

VĚDECKÝ ČASOPIS



LESNICTVÍ

9

ROČNÍK 31 (LVIII)
PRAHA
ZÁŘÍ 1985
CENA 12 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Vědecký časopis

LESNICTVÍ

Redakční rada: akademik ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc. (předseda), Ing. Zdeněk Bludovský, CSc., prof. Dr. Ing. Václav Douda, CSc., prof. Dr. Ing. Ján Halaj, DrSc., doc. Ing. Jan Kouba, CSc., Ing. Jan Materna, CSc., prof. Dr. Ing. Josef Pelíšek, DrSc., člen korespondent ČSAV prof. Ing. Adolf Priesol, DrSc., genmjr. Ing. Václav Růžicka, prof. Ing. Miroslav Stolina, DrSc.

Za vedení časopisu odpovídá akademik ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc.

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1985

CS ISSN 0024-1105

■
LESNICTVÍ uveřejňuje vědecká pojednání o vyřešených výzkumných úkolech ze všech oborů lesnické vědy, studie a rozborů. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541. Celoroční předplatné Kčs 144,—.

■
LESNICTVÍ публикует научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области лесохозяйственной науки, обзоры и анализы. Издаёт Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция: 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■
LESNICTVÍ publishes scientific treatises about the solved research tasks in the line of forest science, studies and analyses. Published by the Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office: 120 56 Prague 2, Slezská 7.

■
LESNICTVÍ veröffentlicht wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Forstwirtschaftswissenschaft, Studien und Analysen. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Informationen der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

M. Vyskot

VYSKOT, M. (Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Brno). *Asimilační aparát a vitalita smrku*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 753-784.

Pro rezistenci, vitalitu a produkci biomasy smrku má klíčový význam jeho asimilační aparát. Zkoumáme proto od roku 1948 populace smrku temperátní zóny na základě retrospektivního hodnocení mezinárodních výzkumných ploch (Mariabrunn, 1887—1888), komparativních ploch J. Bohdaneckého (česká milimetrová metoda 1880—1890), dále na recentních výzkumných plochách, zakládáných ve všech vegetačních stupních ČSSR (M. Vyskot, 1948—1984). Navíc jsme podrobili analytickému výzkumu biomasu 50 vzorníků smrku ve věku od 20 do 140 let v rámci Mezinárodního biologického programu IUBS a projektu 84 UNESCO — MAB (M. Vyskot 1974—1984). Dlouhodobé zkoumání populací smrku na uvedených výzkumných objektech evidentně prokázalo vliv proporcionálního asimilačního aparátu smrku na jeho zdravotní stav, odolnost a produkční potenciál. Velmi signifikantní je také individuální diferenciace v rámci smrkových populací. Stejnově i stejnorodé smrčiny ať z přirozené, nebo umělé obnovy se velmi záhy diferencují, takže vznikají stejnorodé třídy, definované již Kraftem (1884). Při zjednodušeném vyjádření této klasifikace do tří výškových tříd, tj. předrůstavé, úrovňové a podúrovňové, se při stejném věku projevují řádové rozdíly v hodnotách asimilačního aparátu. V důsledku přirozeného prořezávání smrkových populací dochází k úhynu těch individuí, která v této naturální selekci neobstála. Čím jsou pro smrk lepší stanovištní podmínky, tím tento proces naturálního úhynu probíhá pomaleji. Přitom v drtivém počtu případů odumírají stromy s malým asimilačním aparátem, jehož zmenšení může být přirozené nebo uměle vyvoláno, např. znečištěním ovzduší. Z toho plyne kauzální rezultat pro lesnickou fyto techniku (pěstební techniku), že v oslabených a ohrožených smrkových populacích je třeba od mládí pečovat o vytváření mocného asimilačního aparátu individuálním výběrem podle stromových tříd.

pěstění lesů; smrk; biomasa; znečištění ovzduší

Jsme aktivními aktéry akutní industriální a energetické intoxikace naší planety. Znečištění ovzduší je novým historickým fenomenem, na nějž jsme nebyli připraveni. Projevil se zdánlivě náhle v hrozivě ničivé podobě a vyžaduje proto účinná opatření. Bohužel jsme zatím exaktně ve stadiu analýz a postrádáme efektivní syntézu. To vynucuje při praktickém řešení využívat dosavadní empirie a draze experimentovat.

