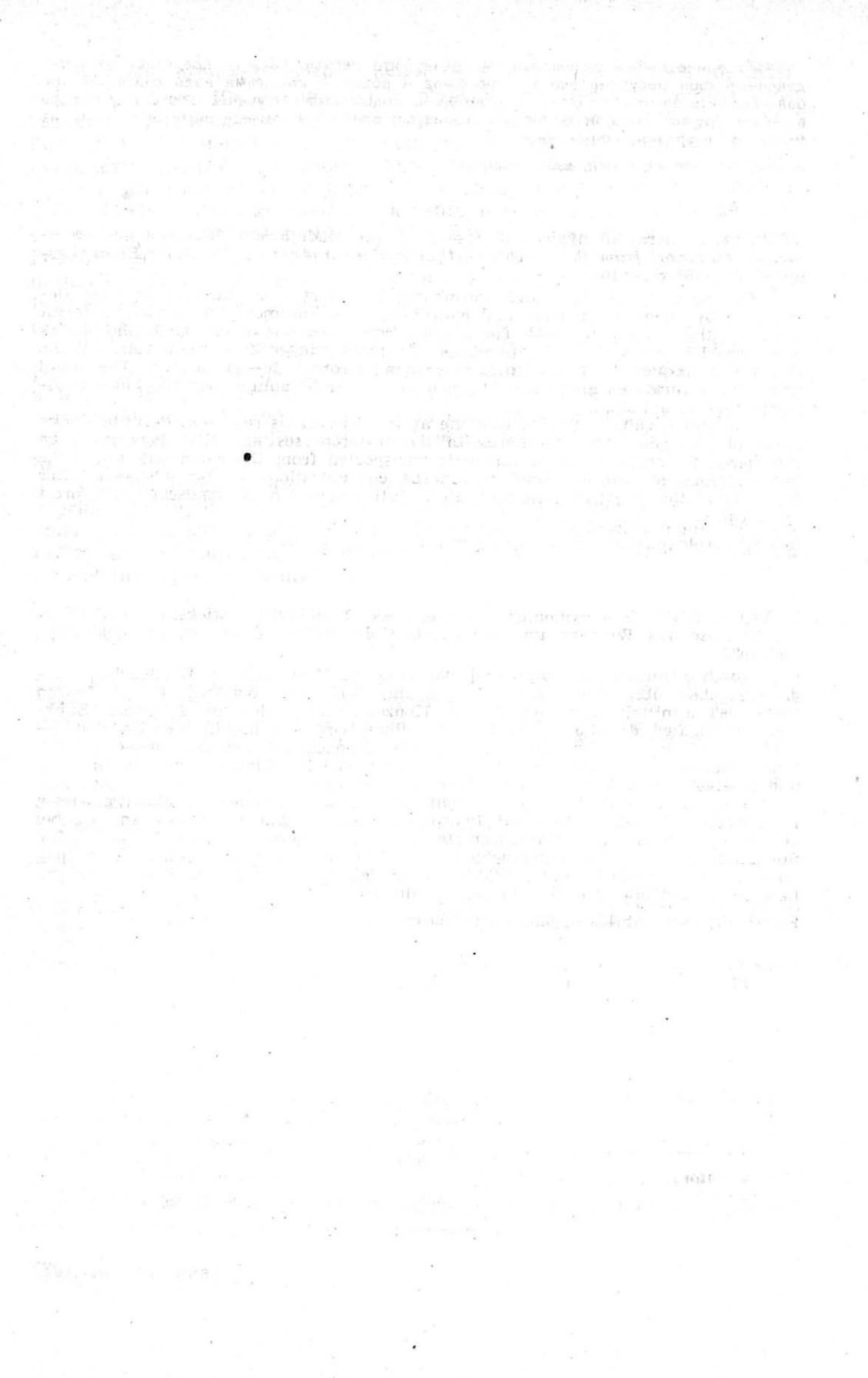
Durch chemische Analysen und hydrologische Messungen an Waldbächen wurden Angaben über Stickstoff- und Phosphorabfluß aus Wäldern in den Jahren 1981—1983 ermittelt. Durchschnittliche Konzentrationen des anorganischen Stickstoffs erreichten 0,6—1,5 mg N.l⁻¹. Der Phosphorgehalt lag im Bereich von 3—84 µg.l⁻¹ mit maximaler Häufigkeit der Konzentrationen um 30—40 µg.l⁻¹. Flächenabflüsse von Nährstoffen erreichten 1,7—3,9 kg Stickstoff pro ha im Jahr und 60—140 g Phosphor pro ha im Jahr.

Aus den angeführten Werten geht hervor, daß Waldgebiete einen gewissen Hintergrund der Stickstoff- und Phosphorquellen in Wässern darstellen, die bei der Nährstoffbilanz der Einzugsgebiete in Betracht gezogen werden müssen. Die Stickstoff- und Phosphoruntersuchungen in Waldbächen ergeben eine Vorstellung über die Bewirtschaftung der Wälder, über den Einfluß von Immissionen in der Landschaft und über die Erosion von Waldböden.

Forsthydrologie; Abflüsse; Stickstoff; Phosphor

Adresa autora:

Ing. Jan Votava, CSc., Krajská hygienická stanice, 370 00 České Budějovice



BENEŠ, J. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Optimalizace lesní dopravní sítě*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1089-1114.

Na základě technicko-ekonomického rozboru přírodních a hospodářských poměrů v lesním hospodářství ČSR se doporučuje optimální zpřístupnění lesa za těchto předpokladů: a) průměrná geometrická přibližovací vzdálenost má činit 160 m ($\pm 15\%$); b) maximální rozestup lesních cest nemá překročit 1000 m; c) lesní dopravní síť uspořádat tak, aby bylo možno vyloučit výstavbu přibližovacích cest; d) terénní sklon rozhodující pro vymezení území s použitím lanovkového soustředování dřeva snížit ze 46 na 25%; f) používat co nejvíce přibližovacích linek vedených nejkratším směrem od pařezu k odvozní cestě, tj. po spádnicí; g) postupně zvyšovat podíl lanovkového soustředování dřeva v ČSR. Doporučují se tyto směrné hustoty lesních odvozních cest v jednotlivých morfologických typech terénu: a) pro roviny a náhorní plošiny se sklonem terénu do 15% 15 m na ha při dosažitelné účinnosti cestní sítě 90% a předpokládané průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 170 m; b) pro pahorkatiny 22 m na ha při průměrné účinnosti cestní sítě 70% a průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 150 m; c) pro horská území s příznivými hodnotami morfologických veličin 19 m na ha při průměrné účinnosti cestní sítě 80% a průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 170 m; d) pro horská území s nepříznivými morfologickými poměry 24 m na ha při průměrné účinnosti cestní sítě 70% a průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 160 m.

stavby lesnické; lesní cesty; zpřístupňování lesů

Optimalizací lesní dopravní sítě, především účelným rozmístěním odvozních a přibližovacích cest a linek, se ve světové lesnické literatuře zabývá řada lesníků a výzkumných pracovníků. Tento problém je zvláště živý v Sovětském svazu, kde často jde o zpřístupnění rozsáhlých lesních ploch k těžbě dřeva. Z konkrétních vědeckých prací v tomto oboru lze např. uvést publikaci Ilin 1978, Leonovič 1972, Melnikov 1979. Autoři sestavili ekonomicko-matematické modely problému, určující optimální hustotu lesních cest z optimální šířky těžebních zón, přiléhajících k odvozním cestám. Za kritérium optimálnosti je zpravidla bráno minimum nákladů na těžbu a dopravu dřeva včetně výstavby cestní sítě,

Rychlý rozvoj výstavby lesních cest v evropských zemích, zejména NSR, Švýcarsku a Rakousku, způsobil lesním hospodářům mnoho starostí, což se odráží v lesnických i veřejných publikacích (Pestal 1981, Pestal 1982, Roder 1981). Z uvedených příspěvků vyplývá nutnost omezení výstavby lesních cest vzhledem k devastaci terénu, způsobené vodní erozí nedostatečně zpevněných a odvodněných lesních cest. Do výpočtů efektivnosti optimálních návrhů cestní sítě je třeba zahrnovat i předpokládané negativní dopady výstavby cest, zejména v extrémních horských poměrech.

Předkládaná publikace uvádí výsledky výzkumného řešení problému v dílčím výzkumném úkolu, který si kladl za cíl stanovení zásad optimalizace lesní dopravní sítě, vztažených na 37 vybraných gravitačních území (povodí), charakterizujících morfologické, geologické, klimatické a hospodářské poměry v ČSR.

Potřeba řešení koncepce výstavby lesních cest a přibližovacích linek vyvstala po zjištění vzrůstajících škod na lesní půdě a vodohospodářských objektech ČSSR.

V důsledku výrazné mechanizace stavebních prací se lesní dopravní síť v poválečných letech velmi rychle rozvíjela. Dosud chybí kritéria usměrňující rozsah a vybavenost lesních cest.

Výstavba husté lesní dopravní sítě narušuje vodohospodářskou funkci lesa (Krešl 1978), zejména urychlováním odtoku povrchové i podzemní vody a vytvářením předpokladů vodní eroze lesní půdy. Vždyť km lesní odvozní cesty průměrně zabírá 1 ha lesní půdy, na níž se po odhumusování a odstranění pařezů vytvářejí nepříznivé poměry z hlediska ochrany přírody.

V současné době zabírají lesní cesty v průměru 3 % (Beneš 1978) a v některých oblastech s rozvinutou cestní sítí až 6 % lesní půdy. Vzhledem k tomu, že jsou lesní cesty stavěny v nepříznivých podélných skloních z vodohospodářského hlediska, je současný stav a zejména nadměrné rozšiřování cestní sítě nebezpečné a z ekologického hlediska problematické.

Buzek (1981), sledoval množství plavenin přicházející z lesní půdy v povodí Ostravice a Morávky v Moravskoslezských Beskydech a zjistil, že se z lesních cest uvolňuje při deštových srážkách více plavenin než z koryt vodních toků. I když jde z hlediska eroze půdy o extrémní území flyšového pásma, signalizuje toto objektivní zjištění zvýšené zanášení vodních toků, přehrad aj. vodohospodářských děl splaveninami, což vede k narůstajícím nákladům na údržbu tohoto zařízení.

Výzkumné řešení sledovalo především omezení a zkvalitnění sítě lesních cest při zvýšení jejich účinku pro lesní hospodářství.

Každá lesní cesta zhoršuje ekologické poměry lesního prostředí. Výstavba lesní dopravní sítě je však nezbytná z hlediska zpřístupnění porostů. Proto je nutno hledat optimální řešení.

METODIKA PRÁCE

Podstatou výzkumných prací v terénu bylo podrobné sledování stavu lesní dopravní sítě ve zvolených gravitačních územích vodních toků o celkové výměře 19 389 ha a zjišťování závislosti stavu lesních cest na přírodních a hospodářských poměrech zpřístupňovaných lesů. Na základě rozboru současného stavu a činitelů, ovlivňujících lesní dopravní síť, byly činěny závěry pro optimalizaci výstavby lesních cest a přibližovacích linek. Celkem bylo prozkoumáno 37 gravitačních území vybraných na různých morfologických, klimatických a geologických lokalitách.

Metodika práce předpokládala perspektivní roztržidění lesního území na rajóny s podobnými přírodními a hospodářskými poměry, ve kterých by se zakládala cestní síť dle vytyčených jednotlicích kritérií.

Způsoby podrobného hodnocení přírodních poměrů zvolených gravitačních území jsou rozvedeny v závěrečné zprávě Výzkum přírodních faktorů, ovlivňujících tvorbu lesní dopravní sítě (Beneš 1975).

Výzkumná práce se členila na část teoretickou s objasněním a definováním základních činitelů ovlivňujících potřebnou kvalitu a kvantitu lesních cest, část prakticky zaměřenou na průzkum vybraných gravitačních území, návrh optimálního zpřístupnění řešených lokalit sítí odvozních cest podle teoretických předpokladů, ekonomické posouzení návrhů a vyvození závěrů.

TEORETICKÉ PŘEDPOKLADY NÁVRHU OPTIMÁLNÍHO ZPŘÍSTUPNĚNÍ LESA

Většina dosud vybudovaných lesních cest byla budována podle subjektivních názorů lesních hospodářů usilujících o zpřístupnění porostů při pěstování a těžbě dřeva. Hlavními kritérii byly dopravní prostředky a možnost výstavby cesty. Tak vznikla současná síť lesních cest, jejíž účel se mnohdy nedá vysvětlit. Vzhledem k měnící se technologii dopravy dřeva ztratily mnohé cesty své opodstatnění a někdy překážejí cílevědomému obhospodařování lesa. Je prosazována zásada výstavby co nejmenšího množství cest nezbytně nutných k racionálnímu hospodaření.

Uváděná stať má objasnit dostupné teoretické předpoklady optimalizace zpřístupnění lesních porostů.

Základní pojmy zpřístupnění lesa. Mezi základní pojmy problematiky zpřístupnění lesa řadíme hustotu lesních cest, cestní rozestup, přibližovací vzdálenost, účinnost sítě odvozních cest, morfologické prvky, dostupnost porostů pro používané soustředovací prostředky, projekční parametry lesních cest a jejich vztahy k členitosti terénu.

Hustota lesních cest. V lesnické literatuře je uváděna jako základní kritérium úrovně zpřístupnění lesa. Je vyjadřována délkou cest v metrech připadající na ha lesní půdy. Třídí se na hustotu lesních cest odvozních a přibližovacích, popř. přibližovacích linek.

S hustotou cest souvisí jejich teoretický rozestup, vyplývající ze vztahu

$$H \cdot R = 10\,000 \text{ m}^2,$$

kde H — hustota lesních cest v m na ha,

R — teoretický rozestup lesních cest v m.

Přibližovací vzdálenost. Pro potřeby výzkumu jsou rozlišovány tři druhy přibližovacích vzdáleností:

Teoretická přibližovací vzdálenost vyplývající z hustoty odvozních cest:

$$d_t = \frac{10\,000}{4 H}, \quad (\text{m})$$

kde d_t — teoretická přibližovací vzdálenost v m,

H — hustota odvozních cest v m na ha.

Geometrická přibližovací vzdálenost vyjadřuje průměrnou vzdálenost přibližování dřeva nejkratší drahou od pařezu k odvozní cestě. Závisí na rozmístění odvozních cest po zpřístupňovaném území a má větší hodnotu než teoretická přibližovací vzdálenost. Prakticky se zjišťuje

aritmetickým průměrem nejkratší vzdálenosti těžišť čtverců o ploše 10 ha rozložených po zpřístupňovaném území od odvozních cest

$$d_g = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n}, \quad (\text{m})$$

kde d_g — geometrická přibližovací vzdálenost v m,
 $d_1 - d_n$ — nejkratší vzdálenosti těžišť čtverců o ploše 10 ha rozložených po zpřístupňovaném území od nejbližších odvozních cest v m,
 n — počet těžišť čtvercových ploch umístěných na zpřístupňovaném území.

Skutečná přibližovací vzdálenost je dráha, kterou by projely dopravní prostředky (kůň, traktor, lanovka) při soustřeďování dřeva od pařezu k odvozní cestě. Její průměr se zjišťuje pomocí čtvercové sítě rozložené po zpřístupňovaném území obdobně jako u geometrické přibližovací vzdálenosti s tím rozdílem, že se měří jednotlivé přibližovací dráhy po konkrétních přibližovacích cestách a linkách. Skutečná přibližovací vzdálenost je větší než geometrická

$$d_s = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}, \quad (\text{m})$$

kde d_s — skutečná přibližovací vzdálenost v m,
 $d_1 - d_n$ — vzdálenosti těžišť čtverců o ploše 10 ha rozložených po zpřístupňovaném území a měřených po konkrétních přibližovacích cestách a linkách v m,
 n — počet těžišť čtvercových ploch.

Pro uvedené přibližovací vzdálenosti platí závislost:

$$d_t < d_g < d_s.$$

Mezi skutečnou a geometrickou přibližovací vzdáleností existují závislosti, odvozené z členitosti terénu. V rovině a do sklonu terénu 15 % lze přibližně vyjádřit tento vztah (B e n e š 1958) takto:

$$d_s = d_g \cdot \sqrt{2}.$$

Ve sklonech terénu nad 15 % se předpokládá přibližování traktorem po přibližovací cestě s průměrným sklonem 15 % a rovnice nabývá tvaru:

$$d_s = d_g \cdot \frac{I}{15} \cdot \sqrt{2}, \quad (\text{m})$$

kde d_s — skutečná přibližovací vzdálenost v m,
 d_g — geometrická přibližovací vzdálenost v m,
 I — sklon spádnice zpřístupňovaného svahu v ‰ — předpoklad $I > 15 \text{ ‰}$.

Účinnost sítě odvozních cest. S pojmem účinnosti sítě odvozních cest seznámil lesnickou veřejnost B a c k m u n d (1968). Vylišil ve zpřístupňovaném území plochy zpřístupněné teoretickou přibližovací vzdáleností a ostatní plochy považoval za nepřístupné. Účinnost cestní sítě vyjádřil procentem zpřístupnění

$$Z = \frac{S_z}{S_c} \cdot 100, \quad (\%)$$

kde Z — stupeň zpřístupnění lesa v ‰,
 S_z — plocha teoreticky zpřístupněná v ha,
 S_c — celková plocha zpřístupňovaného území v ha.

Takto prokázal účinnost odvozních cest ve zkoumaném území v rozmezí 50—80 %.