Jako při každé intoxikaci by prvním řešením měla být eradikace toxicity. To je ovšem za daného stavu civilizace hospodářsky nereálné. Zbývá tedy druhá cesta, a to moderace toxicity řadou omezujících opatření u zdrojů znečištění (např. odlučovače) a zvyšování rezistence organismů a populací.

Odolnost populace a ekosystému záleží na rezistenci individuí. V lesních ekosystémech je to tedy rezistence stromu. Ta má opět genetickou bázi a je ovlivněna antropickými opatřeními, zejména fyto technickými zásahy. Značnou roli hraje denzita populace, zejména uměle zakládáné, a použité metody selekce.

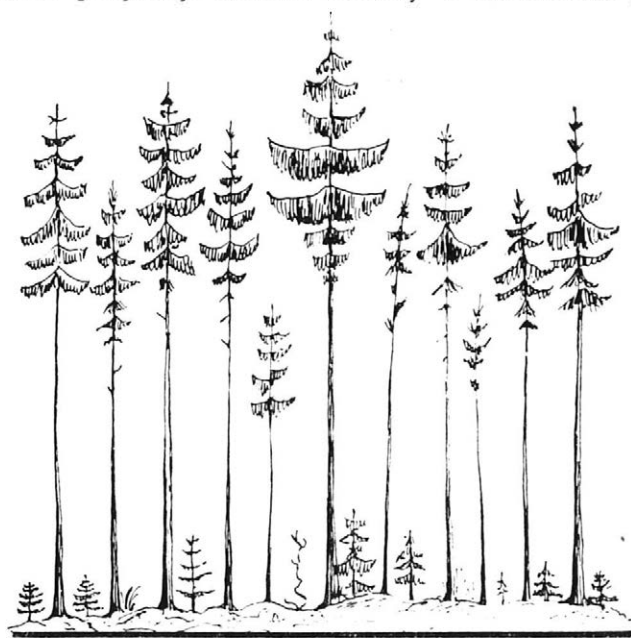
Rezistence stromu je přímo spjata s jeho vitalitou a ta opět s mocností a účinností asimilačního aparátu. Uvedené skutečnosti lze doložit na základě dlouholetých výzkumů konaných na mezinárodní úrovni.

DOSAVADNÍ VÝSLEDKY Z MEZINÁRODNÍCH A NÁRODNÍCH VÝZKUMNÝCH PLOCH

Pro realizaci, vitalitu a produkci biomasy smrku má klíčový význam jeho asimilační aparát. Zkoumáme proto od roku 1948 populace smrku temperátní zóny na základě retrospektivního hodnocení mezinárodních výzkumných ploch (Mariabrunn 1884—1888), komparativních ploch J. Bohdaneckého (Česká milimetrová metoda 1880—1890) a dále na našich recentních dlouhodobých výzkumných plochách v hlavních vegetačních oblastech ČSSR (M. Vyskot 1948—1984). Navíc jsme podrobili analytickému výzkumu komplexní biomasy 50 vzorníků smrku ve věku od 20 do 140 let v rámci mezinárodního biologického programu IUBS a projektu 84 UNESCO MAB (M. Vyskot 1974—1984).

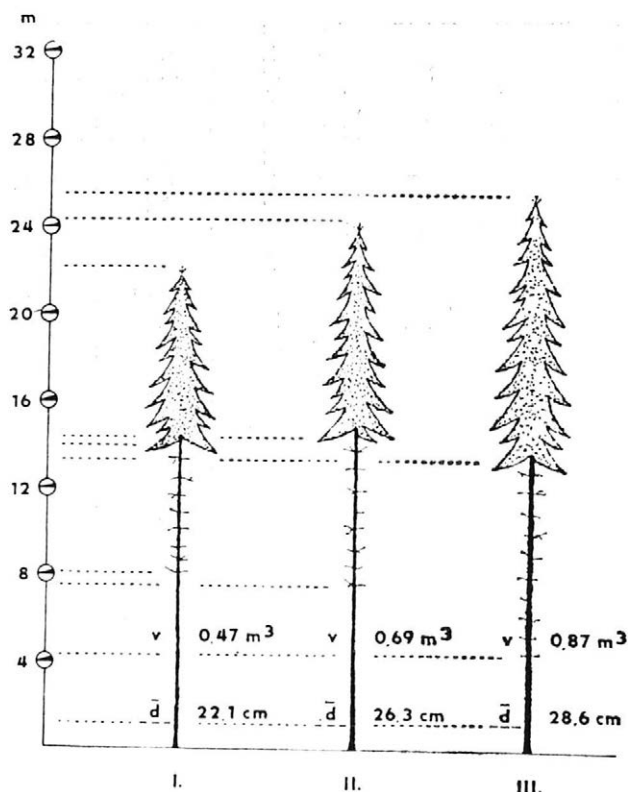
Dlouhodobé zkoumání smrku na uvedených výzkumných objektech evidentně prokázalo vliv proporcionálního asimilačního aparátu smrku na jeho sanitární stav, rezistenci a produkční potenciál. Přitom velmi signifikantní je individuální diferenciacie stromových jedinců v rámci smrkových populací stejnověké a stejnorodé smrčiny ať z přirozené, nebo umělé obnovy. Tito jedinci se velmi záhy výškově i jinak diferencují, takže vznikají růstové třídy, které definoval již Kraft (1884), obr. 1.

Při zjednodušené transformaci této klasifikace do tří vzrůstových tříd, tj. na stromy předrůstavé, úrovňové a podúrovňové, se při stejném věku projevují řádové rozdíly v hodnotách asimilačního aparátu.



1. Kraftova klasifikace stromů (1884) ve smrkovém porostu: 1. předrůstavé; 2. úrovňové; 3. zčásti úrovňové; 4. podúrovňové: a) vrůstavé, b) částečně zastíněné; 5. potlačené: a) životaschopné, b) odumírající a odumřelé. — Classification of trees by Kraft (1884) in a spruce stand: 1. dominant; 2. codominant; 3. partly dominant; 4. overtopped: a) intermediate, b) partly shaded; 5. suppressed: a) viable, b) dying and dead

2. Modelové stromy smrku v roce 1976 (Bedřichov 17b2): I — spon 1×1 m, II — spon $1,5 \times 1,5$ m, III — spon 2×2 m. — Model spruce trees in 1976 (Bedřichov 17b2): I — 1×1 m spacing, II — $1,5 \times 1,5$ m spacing, III — 2×2 m spacing



V důsledku přirozeného prořezávání smrkových populací dochází k úhynu těch jedinců, kteří v této naturální selekci z různých důvodů neobstáli. Čím jsou stanovištní podmínky pro smrk vhodnější, tím tento proces naturálního úhynu probíhá pomaleji. Přitom v dřevém počtu případů hynou nejdříve stromy s nedostatečným asimilačním aparátem, jehož malé dimenze mohou mít přirozené i umělé příčiny. Tak je tomu např. i při znečištění ovzduší, kdy odumíráním jehlic smrku, zejména starších ročníků, dochází k podstatnému zmenšení velikosti a funkce asimilačního aparátu.

Nyní některé příklady z dlouhodobého výzkumu. Zabýval jsem se po mnoho let hodnocením mezinárodního výzkumu hustoty populací smrku na základě dlouhodobých ploch podle metodiky bývalého lesnického výzkumného ústavu v Mariabrunnu u Vídně. Výsledky z nejzachovalejší výzkumné plochy na polesí Bedřichov, založené v roce 1891, ukazují (obr. 2), že největší průměrné dimenze dosáhly smrky při sponu 2×2 m v objemu $0,87 \text{ m}^3$, na druhém místě smrky ve sponu $1,5 \times 1,5$ m v objemu $0,69 \text{ m}^3$ a nejmenší hodnoty při sponu 1×1 m $0,47 \text{ m}^3$. Přitom v kategorii sponu 2×2 m byla šířka koruny 4,30 m a délka koruny 9,12 m, při sponu $1,5 \times 1,5$ m šířka 3,80 m a délka 7,45 m a při sponu 1×1 m šířka 3,50 m a délka 6,27 m. Z tohoto takřka stoletého pokusu je patrné, že hustota porostu má velký význam pro individuální vývoj stromu a velikost asimilačního aparátu.