Vyjádřování teoreticky zpřístupněné a nezpřístupněné plochy v uváděném výzkumném řešení se ukázalo problematické a náročné na pracovní čas. Proto bylo použito k vyjádření účinnosti zpřístupnění lesa výrazu:

$$Z = \frac{d_t}{d_g} \cdot 100, \quad (\%)$$

kde Z — účinnost zpřístupnění konkrétního lesního území sítí odvozních cest v %,

d_t — teoretická přibližovací vzdálenost v m,

d_g — geometrická přibližovací vzdálenost v m.

Kvantitativní vyjádření členitosti terénu ve zpřístupňovaném území. Členitost terénu výrazně ovlivňuje potřebný tvar a hustotu lesní dopravní sítě, úroveň použitých projekčních parametrů a pořizovací náklady výstavby lesních cest.

Vliv členitosti terénu na zpřístupnění lesa je možno nejlépe znázornit na řešení zpřístupnění povodí toků o malé plošné výměře (300 až 600 ha).

Pro kvantitativní vyjádření členitosti povodí bylo použito ukazatelů podle Bližnjaka (1952), používaných ve vodohospodářských studiích. Podrobný popis metodiky je uveden v publikaci Beneš (1973).

Vliv soustřeďovacího prostředku na uspořádání dopravní sítě. Každá dopravní síť je budována z hlediska předpokládaných parametrů dopravních prostředků, které ji budou využívat. Pro odvoz dřeva jsou používány běžně vyráběné nákladní automobily přizpůsobené dopravě dřeva. Parametry odvozních cest jsou platnou normou přizpůsobeny používaným odvozním soupravám a nepředpokládá se podstatná změna tohoto systému v dohledné době.

Pro soustřeďování dřeva slouží převážně lesnický univerzální traktor, jen výjimečně se zatím používá různých lanových systémů. Dřevo z předmytních a nahodilých těžeb je většinou soustřeďováno koňmi.

Traktor je považován v lesnické praxi za nejvýhodnější soustřeďovací prostředek vzhledem k racionalizaci práce, všestranné použitelnosti, s nejnižším provozním nákladem na soustřeďování. Pohybuje se převážně po přibližovacích cestách se zajížděním do porostů. Speciální lesnický traktor je schopen pojíždět po neupraveném terénu do podélného sklonu 40 %. Z hlediska ekologického je traktor považován za nejméně přijatelný přibližovací prostředek vzhledem k devastaci lesních půd, potřebě přibližovacích cest, úniku olejů a nafty, poškozování stojících porostů aj. (Douda 1981).

Stavba přibližovacích cest pro traktorové soustřeďování dřeva je z hlediska ochrany lesní půdy a vodní eroze nežádoucí. Používání traktorů k soustřeďování předmytních těžeb způsobuje nadměrné škody na lesních porostech a lesní půdě.

Podle závěrečné zprávy výzkumu (Beneš 1980) je nejvýhodnější použití traktorů k soustřeďování dřeva na přibližovacích linkách vedených po spádnicí na neodhumusované lesní půdě. Předpokladem použití traktorového soustřeďování dřeva je únosný terén bez překážek (viz klasifikace terénu v lesních hospodářských plánech, Drtikol 1977).

Přípustná délka přibližovací linky závisí na sklonu terénu, únos-

nosti zemin a jejich odolnosti proti erozi a srážkovému úhrnu. Z hlediska bezpečnosti práce a eroze lesní půdy se nedoporučují podélné sklony přibližovacích linek nad 25 %. Vzájemná vzdálenost linek by se měla pohybovat v rozmezí 60—100 m vzhledem k dosahu soustředovacího lana a obtížnosti jeho zatahování do porostu. Předpokládá se pohyb traktoru pouze po přibližovací lince, aby se zabránilo nadměrné devastaci lesní půdy. Směr jízdy traktoru s nákladem by měl být orientován po spádu a jen výjimečně proti spádu, což vyvolává zvýšenou devastaci traktorové linky záběrem dezénů kol a nepoměrně větší spotřebou pohonných hmot. Délka traktorových linek by neměla překračovat 500 m (Beneš 1980).

Pro zpřístupňování neúnosných a nesjízdných terénů, jakož i terénů se sklonem spádní nad 25 % se doporučuje používání lanových systémů pro soustřeďování dřeva. Předpokládá se vedení přibližovacích linek po spádnici při jejich maximální délce 500 m a vzájemné vzdálenosti 60 m. Tyto údaje vyplývají z technických parametrů používaných lanovek a z výsledků jejich praktického použití. Lanovkové soustřeďování dřeva možno pokládat za nejšetrnější dopravní způsob vůči lesní půdě, porostům a vodohospodářským poměrům zpřístupňovaných lokalit.

Použití koňského potahu k soustřeďování dřeva se považuje za účinný doplňující dopravní způsob, zejména pro těžby předmýtní a nahodilé ve většině přírodních poměrů s vyloučením zcela neúnosných půd, skalních výchozů a příkrých sklonů terénu (nad 50 %). Pro výlučné použití koňských potahů není žádné lesní území klasifikováno vzhledem k teoretické možnosti použití lanovek pro soustřeďování dřeva ve všech terénních poměrech.

Práce koňského potahu je v poslední době nahrazována pohyblivými navijáky (mechanický kůň). Tato technologie se zatím neprosadila ve větším měřítku.

Závislost projekčních parametrů na morfologii terénu. Uvedená závislost byla řešena v dřívějších výzkumných pracích (Beneš 1973, 1974). Z dosud uskutečněných prací vyplynuly pro řešený problém tyto závěry:

a) Lesní cesty je možno projektovat v terénech s maximálním sklonem spádní 50 %. V příkrřejším území vznikají nadměrné náklady na výstavbu a dochází k neúměrné devastaci lesní půdy. Optimální sklon terénu v příčném řezu cesty je 15—25 %.

b) V rovinách nezávisí vedení tras lesních cest na tvaru terénu, ale řídí se zpravidla tvarem zpřístupňovaného území, místními překážkami v trase, jako jsou vodní toky a veřejné komunikace, a hospodářskými zájmy lesníků.

c) V pahorkatinách je ekonomicky a ekologicky výhodnější výstavba odvozních cest ve svazích proti trasám údolním a hřebenovým. Základní tendencí vedení tras je dosažení stavu, při kterém se plánuje přibližování dřeva (k odvozní cestě traktory ve směru gravitace z náhorní plošiny a přilehlých svahů a lanovými systémy proti směru gravitace, zpravidla z příkrřejších svahů nad údolním dnem.

d) Horské svahy mají přibližně vyrovnanou sklonitost od údolí po náhorní plošinu. Části svahu s menším terénním sklonem jsou rozloženy nepravidelně v horských svazích, takže umístění etážové cesty zpravidla nezávisí na volbě vhodného sklonu svahu (spádnice) a je jí možno

umísťovat podle optimalizace přibližovacích vzdáleností a jiných spolupůsobících činitelů.

Souvislost dopravní sítě s lesní rozdělovací sítí. Účelné a ekonomické nasazení mechanizačních prostředků vyžaduje i vytvoření vhodných provozně technických i hospodářských předpokladů. Tuto skutečnost vyjádřil v předstihu Doležal (1956), který se podrobně zabýval problematikou prostorového rozdělení lesa. V práci Prostorová úprava lesa (1956) uvádí: „Biologické a ekonomické požadavky lesního hospodářství nelze splnit bez vytvoření technických předpokladů, tj. bez dopravních cest a mechanizačních prostředků“.

Při obnově LHP ŠLP Křtiny v letech 1979—1983 došlo k radikální změně lesní rozdělovací sítě (Truhlář 1983), s využitím přirozených terénních předělů (hřebeny, údolí, lesní cesty) při respektování těchto zásad: a) vytvořit pokud možno produkčně jednotné hospodářské jednotky; b) vytvořit plošné celky s jednotnou těžební technologií, především oddělit terény s převážně lanovkovým způsobem soustřeďování dřeva od terénů traktorových; c) zajistit v maximální míře těžební a dopravní samostatnost vytvářených hospodářských jednotek (oddělení); d) jako rozdělovacích linií využít v maximální míře dnešní a nově navrženou dopravní síť; e) nově navrhované rozdělovací linie volit tak, aby mohly být v budoucnu co nejvíce využity k dopravním účelům, tj. trasovat je v parametrech odvozních cest podle ON 73 61⁷⁸.

Nové rozdělení lesa na území ŠLP Křtiny o ploše 10 815 ha si vyžádalo trasování cca 100 km nových cest. Trasy byly prokáceny ve standardní šířce a budou postupně budovány jako odvozní cesty (Beneš 1983).

Počet oddělení při novém rozdělení lesa poklesl z 680 na 280 a jejich průměrná plocha se zvýšila z 15,52 ha na 38,00 ha.

Obdobně jako v pahorkatinách je možno využít systematicky trasované cestní síť pro rozdělení horských lesů. Např. etážové cesty v horských stráních vedené zhruba ve 2/3 šířky svahu nad údolím mohou les nejen zpřístupnit, ale i rozdělit na jednotky (oddělení) s různými přírodními poměry.

NÁVRH OPTIMALIZACE LESNÍ DOPRAVNÍ SÍTĚ

Pro získání objektivního přehledu o přírodních poměrech, zejména morfologii terénu, na území ČSR bylo zvoleno 37 povodí o průměrné ploše 524 ha a celkové ploše 19 389 ha. Průzkum byl uskutečněn především v horském a pahorkatinném území, kde je problematika návrhu lesní dopravní sítě nejožehavější. Rovinné území je prezentováno náhorní plošinou Českomoravské vrchoviny s průměrným sklonem svahů 8,5 %. Typickou pahorkatinu představují povodí vybraná v Dražanské vrchovině (tabulka I). Je to území se zaříznutými, strmými a členitými údolími, příkrými bočními svahy, které přechází do náhorních plošin. Průměrný sklon terénu tu činí 16,0 %.

Největší pozornost byla věnována horskému území, které je možno podle geologických poměrů rozdělit na flyšové pásmo (Moravskoslezské Beskydy, Bílé Karpaty) a krystalinikum (Jeseníky, Orlické hory, Krkonoše a Šumava).

I. Zhodnocení současného stavu a návrhu odvozních cest ve vybraných územích. — regions

Pořadové číslo	Geografický útvar	Lesní závod	Povodí	Hodnoty morfologických				
				plocha povodí	průměrná nadmořská výška	Ø sklon povodí	Ø sklon terénu	hustota vodních toků
				ha	m	%	%	m najha
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Českomoravská vrchovina	Nové Město na Mor.	Spálená paseka	448	693	7,9	7,5	8,5
2			Koskovice	288	727	12,8	7,8	12,5
3			Řásník	327	603	12,8	11,5	6,1
4			Blatka	331	765	7,1	8,2	6,8
5			Smuch	325	768	6,0	7,4	6,8
Aritmetický průměr				344	711	8,0	8,5	8,1
6	Bílé Karpaty	Brumov	Štěpánský potok	408	554	22,6	25,3	25,3
7			Cigán	286	655	21,3	22,9	18,2
8			Bošačky	438	515	14,7	21,2	19,2
Aritmetický průměr				377	575	19,5	23,1	20,9
9	Drahanská vrchovina	ŠLP VŠZ	Útěchovský potok	375	365	14,0	18,3	23,2
10			Vranovský potok	180	382	20,6	22,1	23,7
11			Josefovský potok	670	426	9,0	10,5	16,2
12			Babický potok	424	380	12,6	13,0	16,9
Aritmetický průměr				412	390	10,9	16,0	20,0
13	Jeseníky	Janovice	Kotelní potok	698	1079	22,8	26,2	8,3
14			Volárka	414	1089	30,6	23,6	10,4
15			Moravice	756	1110	26,9	29,2	8,4
16		Loučná	U tří potoků	420	932	40,2	29,7	13,8
17			Jelení potok	478	932	37,7	28,8	16,0
Aritmetický průměr				553	1028	31,6	27,5	11,4

Výběr byl veden snahou o postihnutí charakteristických tvarů území se zřetelem na jeho geologický vývoj a půdní i klimatické poměry.

Podrobně bylo prozkoumáno 12 povodí (tabulka II) o celkové ploše 6573 ha a průměrné ploše 548 ha. Na tomto území byla uskutečněna podrobná inventarizace lesních cest odvozních a přibližovacích, včetně

veličin					Současný stav dopravní sítě				Návrh zpřístupnění			
nerovnost vodních toků	rozvětvenost vodních toků	členitost střední vrstevnice	členitost rozvodnice	členitost terénu	souč. hustota odvozních cest	teoretická přibližovací vzdálenost	geometrická přibližovací vzdálenost	poměrné zpřístupnění lesa	hustota odvozních cest	teoretická přibližovací vzdálenost	geometrická přibližovací vzdálenost	poměrné zpřístupnění lesa
koeficienty					m na ha	m	m	%	m na ha	m	m	%
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,07	1,00	1,24	1,30	2,11	14,5	173	290	59	20,0	125	134	93
1,12	1,25	1,11	1,12	2,80	17,0	147	218	67	15,3	163	169	96
1,07	1,00	1,28	1,27	2,83	17,4	144	205	70	15,6	160	187	86
1,04	1,00	1,19	1,13	1,96	16,9	148	211	70	16,0	156	169	93
1,12	1,05	1,14	1,13	1,82	13,2	189	232	81	16,0	157	175	89
1,08	1,06	1,19	1,19	2,30	15,8	160	231	69	16,6	152	167	91
1,12	3,95	1,35	1,17	4,67	16,2	155	286	54	24,9	101	169	60
1,11	2,52	1,11	1,12	4,20	12,1	207	309	67	17,8	140	152	92
1,09	3,00	1,34	1,21	3,40	11,9	271	354	77	18,5	135	150	90
1,11	3,16	1,27	1,17	4,09	13,4	211	316	66	20,4	125	157	81
1,14	2,45	1,70	1,28	3,34	19,2	126	195	65	24,3	103	146	70
1,60	1,78	1,55	1,24	4,27	24,7	101	162	62	20,8	120	136	65
1,53	2,57	1,75	1,29	2,77	19,0	132	210	63	17,8	141	175	80
1,09	3,20	1,38	1,28	3,15	19,0	132	229	58	23,6	106	152	70
1,34	2,50	1,60	1,27	3,38	20,6	123	199	62	21,6	118	152	71
1,29	1,22	1,35	1,33	4,37	4,8	521	696	75	14,8	169	174	97
1,06	1,21	1,29	1,26	5,57	8,2	304	594	51	16,3	153	179	86
1,08	1,31	1,35	1,27	4,91	7,5	332	936	35	19,5	128	193	66
1,13	1,60	1,29	1,29	6,84	23,7	106	178	59	23,1	108	138	79
1,52	2,93	1,23	1,14	6,75	27,2	92	165	56	24,0	104	151	69
1,22	1,65	1,30	1,26	5,69	14,3	271	514	55	19,5	132	167	79

zjištění erozních ploch, tj. cestních ploch, které nejsou zpevněny, zatravněny nebo chráněny lesním porostem, takže podléhají vodní erozi. Účelem této inventarizace je bilance ploch užívaných a potřebných pro tvorbu lesní dopravní sítě a zjištění potenciální eroze lesní půdy.

V tabulce I jsou sestaveny hodnoty morfologických veličin, současný

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
18	Moravsko-slezské Beskydy	Ostravice	Řehucí	371	877	33,4	36,9	15,0	
19			Vilčok	240	740	20,9	21,7	38,7	
20			Jatný potok	352	915	41,1	41,6	9,0	
21			Poledňanka	244	675	19,8	27,1	19,3	
22			Řičky	237	746	19,0	22,9	28,7	
23		Rožnov p. R.	Ráztoka	207	1023	34,3	46,2	11,5	
Aritmetický průměr				275	839	28,1	32,7	20,4	
24	Orlické hory	Žamberk	Luisino údolí	1957	879	10,9	10,5	18,7	
25			Řičky	1271	835	11,5	18,4	11,3	
26		Rychnov n. Kn.	Deštné	908	948	11,0	19,8	12,6	
Aritmetický průměr				1379	887	11,1	19,0	11,5	
27	Šumava	Prachatice	Bobík	254	981	21,4	16,7	36,0	
28		Kdyně	Česká Kubice	538	798	21,0	23,8	4,7	
29		Železná Ruda	Nová Říše	902	1001	14,1	14,2	8,0	
30		Kašperské hory	Modrava	400	1249	11,9	9,6	15,7	
31		Rejštejn	716	944	18,2	12,0	11,2		
Aritmetický průměr				562	994	17,3	15,3	15,1	
32	Krkonoše	Harrachov	Kamenica	572	939	24,9	19,2	11,2	
33		Horní Maršov	Klausevovo údolí	459	965	31,2	31,2	9,6	
34			Jelení potok	684	1235	25,6	26,7	14,7	
35			Malá Úpa	602	1026	20,8	15,0	17,9	
36			Černá v.	530	1019	21,6	14,7	14,6	
37		Harrachov	Koželský potok	681	982	27,8	31,8	10,5	
Aritmetický průměr				588	1028	25,32	20,65	13,1	

stav dopravní sítě a optimální návrh zpřístupnění. Výzkum sledoval závislosti současného stavu a ideálního návrhu cestní sítě na hodnotách koeficientů vyjadřujících tvar terénu.