Moje vlastní rozsáhlá šetření, jež se zabývala kvantifikací biomasy smrku v objemu a hmotnosti, ukázala velkou variabilitu asimilačního aparátu nejen podle věku stromů, ale také podle jejich dislokace ve

Ia. Smrk ztepilý Mrákotín 711. Objemové množství nadzemní a podzemní biomasy (m^3/ha). — Norway spruce Mrákotín 711. Volume amount of aboveground and underground biomass (m^3/ha)

Kategorie	Koruna	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa
		hroubí	nehroubí	celkem					
I.	8,670	40,234	2,411	42,645	51,315	3,405	3,836	7,241	58,556
II.	7,129	37,180	22,060	59,240	66,369	3,179	5,104	8,283	74,652
III.	0,456	0,393	1,670	2,063	2,519	0,137	0,165	0,302	2,821
Total	16,255	77,807	26,141	103,948	120,203	6,721	9,105	15,826	136,029

Ib. Smrk ztepilý Mrákotín 711. Váhové množství čerstvé nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Mrákotín 711. Weight amount of fresh aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větvě	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	16,175	8,073	35,900	2,536	38,436	62,684	25,8	3,027	3,939	6,966	69,650	23,2
II.	14,892	6,527	35,119	20,198	55,317	76,736	19,4	2,767	4,467	7,234	83,970	17,7
III.	0,531	0,396	0,358	1,449	1,807	2,734	19,4	0,123	0,154	0,277	3,011	17,6
Total	31,598	14,996	71,377	24,183	95,560	142,154	22,2	5,917	8,560	14,477	156,631	20,2

Ic. Smrk ztepilý Mrákotín 711. Váhové množství sušiny nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Mrákotín 711. Weight amount of dry aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větvě	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	7,283	5,442	19,907	1,332	21,239	33,964	21,4	2,070	2,281	4,351	38,315	19,0
II.	8,233	5,069	19,202	11,064	30,266	43,568	18,9	1,432	2,174	3,606	47,174	17,4
III.	0,317	0,327	0,194	0,781	0,975	1,619	19,6	0,062	0,077	0,139	1,758	18,0
Total	15,833	10,838	39,303	13,177	52,480	79,151	20,0	3,564	4,532	8,096	87,247	18,1

IIa. Smrk ztepilý Rájec 13bz. Objemové množství nadzemní a podzemní biomasy (m³/ha). — Norway spruce Rájec 13bz. Volume amount of aboveground and underground biomass (m³/ha)

Kategorie	Koruna	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa
		hroubí	nehroubí	celkem					
I.	4,604	117,892	1,394	119,286	123,890	12,419	8,837	21,256	145,146
II.	13,408	336,291	5,959	342,250	355,658	26,085	37,859	63,944	419,602
III.	0,242	3,329	0,206	3,535	3,777	0,394	0,417	0,811	4,588
Total	18,254	457,512	7,559	465,071	483,325	38,898	47,113	86,011	569,336

IIb. Smrk ztepilý Rájec 13bz. Váhové množství čerstvé nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Rájec 13bz. Weight amount of fresh aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větvě	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	7,827	4,167	101,871	2,279	104,150	116,144	6,7	11,463	7,768	19,231	135,375	5,8
II.	39,459	12,163	300,088	7,745	307,833	359,455	11,0	22,989	32,745	55,734	415,189	9,5
III.	0,245	0,211	2,871	0,200	3,071	3,527	6,9	0,342	0,331	0,673	4,200	5,8
Total	47,531	16,541	404,830	10,224	415,054	479,126	9,9	34,794	40,844	75,638	554,764	8,6

IIc. Smrk ztepilý Rájec 13bz. Váhové množství sušiny nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Rájec 13bz. Weight amount of dry aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větvě	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	4,461	2,710	53,119	1,178	54,297	61,468	7,3	5,852	3,967	9,819	71,287	6,2
II.	19,566	7,433	154,494	3,987	158,481	185,480	10,5	12,311	17,597	29,908	215,388	9,1
III.	0,126	0,169	1,528	0,109	1,637	1,932	6,5	0,180	0,183	0,363	2,295	5,5
Total	24,153	10,312	209,141	5,274	214,415	248,880	9,7	18,343	21,747	40,090	288,970	8,4

IIIa. Smrk ztepilý Rájec 10d. Objemové množství nadzemní a podzemní biomasy (m^3/ha). — Norway spruce Rájec 10d. Volume amount of aboveground and underground biomass (m^3/ha)

Kategorie	Koruna	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa
		hroubí	nehroubí	celkem					
I.	6,752	67,641	0,639	68,280	75,032	6,969	8,976	15,945	90,977
III.	5,012	56,075	4,623	60,698	65,710	7,536	5,652	13,188	78,898
II.	24,351	337,965	4,190	342,155	366,506	26,769	26,084	52,853	419,359
Total	36,115	461,681	9,452	471,133	507,248	41,274	40,712	81,986	589,234