Návrh optimální cestní sítě byl podřízen zásadám, zjištěným v dříve uveřejněných výsledcích výzkumu (Beneš 1973, 1974, 1978, 1980, 1983): a) cesty mohou být trasovány s max. podélným sklonem 10 %; b) kde je to možné, trasují se cesty v optimálním podélném sklonu, tj. 5–8 %; c) vzájemná vzdálenost odvozních cest nemá překročit 1000 m; d) přibližovací linky mají být trasovány po spádnicí, pokud možno bez protispádu; e) stavba přibližovacích cest se vylučuje, kromě těch, které budou v budoucnu upraveny na cesty odvozní; f) rozložení odvozních cest po zpřístupňovaném území má dosáhnout maximální hodnoty po-

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	1,06	1,81	1,19	1,24	5,85	28,0	89	132	67	24,2	103	161	64
	1,11	3,34	1,54	1,25	4,40	8,8	284	417	68	32,5	77	104	74
	1,07	1,00	1,24	1,20	6,85	26,7	94	143	66	29,5	85	140	61
	1,05	1,52	1,77	1,26	4,04	14,3	175	369	47	25,0	100	167	60
	1,06	4,00	1,34	1,18	4,14	11,8	212	319	66	28,7	87	126	69
	1,08	1,20	1,27	1,09	5,90	24,2	103	141	73	24,2	103	141	73
	1,07	2,15	1,39	1,20	5,20	18,5	183	288	65	28,0	90	140	66
	1,23	3,09	1,39	1,31	2,94	17,7	141	238	59	19,6	128	161	79
	1,18	2,75	1,46	1,22	2,96	19,3	128	258	50	19,3	129	185	70
	1,05	2,13	1,26	1,26	2,71	24,0	104	179	59	17,7	141	186	76
	1,15	2,66	1,37	1,26	2,87	20,3	124	224	56	18,9	133	177	75
	1,05	4,54	1,06	1,18	4,48	18,2	137	193	71	20,5	122	133	92
	1,06	1,30	1,10	1,08	3,95	15,4	160	296	54	17,0	147	174	85
	1,17	1,98	1,19	1,19	3,14	14,8	168	250	67	16,2	154	203	76
	1,09	2,64	1,27	1,03	2,89	13,5	185	253	73	19,1	131	145	90
	1,44	1,42	1,18	1,22	3,73	19,2	130	213	61	18,0	139	181	77
	1,16	2,38	1,16	1,14	3,64	16,2	156	341	65	18,1	139	167	84
	1,24	1,21	1,46	1,43	4,70	13,6	145	278	52	21,8	115	142	94
	1,09	1,13	1,33	1,34	5,50	17,8	183	381	48	24,0	104	173	54
	1,70	2,08	1,52	1,11	4,70	15,1	140	237	59	24,6	102	149	64
	1,16	2,93	1,49	1,24	4,36	18,3	165	270	61	21,5	116	155	71
	1,23	2,24	1,60	1,23	4,39	17,9	136	256	53	20,5	122	167	69
	1,06	1,55	1,30	1,34	5,05	19,2	130	265	49	21,3	117	169	66
	1,25	1,86	1,45	1,28	4,78	16,6	149	281	53	20,7	113	166	70

měrného zpřístupnění lesa, tj. má být nejúčinnější; g) plocha lesa zabraná lesními cestami, má být co nejmenší; h) síť lesních cest má vylučovat předpoklady potenciální eroze lesní půdy; ch) průměrná geometrická přibližovací vzdálenost má být ve všech gravitačních územích přibližně stejná (cca 150 m).

VZTAHY MEZI MORFOLOGIÍ TERÉNU A LESNÍ DOPRAVNÍ SÍTÍ

Posouzení morfologických veličin a jejich vztahů k dopravní síti ve sledovaných geografických lokalitách

Jak vyplývá z tabulky I, existují zákonité vztahy mezi členitostí te-

II. Výsledky inventarizace lesních cest ve vybraných územích a návrh na uspořádání project of forest road network

Pořadové číslo	Oro- grafický celek	Gravitační území	Výměra	Hustota cest			Plocha cest		
				odvozní	přibližovací	celkem	odvozní	přibližovací	celkem
				ha	m na ha	m na ha	m na ha	ha	ha
1	Drahan- ská vrcho- vina	Josefovský potok	652	28,00	46,06	74,06	13,58	12,82	26,40
2		Útěchovský potok	322	24,94	70,79	95,73	5,62	8,37	13,99
3		Babický potok	331	25,09	76,19	101,28	6,06	10,27	16,33
4		Vranovský potok	179	37,10	65,27	102,37	5,25	5,47	10,72
Plošně vážený průměr			371	28,23	60,48	88,71	9,17	10,40	19,57
5	Českom.	Žebrakovský potok	387	12,50	100,0	112,50	2,30	11,60	13,90
6	Orlické hory	Luisino údolí	1957	17,73	18,23	35,96	33,84	17,87	51,71
7		Říčky	1271	19,34	10,69	30,03	22,87	6,13	28,0
Plošně vážený průměr			1614	18,53	14,46	32,99	29,52	13,25	42,37
8	Beskydy	Vilčok	243	8,83	39,85	48,68	1,76	4,16	5,94
9		Řehucí	365	35,29	16,67	51,86	9,25	3,22	12,47
10	Bílé	Červík	184	18,48	29,45	47,93	4,15	3,01	7,16
11	Karpaty	Malá Ráztoka	206	24,18	—	24,18	6,97	—	6,97
12		Štěpánský potok	476	14,40	42,11	56,51	6,78	13,20	19,90
Plošně vážený průměr			295	20,51	32,52	48,48	6,26	7,12	12,36

rénu a potřebnou hustotou lesních cest. Optimální hustota odvozních cest se pohybuje od 16,6 m na ha (Českomoravská vrchovina) do 28,0 m na ha (Moravskoslezské Beskydy), přičemž geometrická přibližovací vzdálenost pro navržené zpřístupnění je u všech sledovaných celků přibližně stejná (rozmezí 140—177 m).

Zvýšená potřebná hustota lesních odvozních cest v horách je vynucena výstavbou spojovacích cest mezi údolními a etážovými cestami, které překonávají výškové rozdíly terénu a mají malý význam pro zpřístupnění lesa.

Členitost území, zejména délka vrstevnic, nerovnost vodních toků, jejich hustota a rozvětvenost podstatně zvyšují potřebnou hustotu odvozních cest.

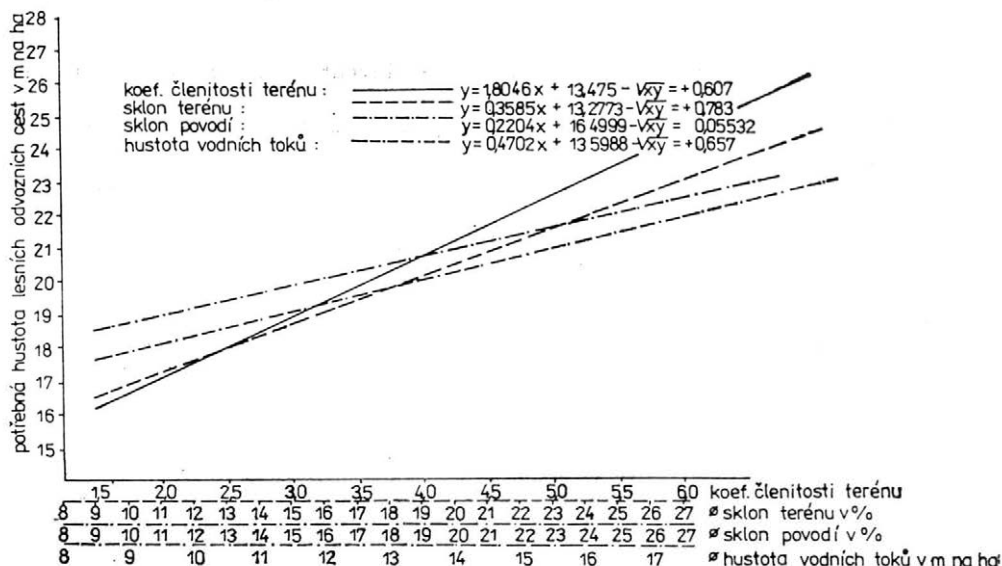
Na obr. 1 jsou uvedeny závislosti potřebné hustoty lesních odvozních

Podíl cest na ploše gravit. území			Erozní plocha cest. sítě		Koeficient tvaru terénu	Poměrné zpřístup- nění lesa	Navrhovaná hus- tota lesních cest	Navrhovaný podíl cest na gr. území	Navrhované poměrné zpřístupnění lesa	Přibližovací vzdálenost geometrická	
odvozní	přibližovací	celkem	výměra	podíl						současná	navrhovaná
%	%	%	ha	%						m	m
2,08	1,97	4,05	14,85	2,27	2,77	63	17,8	1,26	80	210	145
1,75	2,59	4,34	6,49	2,01	3,34	65	24,3	1,72	70	195	146
1,83	3,10	4,93	4,19	1,26	4,27	58	23,6	1,72	70	229	152
2,95	3,05	6,00	5,59	3,11	4,27	62	20,8	1,72	65	162	136
2,12	2,37	4,49	9,54	2,00	3,41	62	20,9	1,60	73	205	146
0,59	3,00	3,59	1,22	0,32	1,82	62	16,0	0,76	89	333	205
1,72	0,91	2,63	12,13	0,62	2,94	59	19,6	2,10	79	238	161
1,79	0,48	2,27	8,38	0,66	2,96	50	19,3	2,40	70	258	189
1,75	0,69	2,45	10,65	0,64	3,66	55	22,0	2,30	79	236	145
0,71	1,71	2,42	3,12	1,29	4,40	45	32,5	3,50	74	626	104
2,53	0,88	3,41	4,64	1,27	5,85	67	24,2	2,60	64	132	161
2,25	1,63	3,88	5,27	2,86	4,49	50	21,3	2,40	91	258	128
3,38	—	3,38	2,71	1,72	5,90	73	24,2	3,40	73	140	140
1,42	2,17	3,59	8,26	1,32	4,67	54	24,9	2,50	60	286	169
1,96	1,63	3,36	5,37	1,55	5,07	58	25,4	2,88	69	280	147

cest na morfologických veličinách terénu, tj. koeficientu členitosti terénu, průměrném sklonu terénu, sklonu povodí a hustotě vodních toků. K vytvoření závislostí byly použity plošně vážené průměry zjištěných veličin v jednotlivých geografických celcích.

Při konstrukci závislostí byl zjištěn značný rozptyl jednotlivých bodů vyjadřujících závislost hustoty cest na morfologických veličinách. Jejich přímkové vyrovnání však prokazuje vzrůst potřebné hustoty s růstem vyjádřené veličiny.

Nejvýznamnější je závislost hustoty na koeficientu členitosti terénu, který vyjadřuje komplex morfologických ukazatelů. Podle této veličiny lze sledovaná území seřadit podle obtížnosti tvorby lesní dopravní sítě, i když jsou patrné značné výkyvy v předpokládané optimální hustotě lesních cest jako např. poměrně nízká požadovaná hustota



1. Závislost potřebné hustoty odvozních lesních cest na morfologických veličinách terénu. — Relation of the required density of forest hauling roads to the morphological characteristics of the terrain

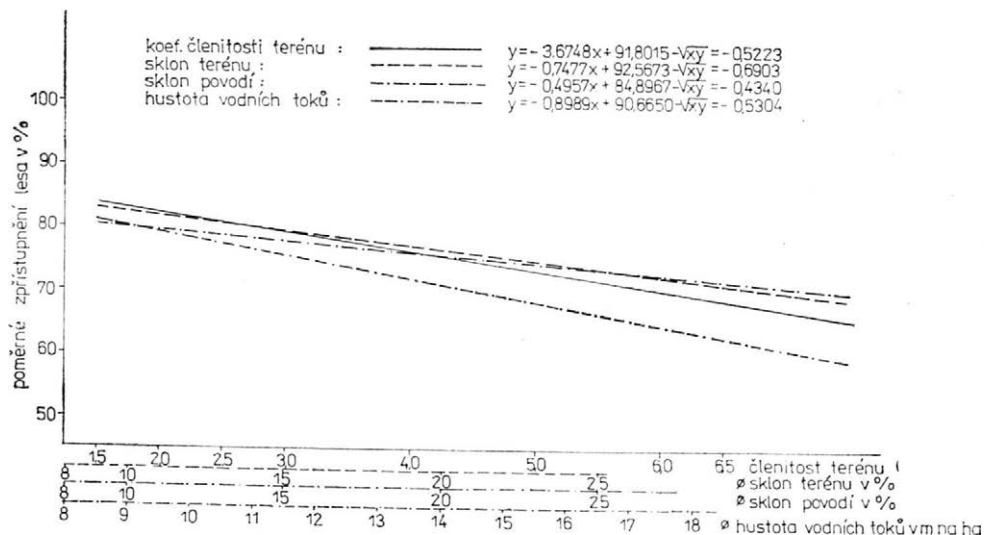
odvozních cest v Jeseníkách při nejvyšší hodnotě koeficientu členitosti terénu, což je ovlivněno jinými faktory, zejména tvarem povodí a vyrovnaností svahových sklonů.

Z popisu grafu na obr. 1 vyplývá poměrně nízký korelační koeficient r_{xy} pohybující se v rozmezí od +0,5534 (Ø sklon povodí) do +0,783 (Ø sklon terénu). Lze to vysvětlit tím, že průměrný sklon povodí klesá s velikostí povodí a plocha zvolených povodí se liší v rozmezí od 180 ha (Vranovský potok) do 1957 ha (Luisino údolí).

V pahorkatině, reprezentované Dražanskou vysočinou, je předpokládána optimální hustota odvozních cest přibližně stejná jako ve většině horských lesů a pohybuje se kolem 20 m na ha. Nadměrně vysoká optimální hustota cest (28 m na ha) je požadována pro území Moravskoslezských Beskyd v oblasti Lysé hory, Smrku a Kněhyně. Je to možno vysvětlit zvláštním tvarem terénu flyšového pásma vyznačujícím se vysokým sklonem spádnic (Ø 32,7 %), hustou vodní sítí (20,4 m na ha) uspořádanou nepříznivě pro trasování lesních cest a častou změnou sklonu spádnic, což není vyjádřeno v použitých morfologických veličinách.

Území pahorkatin vyžaduje pro standardní zpřístupnění poměrně vysokou hustotu odvozních cest proto, že je nutno zpřístupňovat oba břehy hlavního toku povodí samostatně, vzhledem k možnosti vyloučení přibližovacích cest a nutnému opuštění tradičního způsobu zpřístupnění údolní cestou. Svahové cesty v pahorkatinách a zvláště cesty trasované po náhorních plošinách pahorkatin mají z hlediska výstavby, údržby a použitých projekčních parametrů mnohé přednosti proti cestám údolním, které jsou omezeny spádově a směrově tvarem údolí.

Na obr. 2 je vyjádřena závislost hodnoty poměrného zpřístupnění lesa na morfologických veličinách terénu. Je tu sledována dosažitelná účinnost cestní sítě v různých terénních tvarech sledovaných geografických celků. Hodnota dosažitelného průměrného poměrného zpřístup-



2. Závislost hodnoty poměrného zpřístupnění lesa na morfologických veličinách terénu. — Relation of the value of relative accessibility of the forest to the morphological characteristics of the terrain

nění lesa (účinnost cestní sítě) se pohybuje od 66 % (Moravskoslezské Beskydy) do 91 % (Českomoravská vrchovina). Současné průměrné hodnoty poměrného zpřístupnění jsou mnohdy nižší než navržené a pohybují se od 55 % (Jeseníky) do 61 % (Českomoravská vrchovina).

Závislost poměrného zpřístupnění na tvaru terénu má jednoznačnou tendenci. Čím složitější terén, tím nižší je dosažitelná účinnost cestní sítě. V grafech (obr. 2) je vyjádřena závislost zpřístupnění na koeficientu členitosti terénu, průměrném sklonu terénu, průměrném sklonu povodí a hustotě vodních toků. Koeficient korelace r_{xy} se pohybuje od $-0,4340$ (sklon povodí) do $-0,6903$ (sklon terénu). Menší závislost na průměrném sklonu povodí byla vysvětlena při rozboru závislosti hustoty cest na členitosti terénu. Průměrný sklon terénu je základní činitel ovlivňující uspořádání lesní dopravní sítě.

Statistická závislost tvaru terénu a současné hustoty a poměrného zpřístupnění lesa je vyjádřena velmi malým korelačním koeficientem cca $+0,2$ vzhledem k nejasnosti konceptu výstavby lesních cest a měnícím se poměrům a předpokladům k výstavbě lesních cest.

Roztřídění sledovaného lesního území podle terénních předpokladů výstavby lesní dopravní sítě

Náhorní plošiny pahorkatin. Podle údajů v tab. I je možno roztrždit a posoudit jednotlivá sledovaná horská a pahorkatinná území podle předpokladů pro výstavbu lesních cest. Nejjednodušším sledovaným útvarem jsou náhorní plošiny pahorkatin Českomoravské vrchoviny představované územím LZ Nové Město na Moravě, Telč, Jihlava, Jaroměřice, Znojmo aj. Průměrné sklony svahů v povodí jsou vyjádřeny hodnotou 8,5 % a ϕ koeficient členitosti terénu je nízký (2,3). Odvozní cesty je možno trasovat optimálními směry, aby se dosáhlo maximálního poměrného zpřístupnění lesa, jehož průměrná hodnota dosahuje 91 %.

Současná průměrná hustota odvozních cest ve sledovaném území činí 15,2 m na ha a velmi málo se liší od optimální hustoty (16,6 m na ha).

Průměrná hodnota poměrného zpřístupnění lesa činí 69 %, takže vybudované lesní cesty mají o 22 % menší účinnost než odvozní cesty optimálně rozložené po zpřístupňovaném území. Vysvětlení spočívá v tom, že mnohé cesty vznikly zpevněním starých cest pro koňské potahy, trasovaných podle různých předpokladů a pro různé cíle. Kromě toho je do odvozní sítě započítána síť veřejných komunikací, které vůbec nesledují lesnické aspekty. Každá křižovatka a každý malý rozestup odvozních cest snižují účinnost dopravní sítě.

Současná průměrná geometrická přibližovací vzdálenost (231 m) je o 28 % větší než uvedené optimum (160 m). Přibližovací linky v tomto terénně přístupném území je možno vést většinou po spádnicí, tj. nejkratší drahou k odvozní cestě, i když jsou mnohé přibližovací cesty zbytečně zakřivené.

Budování přibližovacích cest je v tomto území zcela zbytečné a každé odhumusování lesní půdy pro účely přibližování dřeva je z ekologického i ekonomického hlediska nepřipustné.

Hlavním přibližovacím prostředkem pro uvedená lesní území zůstává lesnický kolový traktor a jen výjimečně, tj. na lokalitách s neúnosným a nesjízdným podložím, nutno použít k soustřeďování dřeva lanových systémů. Skutečnou přibližovací vzdálenost lze přibližně vyjádřit:

$$D_s = D_g \cdot \sqrt{2},$$

kde D_s — skutečná přibližovací vzdálenost v m,

D_g — geometrická přibližovací vzdálenost v m.

Vztaženo na průměr geometrické přibližovací vzdálenosti, činila by skutečná $\varnothing$ přibližovací vzdálenost za optimálního řešení 236 m.

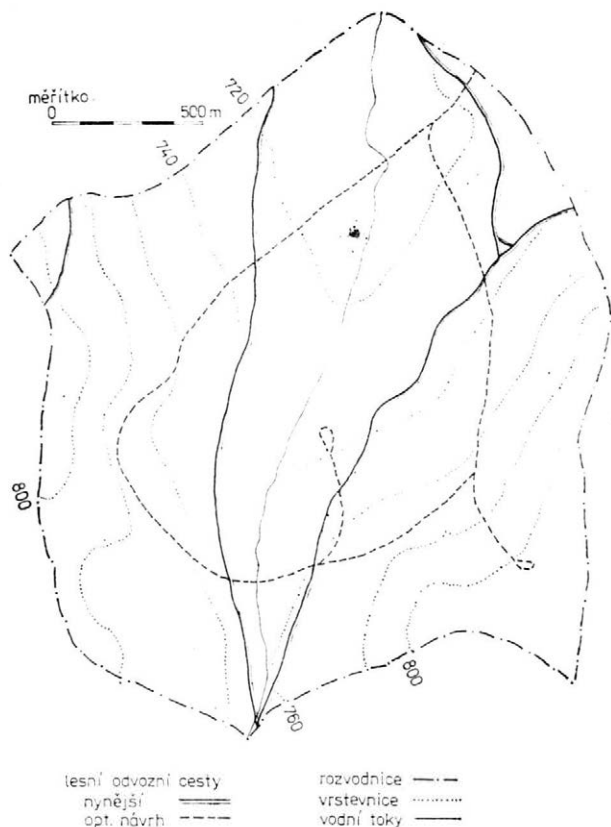
Jako příklad optimálního návrhu sítě odvozních cest je uvedeno zpřístupnění povodí Blatka — LZ Nové Město na Moravě (obr. 3). V povodí jsou příznivé morfologické poměry s komplexním vyjádřením členitosti terénu hodnotou 1,96 a s nízkou hustotou vodních toků 6,8 m na ha.

Současná hustota odvozních cest činí 19,9 m na ha, při průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 211 m. Příznivějším uspořádáním cest v návrhu optimálního zpřístupnění (obr. 3) je hustota odvozních cest snížena na 16,0 m na ha a účinnost cest (poměrné zpřístupnění lesa) zvýšena na 93 %, tj. jedna z nejvyšších dosažených účinností, což je vyjádřeno poklesem geometrické přibližovací vzdálenosti o 20 %.

Pahorkatiny. Jako typické území pahorkatin byla vybrána povodí v Dražanské vysočině na území ŠLP Křtiny. Jde o terénní tvar s členitými údolími, příkrými svahy nad údolním korytem a náhorními plošinami různého rozsahu. Do této kategorie terénu možno zařadit některá lesní území pahorkatin podle Svitavy, Svratky, Sázavy, Dyje, Jihlavy apod.

Průměrný sklon terénu ve zkoumaném území činí 16 %, při vysoké hustotě vodních toků 20 m na ha. Celková členitost terénu je vyjádřena koeficientem 3,38, který je poměrně nízký, vzhledem k nízkému dominantnímu činiteli morfologie terénu, tj. sklonu povodí (10,9 %).

3. Návrh zpřístupnění povodí Blatka. — Project of the accessibility of the Blatka catchment area

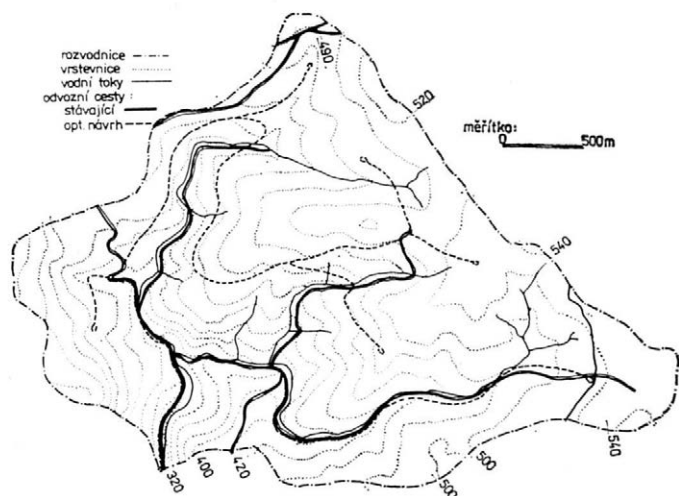


Hustota současné sítě odvozních cest je poměrně vysoká (20,6 m na ha) a téměř se neliší od žádané optimální hustoty 21,6 m na ha. Odvozní cesty jsou převážně trasovány údolím a po náhorních plošinách poblíž rozvodnic. Malá účinnost odvozních cest (průměr 62 %) je způsobena členitostí údolí a poměrně malými plochami sběrných území odvozních cest vzhledem k malé vzdálenosti mezi údolím a rozvodnicí. Současná poloha odvozních cest a současná technologie soustřeďování dřeva si vynucuje stavbu přibližovacích cest dozerem, což vyjadřuje její průměrná hustota (tabulka II) 60,48 m na ha. Tím vznikají velké ztráty lesní půdy a zvyšuje se hodnota potenciální vodní eroze.

Základní soustřeďovací prostředek v popisovaném území je lesnický kolový traktor, i když tu lze značnou část území vylišit pro lanovkové soustřeďovací technologie.

Optimální návrh cestní sítě sleduje výstavbu svahových a etážových cest a opouští jejich trasování údolím. Svahové a etážové cesty mnohem lépe vyhoví vpředu uvedeným zásadám. Umožní volbu optimálního podélného sklonu cesty a jejich výstavba je poměrně levnější a jednodušší vzhledem k příznivějším hydrologickým a půdním poměrům.

Etážové cesty v pahorkatinách umožní příznivější skladování soustřeďovaného dřeva než cesty údolní a jejich poloha zpravidla vytváří předpoklady traktorového soustřeďování dřeva po přibližovacích linkách vedených po spádnicí od hřebene k etážové cestě. V prostoru mezi etážovou cestou a údolím bývá příkrý sklon (nad 25 %), který vynucuje použití lanových systémů pro antigravitační soustřeďování dřeva.



4. Návrh zpřístupnění gravitačního území Josefovského potoka. — Project of the accessibility of the gravitational territory of the Josefůvský creek

Návrh optimálního zpřístupnění vylučuje výstavbu přibližovacích cest a předpokládá jejich nahrazení přibližovacími linkami vedenými po spádnicí k odvozní cestě v přibližné vzájemné vzdálenosti 60 m.

Jako příklad optimálního zpřístupnění povodí v pahorkatině bylo vybráno gravitační území Josefovského potoka v povodí Svitavy na ŠLP Křtiny (obr. 4). Území vykazuje průměrný koeficient členitosti terénu 2,77 % a hustotu vodních toků 16,2 m na ha, což vyjadřuje průměrné morfologické poměry lesního území ČSR.

Současná hustota odvozních cest činí 19,0 m na ha při $\varnothing$ geometrické přibližovací vzdálenosti 210 m. Hustota optimalizované cestní sítě je 17,8 m na ha při průměrné geometrické přibližovací vzdálenosti 175 m. Účinnost odvozních cest vzroste ze současných 63 % na 80 %.

Etážové cesty jsou doplňovány odbočkami po pahorkatinných hřebtech, aby se vyhovělo požadavkům o maximální přípustné soustředovací vzdálenosti.

Horská území. Zkoumaná horská území (tabulka I) je možno rozdělit podle morfologických ukazatelů do dvou skupin. Do první lze zařadit Orlické hory a Šumavu s průměrným sklonem svahů do 20 % a s maximálním koeficientem tvaru terénu 4,0 m. Do této skupiny je možno začlenit kromě uvedených pohoří také Krušné hory, Český les, většinu předhůří apod. Druhou skupinu terénně nejnepříznivějšího území z hlediska výstavby lesních cest tvoří pohoří Moravskoslezských Beskyd, Jeseníků, Jizerských hor, Krkonoš, části Bílých Karpat apod. Průměrný sklon svahů převyšuje 20 % a koef. členitosti terénu je větší než 4,0.

Horská území s příznivými hodnotami morfologických veličin. Z konkrétních morfologických veličin Orlických hor a Šumavy jsou zřejmě poměrně příznivé terénní poměry těchto horských pásem. Členitost terénu je tu určena historickým vývojem pohoří, především geologickým podkladem, stářím a hydrologickými poměry.

Průměrný sklon povodí Orlických hor 11,1 % a Šumavy 17,3 %, jakož i $\varnothing$ sklon terénu 19,0 % (Orlické hory) a 15,3 % (Šumavy), svědčí o příznivých poměrech pro trasování a stavbu lesních cest, což dokládají $\varnothing$ hodnoty koeficientů tvaru terénu [2,87 a 3,64].

Na obr. 5 je uvedeno povodí Řičky v Orlických horách pro znázornění typických poměrů horského území s příznivým tvarem terénu pro zpřístupnění.

Základní hodnoty morfologických veličin povodí: Ø sklon povodí 11,5 %, Ø sklon terénu 18,4 % hustota vodních toků 11,3 m na ha, koef. tvaru terénu 2,96.

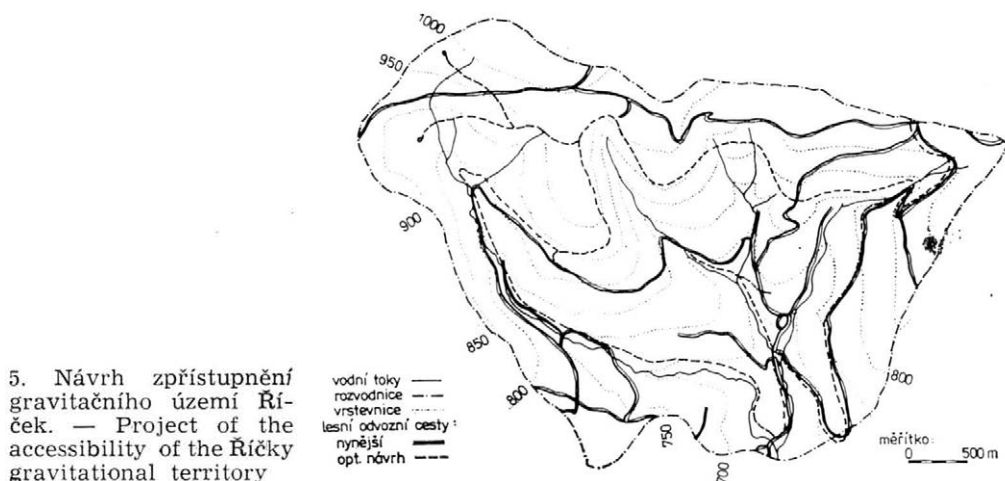
Současná hustota odvozních cest činí 19,3 m na ha při geometrické přibližovací vzdálenosti 362 m a hodnotě poměrného zpřístupnění lesa 50 %. Poměrně nízká účinnost odvozních cest je vysvětlována výstavbou některých cest ve zpřístupňovaném území k mimolesnickým účelům, zejména spojovacím.

Při podrobném průzkumu cestní sítě v roce 1975 bylo cca 25 % odvozních cest nesjízdných pro stavební závady, hluboké koleje a porušené cestní objekty (propusti, mosty).

Vzhledem k poměrně husté síti odvozních cest je v povodí pouze 10,7 m na ha cest přibližovacích, což je příznivé proti ostatním zkoumaným oblastem. Podrobně zjištěný podíl tzv. erozní plochy na tělese lesních cest činí 0,66 %, což je rovněž nejnižší hodnota v horských oblastech (viz 1,55 % v Beskydech). Cca 30 % přibližovacích cest je porušených tak, že je není možno používat k soustřeďování dřeva.

Základním přibližovacím prostředkem je lesnický kolový traktor, pro soustřeďování probírkového dřeva a nahodilých těžeb jsou používány koňské potahy. Přibližování dřeva probíhá po přibližovacích cestách, po rozdělovací síti a částečně po terénu. Většina přibližovacích cest vznikla nahodile podle potřeby okamžitého zpřístupnění porostů k těžbě a s ohledem na historický vývoj přibližování dřeva, terénní a porostní poměry. Podélný sklon přibližovacích cest je nevyrovnaný, tj. v některých úsecích vykazuje hodnoty nad 20 %, často přechází do protisklonu nebo trasa probíhá ve vodorovné, což má nepříznivé důsledky pro sjízdnost a údržbu těchto cest.

Návrh cestní sítě (obr. 5) zohledňuje všechny uvedené parametry. Především je dodržen optimální podélný sklon cest a jejich rovnoměrné rozdělení po zpřístupňovaném území. V návrhu je počítáno se stejnou hustotou odvozních cest, jaká je vykazována v současné době. No-



vým umístěním cest podle zásad vytvořených předkládaným výzkumem je snížena hodnota geometrické přibližovací vzdálenosti z 258 m na 185 m a hodnota poměrného zpřístupnění lesa zvýšena z 50 na 70 %, což může mít výrazný ekonomický přínos pro dopravní náklady a spotřebu pohonných hmot.

I v budoucnu se předpokládá použití traktoru jako základního soustředovacího prostředku a koňského potahu jako doplňkové soustředovací technologie. Pro zvládnutí soustředování dřeva na svazích se sklonem nad 25 % nutno počítat s použitím lanových soustředovacích systémů, které se mohou výhodně uplatnit i v menších sklonech přibližovacích linií, a to při přibližování dřeva proti spádu, což je při použití traktorů náročné na spotřebu pohonných hmot a údržbu linek. Antigra- vitační přibližování dřeva traktorem podstatně snižuje výkonnost a není je možno použít na sněhu a za deštivého počasí. Tato skutečnost vede současné lesní hospodáře k názoru, že údolní lesní cesty nejlépe vyhovují současné soustředovací technologii.

Horská území s nepříznivými morfologickými poměry. Ze sledovaných lokalit jsou typickými zástupci nepříznivých poměrů z hlediska zpřístupnění lesa a dopravy dřeva Jeseníky, Moravskoslezské Beskydy a Krkonoše. Do uvedené skupiny nelze zahrnovat před- hůří těchto horských pásem, které má zpravidla příznivé morfologické poměry. Moravskoslezské Beskydy bývají rozdělovány na Přední hory, tj. Lysá hora, Smrk, Kněhyně a Radhošť s velmi nepříznivými dopravními poměry a Zadní hory, tj. zbytek území, které má příznivější morfologické poměry. Obdobně by se daly rozdělit Bílé Karpaty.

Pro znázornění nepříznivých přírodních poměrů pro zpřístupnění lesa bylo vybráno povodí Vilčok v oblasti Lysé hory (obr. 6).

Údaje o dopravní síti a porostní ploše podléhající vodní erozi pocházejí z roku 1978, kdy byl uskutečněn v rámci předkládaného výzkumu podrobný rozbor uvedených poměrů.

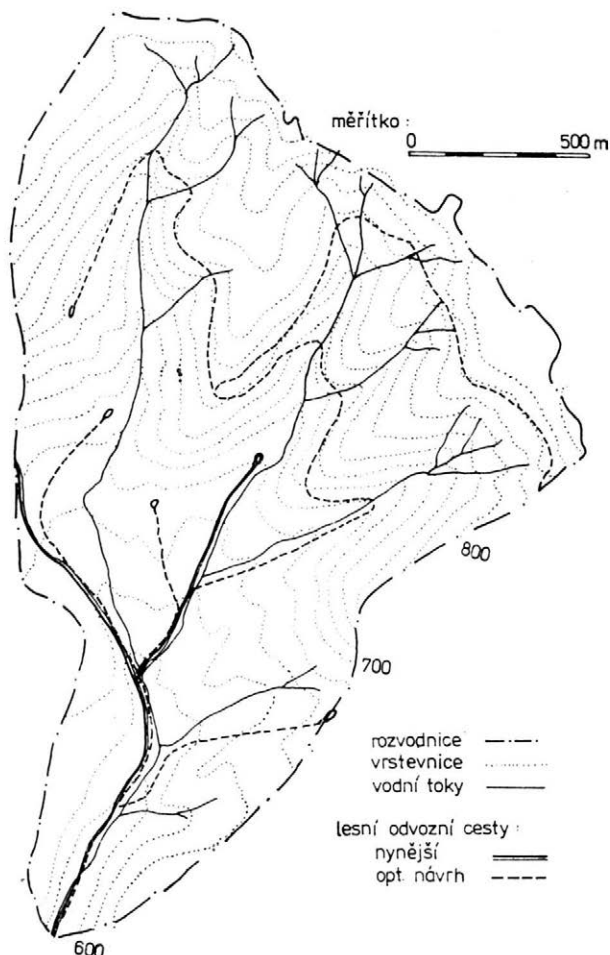
Vzhledem k tehdejší malé hustotě odvozních cest 8,8 m na ha ve- dených převážně v údolí a v nižších lokalitách povodí, byla vybudována hustá síť přibližovacích cest 39,8 m na ha. Pro malou únosnost zemin v podloží cest byly tyto cesty převážně mimo provoz pro hluboké koleje způsobené traktory a především vodní erozí.