IIIb. Smrk ztepilý Rájec 10d. Váhové množství čerstvé nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Rájec 10d. Weight amount of fresh aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větve	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	10,944	5,987	65,569	1,451	67,020	83,951	13,0	6,444	8,408	14,852	98,803	11,1
III.	6,224	4,403	53,152	4,725	57,877	68,504	9,1	6,912	5,215	12,127	80,631	7,7
II.	34,672	21,535	318,213	8,303	326,516	382,723	9,0	25,274	24,189	49,463	432,186	8,0
Total	51,840	31,925	436,934	14,479	451,413	535,178	9,7	38,630	37,812	76,442	611,620	8,5

IIIc. Smrk ztepilý Rájec 10d. Váhové množství sušiny nadzemní a podzemní biomasy (t/ha). — Norway spruce Rájec 10d. Weight amount of dry aboveground and underground biomass (t/ha)

Kategorie	Jehličí + prýty	Větve	Kmen			Nadzemní biomasa celkem	% jehličí nadzemní biomasy	Pařez	Kořeny	Podzemní biomasa celkem	Celková biomasa	% jehličí celkové biomasy
			hroubí	nehroubí	celkem							
I.	6,991	3,826	32,277	0,634	32,911	43,728	16,0	3,581	4,690	8,271	51,999	13,4
III.	3,776	3,726	29,858	1,786	31,644	39,146	9,6	3,615	2,777	6,392	45,538	8,3
II.	21,506	14,186	151,316	3,548	154,864	190,556	11,3	13,206	12,675	25,881	216,437	9,9
Total	32,273	21,738	213,451	5,968	219,419	273,430	11,8	20,402	20,142	40,544	313,974	10,3

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Věk ve výčetní výšce		19	22	20	19	19	20,0
Průměrná šířka letokruhu	mm	4,13	3,98	4,25	4,16	4,04	4,11
Výčetní tloušťka	cm	17,4	18,8	18,3	16,7	16,1	17,5
Výška	m	12,5	13,2	13,6	13,6	12,1	13,0
Délka koruny	m	9,2	6,1	11,6	8,4	9,9	9,0
Šířka koruny	m	3,2	3,5	4,0	3,2	3,2	3,4
Plocha koruny	m ²	8,0	9,6	12,6	8,0	8,0	9,2
Tloušťka pařezu	cm	32,5	35,0	37,5	24,5	27,2	31,3
Šířka kořene	m	4,1	4,8	5,2	4,1	5,2	4,7
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	209,592	231,950	226,015	202,073	173,359	208,598
z toho objem							
— hroubí	dm ³	166,060	184,540	184,340	153,594	129,225	163,552
— nehroubí	dm ³	43,532	47,410	41,675	48,479	44,134	45,046
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	72,948	56,920	98,827	36,835	63,231	65,752
— větve	kg	33,174	39,434	36,082	32,202	23,196	32,818
— kmen — hroubí	kg	146,332	169,465	164,880	136,156	112,835	145,933
— nehroubí	kg	9,230	7,891	2,698	13,075	18,660	10,321
— celkem	kg	261,684	273,710	302,487	218,268	217,922	254,814
% jehličí s prýty z							
celkové nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	27,9	20,8	32,7	16,9	29,0	25,8

Pokračování tab. IV

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	28,895	24,190	44,670	18,383	31,889	29,606
— větve	kg	23,573	25,971	23,133	22,580	15,352	22,122
— kmen — hroubí	kg	87,096	95,157	92,021	71,732	58,607	80,923
— nehroubí	kg	4,518	4,430	1,553	6,889	9,692	5,416
— celkem	kg	144,083	149,748	161,377	119,584	115,540	138,067
% jehličí s prýty z nadzemní biomasy v sušině	%	20,0	16,2	27,7	15,4	27,6	21,4
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	19,201	26,728	31,196	33,581	38,702	29,882
Čerstvá hmotnost	kg	25,885	24,329	27,974	29,332	34,066	28,317
Sušina	kg	15,031	19,177	20,300	15,877	18,055	17,688
Celková biomasa							
Objem	dm ³	226,793	258,678	257,211	235,654	212,061	238,480
Čerstvá hmotnost	kg	287,569	298,039	330,461	247,600	251,988	283,131
Sušina	kg	159,114	168,925	181,677	135,461	133,595	155,755
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	25,4	19,1	29,9	14,9	25,1	23,2
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	18,1	14,3	24,6	13,6	23,9	19,0