Základním soustředovacím prostředkem byl lesnický kolový traktor. Doplňkovým prostředkem byl koňský potah. Průměrná geometrická přibližovací vzdálenost činila 417 m. Skutečná průměrná přibližovací vzdá- lenost dosahovala přibližně hodnoty 846 m.

Poměrné zpřístupnění lesa bylo vyjádřeno hodnotou 68 %, což je v této oblasti poměrně vysoký údaj. Vzhledem k malé hustotě odvozních cest není uvedena účinnost dopravní sítě směřodatná, protože platí pravidlo o narůstajícím procentu poměrného zpřístupnění lesa s kle- sající hustotou odvozních cest. Hodnoty poměrného zpřístupnění jsou směřodaté při ekvivalentní hustotě.

Území vykazuje vysokou hustotu vodních toků (tabulka I, p. č. 19) 38,7 m na ha, což je nejvyšší hustota sledovaných povodí. Tato okolnost podstatně snížila možnost klasického zpřístupnění lesa sítí údolních odvozních cest vzhledem k velké rozvětvenosti ekvivalentních vodních toků a jejich nadměrnému podélnému sklonu (nad 12 %). V rámci to- hoto výzkumu byla navržena síť odvozních cest (obr. 6), která je v sou- časné době převážně vybudována.

6. Zpřístupnění povodí Vilčok v Moravskoslezských Beskydech. — The accessibility of the Vilčok catchment area in the Moravian-Silesian Beskids



Návrh sítě odvozních cest počítá s největší potřebnou hustotou usku-
tečněnou v návrzích (tabulka I), tj. 32,5 m na ha. I když hodnota koef.
členitosti terénu 4,4 je poměrně nízká vzhledem k příznivému $\varnothing$ sklonu
povodí 23,9 %, je výstavba odvozních cest v povodí Vilčok náročná
pro nutnost častého překonávání členitých údolí s hluboko zařiznutými
koryty toků, což je důsledek snadno erodovatelných rozpadů flyšových
břidlic.

Návrh dopravní sítě počítá s převážně lanovkovou technologií sou-
středování dřeva, která se v současné době zcela uplatňuje a osvědčuje
v nově zpřístupněném území. Průměrná skutečná přibližovací vzdálenost
se snížila z 846 m na 146 m.

Síť přibližovacích cest v délce 9,68 km a ploše 4,16 ha ztratila zce-
la svůj význam a stala se předmětem asanace erozních rýh v lesních po-
rostech. Na tomto příkladu lze nejlépe prokázat škodlivost výstavby
přibližovacích cest ve snadno erodovatelném území určeném svými geo-
logickými, morfologickými a klimatickými poměry pro lanovkovou sou-
středovací technologii.

Podstatou předkládaného návrhu je zvýšení lanovkového přibližování dřeva, a to v terénu od průměrného sklonu spádnic 25 %, omezení výstavby přibližovacích cest pro traktory a jejich nahrazení přibližovacími linkami po spádnici bez odhumusování lesní půdy a bez stavebních úprav.

Předpokladem tohoto opatření je vytvoření sítě lesních odvozních cest tak, aby jejich vzájemný rozestup nepřevyšoval 1000 m, jejich podélný sklon byl nižší než 10 % (převážně 6—8 %) a trasy odvozních cest nebyly vedeny v terénech s větším sklonem spádnic než 50 %.

Předpokládá se vytvoření přibližovacích (soustředovacích) linek po spádnici, tj. nejkratší drahou od pařezu k odvozní cestě jak pro lanovkové, tak pro traktorové přibližování ve vzájemné vzdálenosti 60 až 80 m, což přinese podstatné snížení skutečné přibližovací vzdálenosti. Tento předpoklad umožní důsledná výstavba údolních, etážových a hřebenových cest, jak je znázorněna v předcházejících kapitolách této práce.

Z ekonomického hlediska je každá výstavba lesních cest škodlivá pro ekologii lesa, vodní hospodářství a životní prostředí. Je však nutná pro umožnění hospodaření v lese. Proto je nutno vytvořit takovou koncepci výstavby, která by operovala s potřebným minimem lesních cest technicky zabezpečených proti vodní erozi a devastáčnímu účinku lesních dopravních prostředků.

V tabulce II je uveden stav současné dopravní sítě ve vybraných gravitačních územích (povodích). V podstatě charakterizují uvedené objekty stav lesních cest v ČSR, i když se dají předpokládat značné rozdíly v různých přírodních a hospodářských poměrech. Z tabulky II vyplývá průměrná hustota cest 63 m na ha. Z toho je cca 20 m na ha cest odvozních a zbytek jsou cesty přibližovací. Podle podrobného průzkumu vyplynulo, že třetina cest je v dezolátním stavu a nemůže sloužit dopravě dřeva (Beneš 1978).

Hustota přibližovacích cest (tab. I) klesá se stoupajícím koeficientem tvaru terénu. Nejvíce jich je v rovinách (Žebrakovský potok), méně v pahorkatinách (např. Josefovský potok) a nejméně v horách (viz Řehučí, Červík). V rovinatém terénu lze využít k přibližování dřeva lesní rozdělovací síť, což podstatně zvyšuje hustotu přibližovacích cest. V pahorkatinách lze použít k dopravě dřeva jen některé rozdělovací linie a v horách je jejich použití výjimečné.

Lesní cesty zabírají 2,27—6,00 % lesní půdy, která je odňata lesní produkci, což znamená úměrné snížení přírůstu.

Většina lesních cest odvozních (cca 60 %) a všechny cesty přibližovací jsou nezpevněny a nedokonale odvodněny, což způsobuje značné škody, vznikající erozí lesní půdy při povodních. Dle tabulky I činí erozní plocha lesních cest, tj. plocha nezatravněná a nezpevněná 0,32 % (Žebrakovský potok) až 2,86 % (Červík) lesní půdy. Potenciální erozi umocňuje velký podélný sklon cest (až 25 %), takže se mnohé cesty změnily ve strže, které se stále vyvíjejí a jejich sanace je technologicky náročná a drahá. Kromě toho překází hluboko erodované cesty rozvínutí optimální dopravní technologie. Finanční vyjádření erozních škod je velmi obtížné. Pro jejich přibližné ekonomické zhodnocení lze použít přibližných výpočtů množství erodovaných zemin (Beneš 1982), jeho

odstraňování z vodních toků a ztráty přírůstu v důsledku vodní eroze.

Návrh uspořádání lesní dopravní sítě vylučuje výstavbu přibližovacích cest v současném pojetí zpřístupnění porostů pro traktorové soustřeďování dřeva. Přibližovací linky po spádnicí, budované v maximálním podélném sklonu 25 % představují mnohem menší potenciální erozi než cesty budované dozerem napříč spádníc, a to vzhledem k tomu, že spádnice nemá gravitační plochu pro odtok povrchové vody a voda, která spadne při deštích na přibližovací linku, nemůže cestu demolovat. Kromě toho je tu předpoklad brzkého zatrávnění neodhumusovaných soustřeďovacích linek po ukončení těžby, jako se zatrávňují zpravidla do dvou let trasy lanovek. Z tabulky I vidíme, že současná průměrná hustota odvozních lesních cest je nižší jen o 20 % než navrhovaná optimální hustota. Z toho vyplývá, že v případě účelného trasování cest podle předkládané koncepce by mohla být lesní území v ČSR z velké části zpřístupněna optimální sítí. Opomíjení základních zákonitostí vyplývajících z rozboru přírodních a hospodářských poměrů zpřístupňovaného území způsobilo značné národohospodářské škody. Je třeba podotknout, že většina nevhodných cest byla postavena dozerem v posledních 30 letech se záměrem rychlého a snadného zpřístupnění určitých porostů pro těžbu dřeva, bez komplexního posouzení tvorby lesní dopravní sítě.

Hlavním argumentem uplatnění koncepce řešení lesní dopravní sítě je podstatné snížení skutečné přibližovací vzdálenosti a její napřímení. Zmenšení přibližovací vzdálenosti je přímo úměrné zvýšení účinnosti odvozních cest.

Současná průměrná geometrická přibližovací vzdálenost činí 286 m. Přibližná skutečná přibližovací vzdálenost je vyjádřena vztahem

$$D_s = D_g \cdot \frac{T}{15} \cdot \sqrt{2}. \quad (\text{m})$$

Jestliže dosadíme za D_g průměrnou geometrickou přibližovací vzdálenost a za T průměrný sklon svahů zkoumaných povodí, dostáváme hodnotu přibližné skutečné přibližovací vzdálenosti za předpokladu převážně traktorového přibližování dřeva:

$$D_s = 286 \cdot \frac{20,65}{15} \cdot 1,41 = 555 \text{ m.}$$

Návrh optimální dopravní sítě předpokládá průměrnou skutečnou přibližovací vzdálenost:

$$D_s = D_g \cdot \sqrt{2} = 161 \cdot 1,41 = 227 \text{ m.}$$

Zkrácení skutečné přibližovací vzdálenosti o 59 % při hustotě odvozních cest 20,7 m (optimální) proti 16,6 m (současná) by přineslo lesnímu hospodářství značné úspory v soustřeďování dřeva.

Prakticky nelze tohoto zkrácení soustřeďovací vzdálenosti v dohledné době dosáhnout vzhledem k vysokým nákladům na výstavbu odvozních cest a nutnosti využívání dosavadní odvozní sítě. Je však možno předpokládat úpravy tras cest, změnu přibližovací technologie a především podstatné snížení hustoty přibližovacích cest, což by znamenalo výrazný ekonomický přínos, zejména snížení škod na porostech a půdě při traktorovém soustřeďování dřeva.

Literatura

- BACKMUND, F.: Indices for the degree of accessibility of forest districts via roads. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw., 119, 1968, č. 11, s. 445-452
- BENEŠ, J.: Zásady plánování lesní dopravní sítě v pahorkatině na příkladu ŠLP Křtiny. Sb. ref. semináře ČSVTS ŠLP Křtiny, 1983, s. 14-36
- BENEŠ, J.: Eroze způsobená výstavbou lesních cest a dopravou po nich. Lesnictví, 28, 1982, č. 7, s. 539-554
- BENEŠ, J.: Zhodnocení stavu lesní dopravní sítě. Lesnictví, 24, 1978, č. 11, s. 923-942
- BENEŠ, J.: Výzkum přírodních faktorů, ovlivňujících tvorbu lesní dopravní sítě. Závěrečná zpráva LF VŠZ Brno, 1978, 85 s.
- BENEŠ, J.: Určení optimálních prvků lesní dopravní sítě ve specifických přírodních a hospodářských poměrech. Závěrečná zpráva LF VŠZ Brno, 1980, 82 s.
- BENEŠ, J.: Vliv terénu na dopravní zpřístupnění lesa. Lesnictví, 19, 1973, č. 6, s. 479-492
- BENEŠ, J.: Vliv přírodních poměrů na pořizovací cenu lesních cest. Lesnícky časopis, 20, 1974, č. 1, s. 17-30
- BLIŽNJAK, E. B.: Vodnyje isledovanija. Recizdat Moskva, 1952, s. 1-425
- BUZEK, L.: Eroze proudící vodou v centrální části Moravských Beskyd. SPN Praha, 1981, s. 1-109
- DOLEŽAL, B.: Priestorová úprava lesa. Bratislava, SVPL, 1956
- DOUDA, V.: Poškození lesních půd těžebně dopravní mechanizací. Lesnictví, 1981, č. 12, s. 1045-1084
- DRTIKOL, F.: Základní klasifikace terénu v lesních hospodářských plánech. Lesnická práce, 1977, č. 2, s. 52-56
- ILIN, B. A.: O principech rozmístění odvozních cest v lese. Lesnoj žurnal, 1978, 2, s. 152-155
- KREŠL, J.: Vliv lesní dopravní sítě na vodní režim lesa. Lesnictví, 24, 1978, č. 7, s. 567-580
- LEONOVIC, A. L.: Explantacia lesnych dorog. VŠ Minsk, 1972, s. 1-254
- MELNIKOVA, I. B.: Optimalnoje rozměščenije dorog obščego polzovanija s učetom lesotransportnyh sítěj. Les. žurnal, 1979, č. 5, s. 32-38
- PESTAL, E.: Forstaufschliessung morgen — Optimierung u. Alternativen. Allg. Forstzeitung, 1982, 1 — Sonderdruck, s. 1-12
- PESTAL, E.: Forstliche Strassenbau zwischen Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz, Internationaler Holzmarkt, 1981, Wien, Zeitschriftverlag Dr. H. Braung, č. 16/17, s. 1-6
- ROADER, A.: Relative Optimierung der Wegedichte mit Hilfe von Nutzenindizes. Forstarchiv, 52, 1981, č. 3, s. 84-86
- TRUHLÁŘ, J.: Využití lesní dopravní sítě při prostorovém rozdělení lesů ŠLP Křtiny. Sborník ze semináře „Prostorové rozdělení lesů a koncepce rozvoje lesní dopravní sítě“, ČSVTS, ŠLP Křtiny, 1983, s. 43-58

Došlo dne 6. 1. 1986

БЕНЕШ, Я. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Оптимизация лесной транспортной сети. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1089-1114.

На основе технико-экономического анализа природных и лесохозяйственных условий в лесном хозяйстве ЧСР рекомендуется оптимальная доступность леса при след. условиях: а) среднегеометрическое трелевочное расстояние 160 м ($\pm 15\%$); б) макс. расстояние между дорогами не более 1000 м; в) упорядочить лесную сеть так, чтобы исключить строительство трелевочных дорог; г) понизить земляной наклон, решающий для выделения территории под трелевочной дорогой, с 46 до 25%; д) пользоваться в макс. мере трелевочными линиями по кратчайшему направлению от пня к вывозной дороге, т. е. по линии макс. уклона; е) постепенно повышать долю тре-

лѣвки лѣса в ЧСР. Рекомендуем след. стандартную плотность лесовывозных дорог по морфологическим типам рельефа: а) для равнин и нагорных участков с уклоном до 15 % — 15 м/га при радиусе действия дорожной сети 90 % и предполагаемом среднегеометрическом трелевочном расстоянии 170 м; б) для холмогорий — 22 м/га при среднем радиусе 70 % и ср. геом. трел. расстоянии 150 м; в) для горных местоположений с благоприятными морфопоказателями — 19 м/га при ср. радиусе сети 80 % и ср. геом. трел. расстоянии 170 м; г) для горных местоположений с неблагоприятными морфопоказателями — 24 м/га при ср. радиусе сети 70 % и ср. геом. трел. расстоянии 160 м.

лесное строительство; лесные дороги; лесодоступность

BENEŠ, J. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *The Optimization of Forest Road Network*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1089-1114.

Applying the results of a technologico-economic analysis of the natural and management conditions in the forestry of the CSR, the forests will be optimally accessible under these conditions: a) the mean geometrical skidding distance should be 160 m ($\pm 15\%$); b) the maximum spacing of forest roads should not be larger than 1000 m; c) forest roads should be arranged in such a network that will eliminate the construction of skidding roads; d) to reduce from 46 % to 25 % the slope of the terrain where the territory for cableway skidding is to be demarcated; f) to use as most as possible the skidding lines that will lead in the shortest possible way from a stump to the hauling road, i. e. along the line of maximum slope; g) to increase gradually the proportion of cableway skidding in the CSR. We recommend the guideline densities of forest hauling roads as follows for various morphological types of terrain: a) 15 m per ha for flatlands and plateaux with the slope of the terrain smaller than 15 %, with the attainable efficiency of road network 90 % and the assumed mean geometrical skidding distance 170 m; b) 22 m per ha for hilly lands with the average efficiency of road network 70 % and the mean geometrical skidding distance 150 m; c) 19 m per ha for mountainous regions with favorable values of morphological characteristics, with the average efficiency of road network 80 % and the mean geometrical skidding distance 170 m; d) 24 m per ha for mountainous regions with unfavorable morphological characteristics and with the average efficiency of road network 70 % and the mean geometrical skidding distance 160 m.

forest constructions; forest roads; forest accessibility

BENEŠ, J. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Optimierung des Waldtransportnetzes*. Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1089-1114.

Aufgrund einer technisch-ökonomischen Analyse der Naturbedingungen und der Wirtschaftsverhältnisse in der Forstwirtschaft der ČSR wird empfohlen, auf optimale Weise den Wald unter folgenden Voraussetzungen zugänglich zu machen: a) die durchschnittliche geometrische Rückungsentfernung soll 160 m ($\pm 15\%$) betragen; b) der Maximalabstand von Waldwegen soll 1000 m nicht überschreiten; c) das Waldtransportnetz soll derart angeordnet sein, um den Ausbau von Rückungswegen ausschließen zu können; d) das für die Ausscheidung des Gebietes mit Anwendung von Seilbahnen zum Holzlücken entscheidende Gefälle des Geländes soll von 46 auf 25 % herabgesetzt werden; f) es sollen vor allem Rückungslinien angewandt werden, die in kürzester Richtung vom Baumstumpf zum Abfuhrweg führen, d. h. in Richtung des Gefälles; g) stufenweise soll der Anteil des Holzlückens mit Waldseilbahnen in der ČSR erhöht werden. Es werden folgende Richtdichten der Waldabfuhrwege in einzelnen morphologischen Geländetypen empfohlen: a) für Ebenen und Hochplateaus mit einem Geländegefälle bis 15 % 15 m pro ha bei einer erreichbaren Effektivität des Waldwegenetzes von 90 % und bei einer vorausgesetzten durchschnittlichen geometrischen Rückungsentfernung von 170 m; b) für Bergland 22 m pro ha bei durchschnittlicher Effektivität des Waldwegenetzes 70 % und durchschnittlicher geometrischer Rückungsentfernung von 150 m; c) für Gebirgsgebiete mit günstigen Werten der morphologischen Größen 19 m pro ha bei einer durchschnittlichen Effektivität des Waldwegenetzes 80 % und bei durch-

schnittlicher geometrischer Rückungsentfernung von 170 m; d) für Gebirgsgebiete mit ungünstigen morphologischen Verhältnissen 24 m pro ha bei durchschnittlicher Effektivität des Wegenetzes von 70 % und bei durchschnittlicher geometrischer Rückungsentfernung von 160 m.