Kategorie		II.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Věk ve výčetní výšce		20	20	20	20	20	20
Průměrná výška letokruhu	mm	1,82	1,77	1,87	1,76	1,85	1,81
Výčetní tloušťka	cm	8,5	8,2	8,7	8,1	8,7	8,4
Výška	m	10,1	9,1	10,1	9,9	8,4	9,5
Délka koruny	m	6,4	5,6	6,2	5,4	4,0	5,5
Šířka koruny	m	2,1	2,4	1,8	1,9	1,8	2,0
Plocha koruny	m ²	3,5	4,5	2,5	2,8	2,5	3,2
Tloušťka pařezu	cm	12,7	12,4	12,1	11,6	11,9	12,1
Šířka kořene	m	4,0	3,8	2,1	2,5	2,5	3,0
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	31,745	32,350	37,807	31,085	30,003	32,597
z toho objem — hroubí	dm ³	18,132	17,902	20,437	17,537	17,298	18,261
— nehroubí	dm ³	13,613	14,448	17,370	13,548	12,705	14,336
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	6,284	9,572	6,079	8,671	5,966	7,315
— větve	kg	4,077	4,518	2,548	2,420	2,467	3,206
— kmen — hroubí	kg	17,168	16,906	19,455	16,512	16,203	17,249
— nehroubí	kg	8,177	8,775	13,407	9,990	9,254	9,920
— celkem	kg	35,707	39,771	41,489	37,593	33,890	37,690
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	17,6	24,1	14,6	23,1	17,6	19,4

Pokračování tab. IV

Kategorie		II.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	3,639	5,927	3,504	4,729	3,420	4,044
— větve	kg	3,292	3,576	1,965	1,704	1,912	2,490
— kmen — hroubí	kg	9,272	9,128	11,089	8,915	8,751	9,431
— nehroubí	kg	4,409	4,735	7,636	5,395	4,997	5,433
— celkem	kg	20,612	22,366	24,194	20,743	19,080	21,398
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	17,6	22,0	14,5	22,8	17,9	18,9
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	1,838	6,341	4,840	3,907	3,417	4,068
Čerstvá hmotnost	kg	1,602	5,537	4,210	3,422	2,995	3,553
Sušina	kg	0,863	2,823	1,875	1,775	1,552	1,771
Celková biomasa							
Objem	dm ³	33,583	38,691	42,647	34,992	33,420	36,665
Čerstvá hmotnost	kg	37,309	45,308	45,699	41,015	36,885	41,243
Sušina	kg	21,475	25,189	26,069	22,518	20,602	23,169
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	16,9	21,1	13,3	21,1	16,2	17,7
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	16,9	19,6	13,4	21,0	16,6	17,5

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Věk ve výčetní výšce		20	16	15	20	20	18	19
Průměrná šířka letokruhu	mm	1,20	1,47	1,43	1,12	1,17	1,28	2,40
Výčetní tloušťka	cm	5,9	5,9	5,1	5,7	5,6	5,6	10,5
Výška	m	7,0	7,3	5,9	7,5	8,2	7,2	9,9
Délka koruny	m	2,0	3,3	3,7	3,6	3,4	3,2	5,9
Šířka koruny	m	1,8	1,6	2,5	1,9	1,6	1,9	2,4
Plocha koruny	m ²	2,5	2,0	4,9	2,8	2,0	2,8	5,1
Tloušťka pařezu	cm	7,7	8,6	9,4	7,1	8,2	8,2	17,2
Šířka kořene	m	2,2	2,2	2,1	2,2	2,0	2,1	3,3
Nadzemní biomasa								
Celkový objem	dm ³	11,617	11,754	8,196	12,886	13,342	11,559	84,251
z toho objem — hroubí	dm ³	1,853	1,913	1,610	2,075	1,566	1,804	61,206
— nehroubí	dm ³	9,764	9,841	6,586	10,811	11,776	9,755	23,045
Čerstvá hmotnost								
— jehličí s prýty	kg	1,585	3,204	3,321	3,579	2,154	2,434	25,167
— větve	kg	1,812	2,105	1,345	1,770	2,046	1,815	12,613
— kmen — hroubí	kg	1,686	1,707	1,511	1,854	1,455	1,643	54,942
— nehroubí	kg	6,791	6,364	4,100	7,697	8,299	6,650	8,960
— celkem	kg	11,874	11,710	10,277	14,900	13,954	12,543	101,682
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	13,4	27,4	32,3	24,0	15,4	19,4	24,7