Forstbauwesen; Waldwege; Erzielung der Zugänglichkeit der Wälder

Adresa autora:

Prof. Ing. Jaroslav Beneš, DrSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 613 00 Brno

SPOLUPÔSOBENIE BIOLOGICKÝCH A CHEMICKÝCH INSEKTICÍDOV NA HÚSENICE MNÍŠKY *LYMANTRIA DISPAR* (L.)

J. Novotný, M. Švestka

NOVOTNÝ, J. — ŠVESTKA, M. (Výskumná stanica VÚLH, Banská Štiavnica; pracovisko VÚLHM Znojmo). *Spolupôsobenie biologických a chemických insekticídov na húsenice mnišky Lymantria dispar* (L.). Lesnictví, 32, 1986 (12): 1115-1128.

Letecká aplikácia biopreparátu Bathurin 82 S (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) proti *Lymantria dispar* L., ktorú sme uskutočnili v tretej dekáde mája 1985 v dubových porastoch južného Slovenska, potvrdila výrazne nepriaznivý vplyv najmä atmosferických zrážok na účinnosť biopreparátov. Súčasne naše pokusy s využitím synergizmu biopreparátu a subletálnej dávky chemického insekticidu preukázali mimoriadnu vhodnosť tejto metódy pre obdobia s výrazne neustáleným počasím. Polovičná dávka biopreparátu Bathurin 82 S (16 l na ha) podporená subletálnou dávkou biotechnického prípravku Dimilin 25 WP (50 g na ha) dosiahla účinnosť 94,65 %. Pri rovnakej dávke biopreparátu a subletálnej dávke biotechnického prípravku Nomolt (50 ml na ha) bola účinnosť 97,64 %. V zmesi biopreparátu a syntetického pyrethroidu Karate 5 EC (10 ml na ha) bola účinnosť najvyššia — 99,03 %. Oproti čistým biopreparátom bola účinnosť testovaných zmesí vyššia o 16—21 %. Za podstatný ukazovateľ pri posudzovaní vhodnosti stresora sme považovali vplyv aplikovaných zmesí na necieľové druhy hmyzu, resp. na iné článkonožce. Selektívne pôsobili obidve kombinácie, v ktorých bol stresorom biotechnický preparát. Zmes biopreparátu a pyrethroidu Karate 5 EC spôsobila 36,66 % uhyn necieľových druhov hmyzu. Hynuli *Hymenoptera* a *Diptera*, nehynuli *Coleoptera* a zástupcovia triedy *Arachnoidea*. Testované kombinácie boli schopné v dostatočnej miere ochrániť listovú plochu drevín pred podstatnejšou defoliáciou. Z hľadiska integrovanej ochrany lesa je pre terénnu aplikáciu biopreparátov proti *Lymantria dispar* L. pri nepriaznivom počasí najvhodnejšie využiť synergizmus biopreparátov a subletálnej dávky biotechnických insekticídov inhibujúcich syntézu chitínu (Nomolt, Dimilin). Poznatky získané v našich pokusoch je možné primerane aplikovať aj na podmienky biologického boja proti iným listožravým škodcom.

ochrana lesov; insekticídy; biopreparáty; mniška

Mniška veľkohlavá, *Lymantria dispar* (L.), patrí k obávaným škodcom lesných drevín v Európe, Ázii, Afrike i v Severnej Amerike. Mimoriadna rozmnožovacia schopnosť a polyfágnosť škodcu sú dva rozhodujúce znaky podčiarkujúce jeho nebezpečnosť pre lesné porasty v areále jeho kalamitného premnoženia. Preto sa tomuto škodcovi v minulosti venovala a v súčasnosti stále ešte venuje mimoriadna pozornosť v rôznych častiach sveta. Svedčí o tom veľké množstvo publikácií o rôznych aspektoch bionómie a biológie mnišky veľkohlavej, ale aj o možnostiach a metódach boja proti nej z Európy, Ázie, Afriky, ale najmä zo Severnej Ameriky, kde je mniška veľkohlavá zavlečeným kalamitným škodcom.

Metódy boja proti tomuto škodcovi prekonali dlhý a zložitý vývoj až do súčasného obdobia, kedy sa aj boj proti *Lymantria dispar* (L.) riadi zásadami integrovanej ochrany lesa. Z tohoto aspektu sa v širokej miere rozvíjal výskum a aplikácia najmä metód biologického boja.

Predovšetkým to boli entomopatogénne mikroorganizmy, ktoré mali zohrať rozhodujúcu úlohu pri biologickom boji proti tomuto škodcovi. Vírusy, baktérie a prvoky boli hlavné skupiny mikroorganizmov, spôsobujúcich prirodzené masové epizootie v populáciách škodcu. Zvládnutie hromadnej (priemyselnej) produkcie niektorých patogénov vo forme biologických insekticídov otvorilo nové možnosti boja proti mníške veľkohlavej. Terénne pokusy s prípravkami tohoto typu však ukázali značnú variabilitu výsledkov. Najdôležitejšou bola skutočnosť, že v čase prudkej kulminácie gradácie *L. dispar* (L.) neboli biopreparáty vždy schopné dostatočne rýchlo a účinne zasiahnuť proti húseniciam škodcu, najmä pri nepriaznivom počasí. Nedosiahol sa nutný primárny efekt — minimalizácia straty listovej plochy. Škodca bol označený za menej vnímavého najmä k bakteriálnym nákazám (Leskova 1968, Franz 1971, Stairs 1972 in Kudler, Lysenko 1976).

Keďže otázka nutnosti zabezpečenia stabilnejších účinkov biopreparátov sa netýkala iba *Lymantria dispar* (L.), ale širšej škály listožravých škodcov, začali sa skúmať možnosti posilnenia účinku biopreparátov subletálnou dávkou chemických insekticídov. Využitím synergizmu biopreparátov a chemických insekticídov sa zaoberal široký okruh autorov. Vplyv subletálnych dávok chemických insekticídov ako stresorov pri aplikácii entomopatogénnych mikroorganizmov skúmali Kudler a Lysenko (1963), Angus a Luthy (1971), Benz (1971), Jaques a Morris (1981), Krušev (1982), Linskij (1983). Túto metódu integrovaného boja široko preskúmali v laboratórnych podmienkach na niektorých druhoch lesných škodcov (*Bupalus piniarius* L., *Lymantria dispar* L., *Leucoma salicis* L.) Kudler a Lysenko (1963, 1976, 1977, 1980, 1984). V teréne otestovali možnosti synergizmu na *Operophtera brumata* L., *Tortrix viridana* L., *Zeiraphera diniana* Gn., *Orgyia antiqua* L. autori Švestka a Vaňková (1978, 1980, 1984). Vo všetkých citovaných prácach sa potvrdil menej významný či významnejší vplyv subletálnych dávok chemických insekticídov na celkovú účinnosť biopreparátov v rámci synergizmu.

Výsledky laboratórnych testov zhrnuli Kudler a Lysenko (1980, 1984) do elaborátu obsahujúceho doplnok zoznamu entomopatogénnych mikroorganizmov a chemických insekticídov, ktoré možno navzájom miešať, bez nebezpečenstva zníženia aktivity a účinnosti patogénnych mikroorganizmov.

Všetky uvedené skutočnosti nás podnietili k tomu, aby sme v terénnom pokuse otestovali možnosti využitia synergizmu proti kalamitnému škodcovi dubín — (mníške veľkohlavej, *Lymantria dispar* L.). Posledná kalamita tohoto škodcu na Slovensku skončila v roku 1974. V roku 1983 sa v primárnych ohniskách premnoženia škodcu prejavili prvé príznaky začínajúcej progradácie. Škodca napadol plochu 372 ha. V roku 1984 bol už rozsah napadnutia 2436 ha a v roku 1985 škodca stredne, až veľmi silno napadol plochu 3019 ha. Vysoká bola aj abundancia škodcu. Ako kontrolný areál pre jej zisťovanie bolo zvolené územie LS Čifáre, kde má škodca na území SSR svoje optimum. V jeseni 1984 bolo na tomto území zistené v dubových porastoch priemerne 8—10 vaječných náloží škodcu na jeden kmeň, v cerových porastoch tento počet vystúpil na 38—56 hubiek na jeden kmeň, jednotlivo počet presahoval i hodnotu 120 ks na jeden kmeň (Novotný 1985). Priemerný počet húseníc vy-

liahnutých z jednej hubky bol 343—491. Na jar 1985, dvadsať dní po začatí žeru, pripadlo na celej ploche 248 húseníc na 1000 listov. V areáli mladých dubín tento počet klesal na 161. Maximálny počet húseníc zistených na 1000 listov predstavoval v tomto období až 619 kusov.

Keďže populačná hustota škodcu jednoznačne potvrdzovala, že premnoženie prekročilo prah hospodárskej únosnosti, bolo nevyhnutné vykonať proti škodcovi obranný zásah. V rámci tohoto zásahu sme v terénnych podmienkach otestovali možnosti uplatnenia synergizmu biopreparátov a subletálnej dávky chemických insekticídov pri nepriaznivom počasi.

RIEŠENIE OTÁZKY

Pri riešení otázky využitia synergizmu v boji proti mníške veľkohlavej sme sa sústredili na hlavný cieľ, zistiť na základe terénnych testov najoptimálnejšie kombinácie biopreparátov a subletálnych dávok chemických insekticídov, ktoré by mali v komplikovaných klimatických podmienkach podstatne vyššiu účinnosť ako čisté biopreparáty a pritom by si zachovali všetky pozitívne vlastnosti biopreparátov. Pre zistenie vhodnosti skúmaných zmesí z hľadiska kritérií integrovanej ochrany lesa sme stanovili zásady testu optimality. V zmysle týchto zásad možno za optimálnu považovať iba kombináciu, ktorá bude mať v terénnych podmienkach tieto vlastnosti:

1. Dostatočnú účinnosť na húsenice škodcu.
2. Vyššiu odolnosť voči nepriaznivým klimatickým vplyvom než majú čisté biopreparáty.
3. Schopnosť zabrániť húseniciam škodcu likvidovať asimilačné orgány hostiteľa vo väčšom rozsahu než pri aplikácii čistého biopreparátu.
4. Vyhovujúca selektívnosť, t. j. účinnosť na parazity a predátorov škodcu nižšiu než pri aplikácii letálnej dávky chemických insekticídov.
5. Chemické komponenty kombinácie nesmú negatívne ovplyvňovať účinnosť biopreparátov (narúšať poslanie patogéna).

MATERIÁL A METÓDA

Pre pokus sme použili tieto insekticídy: Vo všetkých variantoch bol použitý československý biologický insekticíd Bathurin 82 S, ktorý vyrába JZD Slušovice. Prípravok je budovaný na báze *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Variant S je tekutá forma prípravku obsahujúca 5,73 % sušiny, 16 litrov tekutého Bathurinu 82 S odpovedá jednému kg práškoveho Bathurinu 82.

Ako stresor boli použité tieto insekticídy: Dimilin 25 WP — je biotechnický prípravok, pôsobiaci ako inhibítor syntézy chitínu. Pôsobí požerovo. Výrobca — Duphar B. V. Holandsko. Nomolt — CME 134 06 — je biotechnický prípravok, pôsobiaci ako inhibítor syntézy chitínu. Pôsobí požerovo. Výrobca — Celamerc GmbH and Co. KG, NSR. Karate 5 EC — je pyrethroid novej generácie, s účinnou látkou cyhalothrin. Pôsobí kontaktne a požerovo na široké spektrum hmyzu. Výrobca — ICI PPD, Anglicko.

Kombinácie:

- č. 1: Bathurin 16 l na ha + Dimilin 50 g na ha
- č. 2: Bathurin 16 l na ha + Nomolt 50 ml na ha
- č. 3: Bathurin 16 l na ha + Karate 10 ml na ha

Kontrolné a porovnávacie plochy:

kontrola č. 1: plocha neošetrená,

kontrola č. 2: plocha ošetrená čistým Bathurinom 16 l na ha.

Samostatné ošetrenie subletálnou dávkou chemických insekticídov sme neuskutočnili. Dávky použitých prípravkov boli stanovené na základe laboratórnych testov s prispôbením k terénnym podmienkam. Sú uvedené v tabuľke I.

Pokusným areálom bol mladý dubový porast s jednotlivými pruhmi borovice a lípy (do 20 r.) na území LZ Levice — LS Čifáre, LO Tehla, odd. 274. Porasty spĺňali naše požiadavky na dostatočný počet húseníc. Pokusné plochy o jednotnej výmere 12 ha boli v teréne vyznačené bielymi vlnkami.

Aplikácia všetkých pokusných kombinácií bola uskutočnená lietadlom AN-2, ktoré bolo vybavené vodnými tryskami. Nosným médiom bola voda a množstvo postrekovej emulzie na 1 ha predstavovalo 100 l pri všetkých pokusoch. Príprava postrekovej emulzie a plnenie do lietadla bolo mechanizované. Zabezpečovali ho dve polievacie cisterny na podvozku Š-706 a jedna cisterna na podvozku P V3S. Manuálne práce vykonávali dvaja pracovníci. Subletálne dávky insekticídov boli pridávané do aplikáčnej nádrže lietadla samostatným vstupom pri využití podtlakového sania (súčasť lietadla AN-2). K zmiešaniu biopreparátu a chemického insekticídu dochádzalo až tesne pred štartom lietadla. Aby sa vylúčila možnosť vplyvu reziduí prípravkov na výsledky pokusov, bol ako prvý aplikovaný Bathurin (kontrolná dávka 16 l na ha) a ako posledná kombinácia biopreparát s pyrethroidom.

Pred leteckou aplikáciou sme zisťovali populačnú hustotu, vývojové štádium a zdravotný stav húseníc škodcu. Súčasne boli v porastoch rozmiestnené trúsničky na orientačnú kontrolu účinnosti zásahu a vplyv zásahu na ostatný hmyz.

Letecký zásah bol vykonaný 20. 5. 1985 (kombinácie Bathurin + Dimilin) a 24. 5. 1985 (kontrolná dávka Bathurinu, kombinácie Bathurin + Nomolt a Bathurin + Karate). Zásah bol načasovaný na obdobie, kedy podstatná časť húseníc škodcu bola v druhom instare. Kontrolu kvality postreku v porastoch zabezpečovali počas aplikácie dvaja signalisti. Presné zisťovanie účinnosti zásahu sme vykonávali pomocou kontrolných vriec. Priehľadné monofilové vrecia rozmerov 100 × 50 cm sa po ošetrení pokusnej plochy navliekli na kontrolné vetve. V týchto kontrolných jednotkách, ktoré sme v porastoch ponechali 21 dní, sme sledovali postup hynutia a konzumačnú aktivitu škodcu a po 21 dňoch sme stanovovali celkovú mortalitu húseníc. Rovnaké sledovanie sme vykonávali aj na kontrolných plochách. Účinnosť zásahu bola stanovená pomocou Abbotovho vzorca. Mortalita necieľových druhov hmyzu bola sledovaná v kontrolných vreciach a orientačne trúsničkovou metódou. Miera defoliácie bola zisťovaná vizuálne. Konzumačná aktivita húseníc bola stanovená ako priemerné množstvo trusu (v mg) vyprodukované jednou húsenicou v kontrolnom vreci za 21 dní. Pri jednej vybranej kombinácii a na kontrolnej ploche ošetrenej biopreparátom sme vykonávali aj kontrolu perzistencie spór *Bacillus thuringiensis* na listovej ploche.

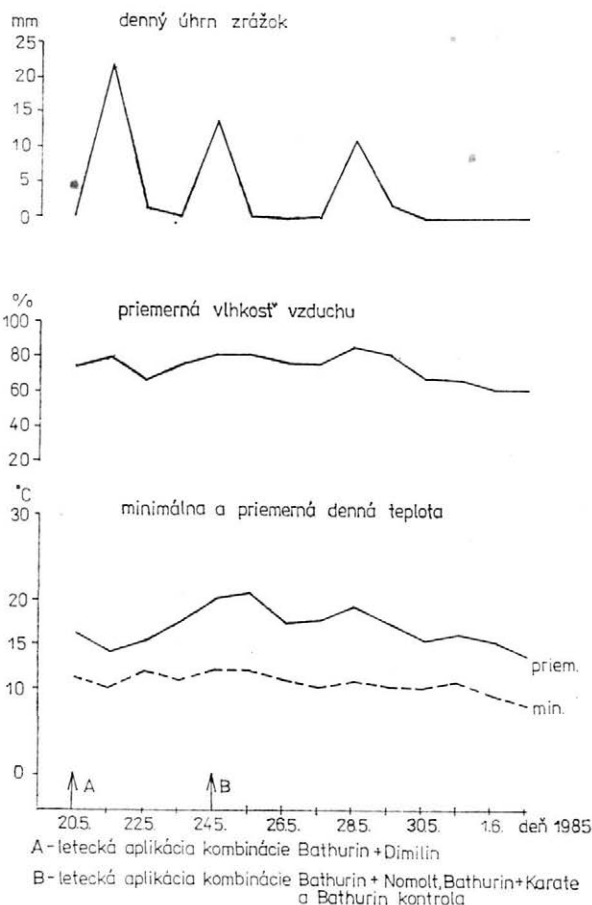
Na pokusných plochách sme 14 dní od dňa prvého leteckého zásahu zaznamenávali priebeh teploty a vlhkosti vzduchu termohygrografom a priebeh zrážok ombrometrom.

V laboratóriu sme urobili rozbor zdravotného stavu húseníc pred zásahom a diagnostiku príčin mortality v jednotlivých pokusoch zo vzorky (30 %) húseníc. V laboratóriu sme kvantifikovali aj množstvo aktívnych spór *Bacillus thuringiensis* na jednotku listovej plochy (cm²).

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Účinnosť jednotlivých zmesí na húsenice škodcu podstatne ovplyvňovali poveternostné faktory. Počasie prvých štrnást dní po aplikácii bolo veľmi neustálené. Pre vznik infekcií boli priaznivé teplotné pomery. Priemerné teploty za celé sledované obdobie neklesli pod 14 °C, pričom aj minimálne teploty boli dosť vysoké (graf na obr. 1). Mimoriadne nepriaznivé však boli zrážkové pomery. Obdobie poslednej dekády mája bolo charakteristické častými búrkami a preháňkami. Za celé sledované obdobie napršalo na pokusné plochy 51 mm zrážok. Pritom prvé tri dni po aplikácii padlo 73 % všetkej vlhky. Najintenzívnejšie bol atakovaný pokus Bathurin + Dimilin, na ktorý už 7 hodín po aplikácii začali pô-

1. Klimatická charakteristika obdobia pokusov. — The climatic characteristics of the experimental period



sobíť atmosferické zrážky a za 5 hodín spadlo 22 mm vlhky. Dažde prichádzali obvykle v nočných hodinách, naproti tomu cez deň pôsobilo na pokusné zmesi silné slnečné žiarenie. Denné teploty v maximách vystupovali až na 30 °C. Poveternostné faktory najvýraznejšie ovplyvnili početnosť a aktivitu spór *Bacillus thuringiensis* na listovej ploche. Počet aktívnych spór klesal mimoriadne prudko a už v piatom dni po aplikácii sa priblížil hodnote 10^3 , čo je minimálna hodnota nutná pre vyvolanie infekcie (tabuľka II). Napriek týmto nepriaznivým podmien-

I. Dávky použitých prípravkov a množstvo účinnej látky v nich. — Doses of the preparations and amounts of the active substances

Prípravok	Dávka na ha stanovená výrobcom	Množstvo účinnej látky v dávke stanovenej výrobcom	Dávka na ha stanovená pre pokus	Množstvo účinnej látky v pokusnej dávke
Bathurin 82 S	32 l	$18 \cdot 10^{13}$	16 l	$9 \cdot 10^{13}$
Dimilin 25 WP	300 g	75 g	50 g	12,5 g
Nomolt CME 13406	300 ml	45 g	50 ml	7,5 g
Karate 5 EC	100 ml	5 g	10 ml	0,5 g

II. Priemerný počet aktívnych spór *Bacillus thuringiensis* Berl. na 1 cm² listovej plochy. — Average numbers of active spores of *Bacillus thuringiensis* Berl. per 1 cm² leaf area

Prípravok a jeho dávka	Dni kontroly				
	1.	2.	3.	4.	5.
Bathurin 82 S — 16 l na ha + + Dimilin 25 WP — 50 g na ha (dážď)	23,3.10 ³	12,5.10 ³	10,5.10 ³	—	1,4.10 ³
Bathurin 82 S — 16 l na ha (dážď)	23,1.10 ³	14,6.10 ³	9,1.10 ³	—	1,9.10 ³

III. Účinnosť aplikovaných kombinácií na húsenice mnišky veľkohlavej (*Lymantria dispar* /L./). — The efficiency of the applied combinations of preparations in the control of gypsy moth (*Lymantria dispar* /L./) larvae

Kombinácia	% účinnosti podľa Abbota	% mortality necieľových druhov hmyzu	Rozsah žeru v %		Priemerné množstvo trusu vyprodukované jednou húsenicou (mg)
			pred ošetrením	21 dní po ošetrení	
Bathurin + Dimilin	94,65	0	5	15	16,25
Bathurin + Nomolt	97,64	0	15	20	3,94
Bathurin + Karate	99,03	36,66	15	20	3,78
Bathurin kontrola	78,07	0	15	35	15,40
Neošetrená plocha	5,93 mortalita	0	10	75	326,74

kam ani jedna z testovaných kombinácií nedosiahla nižšiu účinnosť ako 94 % (tabuľka III). Najúčinnnejšie pôsobila zmes so subletálnou dávkou pyrethroidu Karate 5 EC, ktorá dosiahla účinnosť 99,03 %. Mimoriadne vysokú účinnosť — 97,64 % mala aj kombinácia Bathurinu s Nomoltom. V pokuse Bathurin + Dimilin, ktorý bol najviac ovplyvnený nepriaznivým počasím, bola účinnosť 94,65 %. V porovnaní s čistým biopreparátom dosiahli kombinácie o 16,58 až 20,96 % vyššiu účinnosť.

Percento rozmiestenia mortality podľa instarov (tabuľka IV) zvyrazňuje, že najintenzívnejšie bolo hynutie v kombinácii Bathurin + Karate — 54 % mŕtvych L₂. Najpomalšie hynuli húsenice po čistom Bathurine — 48 % mŕtvych L₂. Na necieľové druhy hmyzu pôsobila iba kombinácia Bathurin + Karate (36,66% mortalita necieľových druhov hmyzu), ostatné zmesi pôsobili selektívne (tabuľka III). Konzumačná aktivita húseníc bola najvyššia v pokuse Bathurin + Dimilin, kde dosiahla úroveň 16,25 mg na jednu húsenicu. Tento údaj je však 20-násobne menší ako na neošetrenej ploche. Najnižšiu konzumačnú aktivitu prejavovali húsenice na plochách ošetrovaných zmesou Bathurin + Karate a Bathurin + + Nomolt (3,78—3,94 mg). V porovnaní s neošetrenou plochou skonzumovali húsenice v uvedených pokusoch 86-násobne menej potravy (tabuľka III). Rozsah žeru priamoúmerne odpovedá účinnosti zmesí a kon-

IV. Percentuálne rozloženie hynutia húseníc mnišky veľkohlavej (*Lymantria dispar* /L./) podľa instarov, v jednotlivých kombináciách. — Percent distribution of the mortality of gypsy moth (*Lymantria dispar* /L./) larvae in relation to instars, for various combinations of preparations

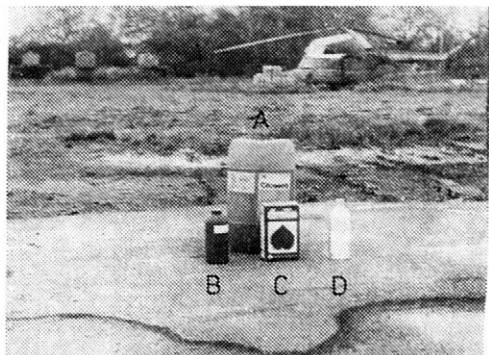
Kombinácia	Percento živých a mŕtvych húseníc podľa instarov											
	živé						mŕtve					
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	SA	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	SA
Bathurin + Dimilin	—	50	50	—	—	100	30	39	28	3	—	100
Bathurin + Nomolt	—	—	100	—	—	100	15	53	21	11	—	100
Bathurin + Karate	—	—	100	—	—	100	10	54	30	6	—	100
Bathurin kontrola	—	27	67	6	—	100	11	48	36	5	—	100
Neošetrená plocha	—	23	45	29	3	100	—	12	63	25	—	100

zumačnej aktivite húseníc. Ani pri jednej z kombinácií nedošlo v období medzi aplikáciami a dostatočne vysokou mortalitou k väčšej strate listovej plochy ako 10 %. Za rovnaké obdobie na neošetrenej ploche húsenice zničili 65 % asimilačných orgánov (tabuľka III). Patologický rozbor mŕtvych húseníc potvrdil vo všetkých prípadoch prítomnosť baktérií *Bacillus thuringiensis*. Pre porovnanie uvádzame, že zdravotný stav škodcu bol veľmi dobrý. Patologické rozboru húseníc z neošetrenej plochy nepreukázali premorenie populácie polyedriou ani iným patogénom. Mortalita začala stúpať medzi 17.—21. dňom pokusu, súbežne s výraznejším ubúdaním listovej plochy. Po 21 dňoch dosiahla hodnotu 5,93 %. Vitalita populácie sa prejavovala vysokou konzumačnou aktivitou húseníc na neošetrenej ploche.

DISKUSIA

Účinnosť všetkých testovaných kombinácií bola dostatočná, pretože vo všetkých pokusoch dosiahla úroveň minimálne 95 %. Pri posudzovaní tohoto kritéria sme vychádzali z tohoto prepočtu: Priemerný počet húseníc na 1000 listov sa na pokusných plochách pohyboval okolo 161 ks. Pri účinnosti prípravku 95 % ostáva po ošetrení na 1000 listov 8 húseníc. Takýto počet nemá významnejší vplyv na úbytok listovej plochy. Pre porovnanie uvádzame, že na kontrolnej ploche, ošetrenej čistým biopreparátom, ostalo podľa prepočtu po ošetrení 36 húseníc na 1000 listov, čo je štvornásobne viac ako pri synergizme. Tento počet húseníc už môže spôsobiť mierny, resp. stredný žer a zvyšujú sa aj predpoklady pre úspešné založenie novej generácie škodcu.

Posúdiť vplyv poveternostných faktorov na aplikované zmesi je pri každom pokuse s biopreparátom nevyhnutnosťou. Poveternostné faktory často v rozhodujúcej miere ovplyvňujú výsledok terénnej aplikácie biopreparátov. Dážď a slnečné žiarenie podstatne skracujú životnosť spór baktérií a dĺžku ich zotrávania na povrchu listov v dostatočnej koncentrácii (Švestka, Vaňková 1976, 1980, Švestka 1977). Teplota a vlhkosť vzduchu rozhoduje o konzumačnej aktivite škodcu a tým nepriamo reguluje vznik infekcií. Preskúmať vplyv poveternost-



2. Biopreparát Bathurin 82 S. — The microbial insecticide Bathurin 82 S

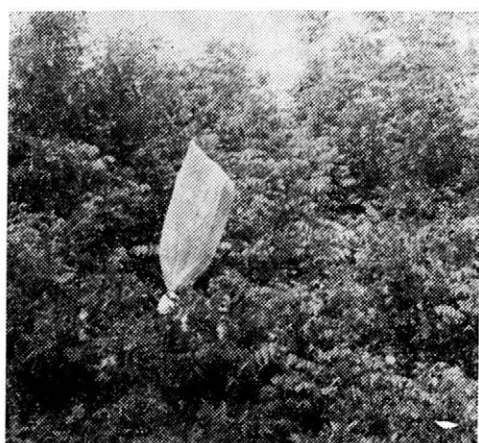
3. Komponenty pokusných kombinácií: A) zmáčadlo Citowett, B) biotechnický prípravok Nomolt, C) biotechnický prípravok Dimilin, D) syntetický pyrethroid Karate 5 EC. — The adjuvants of experimental combinations: A) Citowett — soaking agent, B) biotechnological preparation Nomolt, C) biotechnological preparation Dimilin, D) Karate 5 EC — synthetic pyrethroid



4. Príprava postrekovej emulzie (Bathurin + voda). — The preparation of an emulsion (Bathurin + water) for application



5. Plnenie aplikačnej nádrže lietadla biopreparátom (vľavo) a pridávanie subletálnej dávky stresora (vpravo). — Filling the application tank of the aircraft with a microbial preparation (left) and adding the sublethal dose of a chemical insecticide (right)



6. Koncentrácia húseníc mnišky veľkohlavej. — A mass of gypsy moth larvae
 7. Kontrolné monofilové vrece. — Synthetic textile bags used for control

ných faktorov na aplikované zmesi je potrebné preto, lebo proti *Lymantria dispar* (L.) i proti väčšine iných listožravých škodcov zasahuje v jarňých mesiacoch (apríl-máj). Toto obdobie roka je v našom klimatickom pásme charakterizované výrazne nestabilným priebehom počasia. Preto je dosť problematické kalkulovať pri aplikácii v jarňých mesiacoch s dlhšetrvajúcim suchým a teplým počasím. Z tohoto aspektu je rozhodujúce zistiť, do akej miery sú jednotlivé kombinácie schopné odolávať nepriaznivému počasiu. Výsledky našich pokusov jednoznačne dokázali výrazne vyššiu odolnosť biopreparátov podporených subletálnou dávkou chemických insekticídov voči nepriaznivému počasiu, než bola odolnosť čistých biopreparátov. Najvýraznejšie sa to ukázalo v pokuse so zmesou Bathurin + Dimilin, ktorý aj napriek krajne nepriaznivému vplyvu počasia mal mimoriadne vysokú účinnosť — zaokrúhlene 95 %. Naproti tomu v inom pokuse, kde sme aplikovali čistý Bathurin v dávke 32 l na ha a ktorý bol 5 hodín po aplikácii atakovaný prudkým dažďom, bola dosiahnutá účinnosť iba 31 %. Kladný vplyv chemických insekticídov na účinnosť biopreparátov je známy dlhšiu dobu. Význam chemického insekticídu ako stresora a mechanizmus pôsobenia synergizmu popísali a overili mnohí autori, najmä v laboratórnych podmienkach (Benz, 1971, Jaques a Morris 1981, Kudler a Lysenko 1980). V terénnych podmienkach nebol podľa našich pozorovaní mechanizmus pôsobenia synergizmu biologických a subletálnej dávky chemických insekticídov nasledovný.

Chemický insekticíd odoláva vplyvu počasia veľmi dobre. Preto je na listovej ploche stále k dispozícii v dostatočnom množstve na to, aby bol schopný plniť funkciu stresora. Postupným prijímaním ošetrenej potravy je organizmus húseníc, vplyvom chemického insekticídu, stále viac oslabovaný, a tým stále menej odolný voči patogénom. Biopreparát odoláva nepriaznivým poveternostným vplyvom podstatne horšie ako chemický insekticíd. Množstvo patogéna na listovej ploche prudko klesá (v našich pokusoch za 5 dní priemerne na 10 % pôvodnej hodnoty). Súčasne však prudko stúpa oslabenie organizmu hostiteľa. V dôsledku poruchy imunity vyvolávanej stresorom podľahnú húsenice škodcu aj



8. Ošetrená pokusná plocha (jún). — The experimental plot treated by the microbial preparation (June)

9. Neošetrená pokusná plocha (jún). — The experimental plot without any treatment (June)

takej nízkej dávke patogénnych mikroorganizmov, ktorá by za normálnych okolností v organizme hostiteľa nemohla vyvolať výraznejšie patogénne zmeny. Čím bol vplyv poveternostných činiteľov v našich pokusoch intenzívnejší a podmienky pre vznik infekcie komplikovanejšie, tým bol priebeh mortality rozvláčnejší. Konečná mortalita však bola vždy dostatočne vysoká a konzumačná aktivita húseníc relatívne nízka. Celková účinnosť testovaných zmesí v nepriaznivých poveternostných podmienkach presiahla v priemere o 18,5 % účinnosť čistého biopreparátu.

Pri kalamitnom premnožení *Lymantria dispar* (L.) pripadá na jednotku listovej plochy mimoriadne veľké množstvo húseníc škodcu. Po druhom instare sa stáva žer intenzívnym a defoliácia denne prudko stúpa. Preto má veľký význam, okrem celkovej účinnosti prípravku, aj jeho schopnosť ochrániť asimilačné orgány drevín pred výraznejším žerom. Z tohoto pohľadu je najrozhodujúcejšou schopnosť prípravku čo najrýchlejšie vyvolať v organizme škodcu taký stav, pri ktorom sa minimalizuje príjem potravy (apatia, nechúť k potrave), resp. sa príjem potravy úplne zastavuje (silná apatia, ochrnutie). Ak prípravok dosiahne takýto efekt čo najskôr po aplikácii, stáva sa časový úsek, za ktorý sa dosiahne dostatočne vysoká mortalita, iba druhotne dôležitým. Z toho vyplýva, že aj pri relatívne dlhej dobe hynutia húseníc škodcu môže byť zaručená dostatočná ochrana listovej plochy. Dôkazom toho je pokus so zmesou Bathurin + Dimilin. V tomto pokuse bola dosiahnutá dostatočne vysoká mortalita až dvadsaťjeden dní po aplikácii. Za túto relatívne dlhú dobu hynutia húsenice zničili iba 10 % asimilačných orgánov, zatiaľ čo na neošetrenej ploche až 65 %. Konzumačná aktivita húseníc bola 20-násobne menšia ako na neošetrenej ploche. Ešte výraznejší bol efekt vyvolávania nezájmu o potravu v pokusoch s kombináciami Bathurin + Nomolt a Bathurin + Karate. V týchto pokusoch bola konzumačná aktivita húseníc viac než 80-násobne menšia, ako na neošetrenej ploche.

Na ploche ošetrenej čistým Bathurinom bola konzumačná aktivita húseníc štvornásobne vyššia ako v uvedených dvoch pokusoch. Pritom žer za sledované obdobie dosiahol hodnotu 20 % a v dôsledku účinnosti nižšej ako 90 % ďalej pokračoval a stával sa intenzívnejším.

Získané výsledky potvrdili, že pokusne overené zmesi biopreparátov a subletálnych dávok chemických insekticídov sú schopné ochrániť listovú plochu drevín pred výraznejším žerom.