Pokračování tab. IV

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Sušina								
— jehličí s prýty	kg	0,941	1,015	1,995	2,008	1,314	1,454	11,701
— větve	kg	1,562	1,805	1,056	1,375	1,711	1,502	8,705
— kmen — hroubí	kg	0,878	0,904	0,877	1,002	0,786	0,889	30,414
— nehroubí	kg	3,531	3,374	2,378	4,156	4,481	3,584	4,811
— celkem	kg	6,912	7,098	6,306	8,541	8,292	7,429	55,631
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	13,6	14,3	31,6	23,5	15,8	19,6	21,0
Podzemní biomasa								
Objem	dm ³	1,554	1,333	1,537	1,327	1,777	1,385	11,778
Čerstvá hmotnost	kg	1,399	1,193	1,461	1,277	1,058	1,277	11,049
Sušina	kg	0,730	0,608	0,718	0,645	0,537	0,648	6,702
Celková biomasa								
Objem	dm ³	13,171	13,087	9,733	14,213	14,519	12,944	96,030
Čerstvá hmotnost	kg	13,273	12,903	11,738	16,177	15,012	13,820	112,731
Sušina	kg	7,642	7,706	7,024	9,186	8,829	8,077	62,333
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	11,9	24,8	28,3	22,1	14,3	17,6	22,3
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	12,3	13,2	28,4	21,9	14,9	18,0	18,8

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Věk ve výčetní výšce		53	54	54	52	52	53
Výčetní tloušťka	mm	25,8	29,4	29,6	31,7	29,3	29,2
Průměrná šířka letokruhu	mm	2,3	2,6	2,6	2,9	2,7	2,6
Výška	m	24,9	24,5	28,0	27,0	26,3	26,1
Délka koruny	m	11,1	10,5	14,2	14,4	10,0	12,2
Šířka koruny	m	4,9	5,6	5,2	5,3	5,4	5,3
Plocha koruny	m ²	18,9	24,6	21,2	22,1	22,9	21,9
Tloušťka pařezu	cm	34,2	51,7	48,9	44,7	44,9	44,9
Šířka kořene	m	10,7	11,4	8,7	14,1	9,2	10,8
Maximální hloubka kořene	cm	73,0	73,0	62,0	175,0	37,0	84,0
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	692,140	879,940	1001,312	1139,951	979,482	938,565
z toho objem — hroubí	dm ³	643,518	827,338	961,012	1072,775	960,966	893,122
— nehroubí	dm ³	48,622	52,602	40,300	67,176	18,516	45,443
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	45,974	199,548	14,077	19,332	17,548	59,296
— větve	kg	27,006	41,612	27,434	53,230	8,559	31,568
— kmen — hroubí	kg	522,005	779,159	838,734	956,550	762,305	771,751
— nehroubí	kg	22,830	14,640	19,960	20,440	8,392	17,266
— celkem	kg	617,875	1038,959	900,205	1049,560	796,804	879,881
% jehličí s prýty celkové nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	7,4	19,3	1,6	1,8	2,2	6,7

Pokračování tab. V

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	23,565	118,484	7,557	9,935	9,458	33,800
— větve	kg	18,109	23,157	16,655	39,068	5,668	20,531
— kmen — hroubí	kg	326,914	391,138	415,176	467,362	402,494	402,147
— nehroubí	kg	12,767	7,349	9,881	10,183	4,430	8,922
— celkem	kg	381,355	540,128	449,269	535,548	422,050	465,670
% jehličí s prýty celkové nadzemní biomasy v sušině	%	6,2	21,9	1,7	1,9	2,2	7,3
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	118,665	146,593	168,970	189,854	181,089	161,034
Čerstvá hmotnost	kg	108,116	130,996	153,991	174,755	160,641	145,700
Sušina	kg	55,144	66,638	80,230	88,668	81,257	74,387
Celková biomasa							
Čerstvá hmotnost	kg	725,991	1165,955	1054,196	1224,315	957,445	1025,581
Sušina	kg	436,499	606,766	529,499	624,216	503,307	540,057
a v % čerstvé hmotnosti		60,1	52,0	50,2	51,0	52,5	52,7
Objem	dm ³	810,805	1026,533	1170,282	1329,805	1160,571	1099,599
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	6,3	17,1	1,3	1,6	1,8	5,8
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	5,4	19,5	1,4	1,6	1,8	6,3