Selektívnosť insekticídov aplikovaných v lesných ekosystémoch je jednou zo základných podmienok integrovanej ochrany lesa. Preto sa stala aj jedným z rozhodujúcich kritérií pri špecifikovaní vhodnosti, resp. nevhodnosti toho-ktorého insekticídu ako stresora do kombinácie s biologickým insekticídom. Keďže v našich pokusoch, podobne ako v pokusoch mnohých autorov pred nami, sa opäť ukázala vysoká selektívnosť biopreparátu na báze *Bacillus thuringiensis*. Rozhodujúcim pre využívanie synergizmu v teréne sa stal vplyv stresora na cieľové druhy hmyzu.

Ekosystémy dubových porastov majú veľmi bohatú zoocenózu, preto aplikácia máloselektívnych, resp. neselektívnych prípravkov má za následok výrazne poškodenie zoocenóz. Následne môže vplyv druhovej nevyváženosti vyvolávať nežiadúce reakcie ekosystému. V našich pokusoch boli z tohoto aspektu najoptimálnejším stresorom biotechnické prípravky Nomolt a Dimilin. Kombinácie, v ktorých boli použité tieto prípravky, pôsobili iba na *Lepidoptera* a nepôsobili na ostatné v pokuse prítomné druhy článkonožcov. Zásah prežili *Hymenoptera*, *Diptera*, *Coleoptera* a *Arachnoidea*.

V kombinácii, kde bol stresorom pyrethroid Karate, mortalita cieľových druhov hmyzu dosiahla 37 %. Z celkového úhynu pripadalo 40 % na *Hymenoptera* (všetko *Formicidae*) a 60 % na *Diptera* (všetko *Larvaevoridae*). Neuhynuli *Coleoptera* a zástupcovia triedy *Arachnoidea*. Negatívny vplyv pyrethroidu na zoocenózu vznikol aj napriek tomu, že použitá dávka 0,5 g účinnej látky na ha je hlboko podprahová (výrobca stanovuje pre *Lepidoptera* 12,5–30 g účinnej látky na ha). Zistená účinnosť tohoto moderného pyrethroidu zvyrazňuje jeho mimoriadnu výkonnosť a široký záber, ktorý je však skôr prekážkou než výhodou pri jeho využití v zložitých lesných ekosystémoch. Získané poznatky naznačujú, že využitie pyrethroidov ako stresora bude obmedzené. Vhodnosť ich použitia je opodstatnená v prípadoch, kedy je nevyhnutné čo najrýchlejšie zabrániť húseniciam škodcu v ďalšom žere. Prevažne teda v najmladších porastoch, kde je listová plocha veľmi malá, a tým i nebezpečenstvo rýchleho holožeru veľmi vysoké. Špeciálne sa to týka ihličnatých kultúr a mladín, kde je už silnejší žer vážnym nebezpečenstvom pre ďalšiu existenciu porastov. Pre porovnanie uvádzame, že mortalita cieľových druhov hmyzu v samostatných aplikáciách čistých pyrethroidov (Karate 5 EC a Cymbush 10 EC) bola 100 % (Patočka a Novotný 1985).

Výsledky pokusných aplikácií jednotlivých kombinácií dokázali, že subletálne dávky použitých insekticídov nenarušili poslanie ani životnosť spór entomopatogénnych baktérií. Porovnanie počtu aktívnych spór medzi kombináciou a čistým biopreparátom (tabuľka II) nepreukázalo žiadny podstatnejší rozdiel. Naproti tomu sa pri podporení biopreparátu subletálnou dávkou chemického insekticídu zvýšila účinnosť biopreparátu o 16 až 21 %, čím sa dosiahla dostatočná účinnosť na húsenice škodcu. Súčasne pri správnej voľbe a dávke stresora nestráca biopreparát svoju najpodstatnejšiu vlastnosť — vysokú selektívnosť.

Na základe našich pokusov možno doplniť zoznamy chemických in-

sekticídov vhodných pre zmesi s baktériami *Bacillus thuringiensis* Ber. zostavené autormi Benz (1971), Angus a Luthy (1971), Jaques a Morris (1981), Kudler a Lysenko (1980, 1984), o tieto insekticídy a ich dávky: Dimilin 25 WP — 50 g na ha (Kudler a Lysenko 1984 uvádza dávku 400 g na ha), Nomolt CM 13406 — 50 ml na ha, Karate 5 EC — 10 ml na ha.

Na základe všetkých posúdených kritérií sme dospeli k záveru, že z hľadiska integrovanej ochrany lesa sú najoptimálnejšie tieto kombinácie biopreparátu a subletálnej dávky chemického insekticídu: Bathurin 82 S 16 l na ha + Nomolt 50 ml na ha a Bathurin 82 S 16 l na ha + Dimilin 25 WP 50 g na ha.

Literatúra

- ANGUS, T. A. — LUTHY, P.: Formulation of microbial insecticides. In: Burges, H. D. and Hussey, N. W.: Microbial Control of Insects and Mites. Acad. Press, London — New York 1971, s. 623-638
- BENZ, G.: Synergism of micro-organism and chemical insecticides. In: Burges, H. D. and Hussey, N. W.: Microbial Control of Insects and Mites. Acad. Press, London — New York 1971, s. 327-355
- FRANZ, J. M.: Influence of environment and modern trends in crop management on microbial control. In: Burges, H. D. and Hussey, N. W.: Microbial Control of Insects and Mites. London — New York, Acad. Press, 1971, s. 407-444
- FRINGER, R.: Case history of a gypsy moth program. DIMILIN: Break through in pest control. research bulletin by Agri — Fildman and Consultant, 1978. In: Duphar B. V. Documentation Department: Selected data on the efficacy of Dimilin for the control of forest insect pest. April 1982, s. 6-7
- JAQUES, R. P. — MORRIS, O. N.: Compatibility of pathogens with other methods of pest control and with different crops. In: Burges, H. D.: Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970—1980. Acad. Press, London — New York 1981, s. 695-715
- KUDLER, J. — LYSENKO, O.: Pokusy s hubením bekyně vrbové (*Leucoma salicis* L.) patogenními mikroorganismy. Lesnický časopis, 9, 1963, s. 787-798
- KUDLER, J. — LYSENKO, O.: K otázce využití entomogenních bakterií v kombinaci se subletálními dávkami syntetického pyrethrinu v boji proti hmyzím škůdcům. Práce VÚLHM Jiloviště-Strnady, č. 48, 1976, s. 111-124
- KUDLER, J. — LYSENKO, O.: Výsledky bakteriálních testů na píďalku tmavoskvrňáče (*Bupalus piniarius* L.). Lesnictví, 2, 1977, s. 117-126
- KUDLER, J. — LYSENKO, O.: Účinnost entomopatogenních bakterií a synergismus s chemickými stresory. Závěrečná zpráva VÚLHM 1980, s. 12-33
- KUDLER, J. — LYSENKO, O.: Možnosti kombinace entomopatogenních bakterií s insekticidy. Zprávy lesnického výskumu, 2, 1984, s. 25-27
- LESKOVA, A. J.: O srovnateľnej vospriimčivosti ličinok i imag nekatorych nasekomych k Entobakterinu — 3. Ispolzovanie mikroorganizmov v životnovodstve i dlja zaščity rastenij. Leningrad, 1968, s. 119-122
- LINSKIJ, V. G.: Neparnoj šelkoprrjad. Zaščita rastenij, 10, 1983, s. 64
- NOVOTNÝ, J.: Před novou kalamitou minísky veľkohlavej — *Lymantria dispar* L. Les, 1985, č. 7, s. 310-313
- PATOČKA, J. — NOVOTNÝ, J.: Hmyz a jeho vplyv na hromadné hynutie duba. Etapa čiastkovej výskumnej úlohy Výskum hromadného odumierania dubov. Závěrečná správa VÚLH, Zvolen, 1985, s. 80-112
- SKATULLA, U.: Über die Wirkung des Entwicklungshemmers Dimilin auf Forstinsekten. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 48, 1975, s. 145-147
- STAIRS, G. R.: Pathogenic microorganisms in the regulation of forest insect populations. Ann. Rev. Ent., 17, 1972, s. 355-372
- ŠVESTKA, M. — VAŇKOVÁ, J.: Action of preparations of *Bacillus thuringiensis* Berl. against the population of larch bud moth *Zeiraphera diniana* Gn. in spruce growths of the Krkonoše (Giant Mountains) region. Ztschr. f. angew. Entomologie, 98, 2, 1984, s. 164-173
- ŠVESTKA, M. — VAŇKOVÁ, J.: Působení umělého deště na perzistenci spór *Bacillus thuringiensis* Berl. Lesnictví, 1976, č. 10, s. 829-838

ŠVESTKA, M. — VAŇKOVÁ, J.: Über die Wirkung von *Bacillus thuringiensis* kombiniert mit syntetischem Pyrethroid auf *Orgyia antiqua* L. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 51, 1978, s. 5-9

ŠVESTKA, M. — VAŇKOVÁ, J.: Über die Wirkung von *Bacillus thuringiensis* in Kombination mit dem synthetischen Pyrethroid Ambush auf *Operophtera brumata*, *Tortrix viridana* und die Insektenfauna eines Eichenbestandes. Anz. Sädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 53, 1980, s. 6-10

VAŇKOVÁ, J.: Dosavadní zkušenosti s použitím *Bacillus thuringiensis* — perzistence preparátu v terénních pokusech. Sührnný referát zo semináru Integrovaná a biologická ochrana rostlin v současnosti, ÚVTI Praha, 1975, s. 61-68

VAŇKOVÁ, J. — ŠVESTKA, M.: Persistenz und Wirksamkeit von *Bacillus thuringiensis* — Präparaten in Freilandversuchen. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 49, 1976, s. 33-38

WEISER, J.: Nemoci hmyzu. Academia, Praha, 1966, 556 s.

Došlo dne 9. 1. 1986

НОВОТНЫ, Ю. — ШВЕСТКА, М. (Výskumná stanica VŮLH, Banská Štiavnica; pracovisko VŮLHM, Znojmo). Взаимодействие биологических и химических инсектицидов на гусеницы непарного шелкопряда *Lymantria dispar* (L.). Lesnictví, 32, 1986 (12): 1115-1128.

Авиационное применение биопрепарата батурин 82 S (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) от непарного шелкопряда, проведенное нами в третьей декаде в мае 1985 г. в дубовых насаждениях южной Словакии, подтвердило явно неблагоприятное влияние главным образом атмосферных осадков на эффективность биопрепаратов. Одновременно наши опыты с использованием синергизма биопрепарата и сублетальной дозы химического инсектицида доказали чрезвычайную пригодность этого метода для периода с резко непостоянной погодой. Половинная доза биопрепарата батурин 82 S (16 л/га), подкрепленная сублетальной дозой биотехнического препарата димилин 25 WP (50 г/га), достигла эффективности 94,65 %. При равной дозе биопрепарата и сублетальной дозе биотехнического препарата номолт (50 мл/га) эффективность составляла 97,64 %. В смеси биопрепарата и синтетического пиретроида карате 5 ЕС (10 мл/га) эффективность была самой высокой — 99,03 %. По сравнению с чистым биопрепаратом эффективность проверяемых смесей была выше на 16—21 %. При оценке пригодности стрессора существенным показателем нами считалось влияние применяемых смесей на нецелевые виды насекомых, или же на другие членистоногие. Обе комбинации действовали селективно, у которых стрессором был биотехнический препарат. Смесь биопрепарата и пиретроида карате 5 ЕС вызывала 36,66 % падежа нецелевых видов насекомых. Погибали *Hymenoptera* и *Diptera*, *Coleoptera* и представители класса *Arachnoidea* оставались. Проверяемые комбинации были способны в достаточной степени защитить листовую площадь древесных пород от значительной дефолиации.

С точки зрения интегрированной защиты леса применение биопрепаратов от непарного шелкопряда в неблагоприятную погоду лучше всего использовать синергизм биопрепаратов и сублетальной дозы биотехнических инсектицидов, ингибирующих синтез хитина (номолт, димилин). Данные, полученные в наших опытах, можно соответственно применить и для условий биологической борьбы с другими листогрызущими насекомыми.

охрана лесов; инсектициды; биопрепараты; непарный шелкопряд

NOVOTNÝ, J. — ŠVESTKA, M. (Výskumná stanica VŮLH, Banská Štiavnica; workplace of VŮLHM Znojmo). The Synergism of Biological and Chemical Insecticides in the Control of Hymenopterous Larvae of Gypsy Moth *Lymantria dispar* (L.). Lesnictví, 32, 1986 (12): 1115-1128.

Aerial application of the microbial preparation Bathurin 82 S (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) was performed to control *Lymantria dispar* L. in the oak stands in Southern Slovakia in the third decade of May in 1985; it confirmed an expressively negative influence of mainly atmospheric precipitation on the efficiency of the microbial preparations. Simultaneous trials testing the synergism of the microbial preparation and a sublethal dose of chemical insecticide demonstrated that this method was extraordinarily suitable for the periods with rather unsettled weather. Half the dose of the microbial preparation Bathurin 82 S (16 l per ha) combined with the sublethal dose of the biotechnological preparation Dimilin 25 WP (50 g per ha) had the efficiency of 94.65 %. The efficiency of the same dose of the

microbial preparation and the sublethal dose of the biotechnological preparation Nomolt (50 ml per ha) made 97.64 %. The combination of the microbial preparation and the synthetic pyrethroid Karate 5 EC (10 ml per ha) reached the highest efficiency — 99.03 %. In comparison with the microbial preparations applied alone, the efficiency of the tested combinations was higher by 16–21 %. Evaluating the suitability of the chemical insecticide, we considered as an important indicator the effect of the applied mixtures on the non-supervised insect species, or on the other arthropods. The two combinations with the biotechnological preparation as a chemical insecticide had selective effects. The combination of the microbial preparation and pyrethroid Karate 5 EC caused 36.66 % mortality of the other non-supervised insect species. *Hymenoptera* and *Diptera* were killed, *Coleoptera* and the individuals of the class *Arachnoidea* survived. The tested combinations did not cause any larger defoliation keeping the sufficiently large leaf area of the tree species.

In view of the integrated forest protection, for the field application of the microbial preparations controlling *Lymantria dispar* L. it is best to make use of the synergism of the microbial preparations and a sublethal dose of the biotechnological insecticides inhibiting chitin synthesis (Nomolt, Dimilin) in unfavorable weather conditions. The findings from our trials can be adequately applied to the biological control of the other leaf-eating pests.

forest protection; insecticides; microbial preparations; gypsy moth

NOVOTNÝ, J. — ŠVESTKA, M. (Výskumná stanica VŮLH, Banská Štiavnica; pracoviště VŮLHM, Znojmo). *Mitwirkung biologischer und chemischer Insektizide auf Aterraupen der Nonne Lymantria dispar* (L.). Lesnictví, 32, 1986 (12) : 1115–1128.

Die Flugapplikation des Biopräparats Bathurin 82 S (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) gegen *Lymantria dispar* L., die wir in der dritten Dekade des Mai 1985 in Eichenbeständen der Südslowakei verwirklicht haben, hat den sehr ungünstigen Einfluß besonders der atmosphärischen Niederschläge auf die Wirksamkeit von Biopräparaten bestätigt. Gleichzeitig haben unsere Versuche mit dem Synergismus des Biopräparats und der subletalen Dosis des chemischen Insektizids die außerordentliche Eignung dieser Methode für Zeiträume mit ausgeprägt un- ausgeglichenem Wetter erwiesen. Die halbe Dosis des Biopräparats Bathurin 82 S (16 l pro ha), unterstützt durch die subletale Dosis des biotechnischen Präparats Dimilin 25 WP (50 g pro ha) hat eine Wirksamkeit von 94,65 % erreicht. Bei gleicher Dosis des Biopräparats und subletaler Dosis des biotechnischen Präparats Nomolt (50 ml pro ha) war die Wirksamkeit 97,64 %. In der Mischung des Biopräparats und des synthetischen Pyrethroids Karate 5 EC (10 ml pro ha) war die Wirksamkeit am höchsten — 99,03 %. Gegenüber reinen Biopräparaten war die Wirksamkeit der getesteten Mischungen um 16–21 % höher. Für wesentlichen Anzeiger bei der Beurteilung der Eignung des Stressors haben wir den Einfluß der applizierten Mischungen auf Nichtzielarten von Insekten, bzw. auf andere Gliederfüßler gehalten. Selektiv haben beide Kombinationen gewirkt, in denen das biotechnische Präparat den Stressor darstellte. Die Mischung des Biopräparats mit dem Pyrethroid Karate 5 EC hat ein 36,66prozentiges Absterben der Nichtzielarten von Insekten bewirkt. *Hymenoptera* und *Diptera* starben ab, während *Coleoptera* und Vertreter der Klasse *Arachnoidea* nicht abstarben. Die getesteten Kombinationen waren imstande die Blattfläche der Holzarten vor wesentlicher Defoliation in ausreichendem Ausmaß zu schützen.

Vom Standpunkt des integrierten Forstschutzes aus gesehen ist es für die Geländeapplikation von Biopräparaten gegen *Lymantria dispar* L. bei ungünstigem Wetter am besten geeignet, den Synergismus von Biopräparaten und der subletalen Dosis biotechnischer Insektizide auszunützen, die die Chitinsynthese inhibieren (Nomolt, Dimilin). Die in unseren Versuchen gewonnenen Erkenntnisse können auf angemessene Weise auch auf die Bedingungen des biologischen Kampfes auch gegen blattfressende Insektenschädlinge angewandt werden.

Forstschutz; Insektizide; Biopräparate; Nonne

Adresy autorov:

Ing. Július Novotný, Výskumná stanica VŮLH, Lesnícka 11, 969 23 Banská Štiavnica

Ing. Milan Švestka, CSc., pracoviště VŮLHM, Horní Česká 46, 669 00 Znojmo