Kategorie		II.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Věk ve výčetní výšce		50	49	50	50	49	53
Výčetní tloušťka	cm	12,8	11,5	11,6	12,9	12,8	12,3
Průměrná šířka letokruhu	mm	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3
Výška	m	17,6	15,1	15,0	16,5	18,1	16,5
Délka koruny	m	5,2	3,8	3,0	5,3	5,3	4,5
Šířka koruny	m	2,0	2,2	1,7	3,2	2,3	2,3
Plocha koruny	m ²	3,1	3,8	2,3	8,0	4,2	4,3
Tloušťka pařezu	cm	22,2	18,0	18,7	18,7	17,3	18,9
Šířka kořene	m	8,1	10,0	4,0	4,6	3,8	6,1
Maximální hloubka kořene	cm	39,0	40,0	58,0	40,0	47,0	44,8
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	138,963	80,527	99,578	123,830	129,457	114,471
z toho objem — hroubí	dm ³	128,960	68,480	80,774	111,057	115,203	100,095
— nehroubí	dm ³	10,003	12,047	18,804	12,773	14,254	13,576
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	9,690	6,305	3,417	7,081	10,700	7,439
— větve	kg	5,288	8,159	5,611	7,923	5,035	6,403
— kmen — hroubí	kg	116,597	61,344	63,163	96,635	97,244	86,996
— nehroubí	kg	4,187	2,513	10,464	4,283	8,824	6,058
— celkem	kg	135,762	78,321	82,655	115,922	121,821	106,896
% jehličí s prýty celkové nadzemní biomasy							
v čerstvé hmotnosti	%	7,1	8,1	4,1	6,1	8,8	7,0

Pokračování tab. V

Kategorie		III.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	5,106	3,239	1,784	3,485	5,538	3,831
— větve	kg	4,373	7,079	4,516	5,597	4,072	5,127
— kmen — hroubí	kg	65,297	31,905	32,131	48,654	53,533	46,304
— nehroubí	kg	2,339	1,307	5,990	2,153	4,721	3,302
— celkem	kg	77,115	43,530	44,421	59,889	67,864	58,564
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	6,6	7,4	4,0	5,8	8,2	6,5
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	21,751	28,943	31,138	16,671	24,389	24,578
Čerstvá hmotnost	kg	18,249	22,562	26,828	14,162	20,292	20,419
Sušina	kg	9,124	11,868	14,246	9,303	10,409	10,989
Celková biomasa							
Čerstvá hmotnost	kg	154,011	100,003	109,483	130,084	142,113	127,315
Sušina	kg	86,239	55,398	50,667	69,192	78,273	69,554
v % čerstvé hmotnosti		56,0	54,9	53,6	53,2	55,1	54,6
Objem	dm ³	160,714	109,470	130,716	140,501	153,846	139,049
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	6,3	6,3	3,1	5,4	7,5	5,8
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	5,9	5,9	3,0	5,0	7,1	5,5

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Věk ve výčetní výšce		50	48	54	56	53	52	52
Výčetní tloušťka	cm	21,5	21,6	21,2	21,9	21,3	21,5	21,0
Průměrná šířka letokruhu	mm	2,0	2,1	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9
Výška	m	22,4	22,4	22,0	23,5	22,4	22,5	21,7
Délka koruny	m	7,5	8,2	9,2	9,0	8,0	8,4	8,3
Šířka koruny	m	3,4	2,8	2,8	1,9	2,7	2,7	3,4
Plocha koruny	m ²	9,1	6,2	6,2	2,8	5,7	6,0	10,7
Tloušťka pařezu	cm	26,7	38,5	27,6	30,4	31,9	31,0	31,6
Šířka kořene	m	7,1	8,7	8,7	7,4	6,0	7,6	8,2
Maximální hloubka kořene	cm	36,0	57,0	48,0	53,0	55,0	49,8	59,5
Nadzemní biomasa								
Celkový objem	dm ³	471,099	446,835	373,905	433,674	394,025	423,908	492,315
z toho objem — hroubí	dm ³	443,570	415,560	353,770	416,349	374,870	400,824	464,947
— nehroubí	dm ³	27,529	31,275	20,135	17,325	19,155	23,084	27,368
Čerstvá hmotnost								
— jehličí s prýty	kg	52,350	53,178	34,685	46,100	48,840	47,030	37,922
— větve	kg	15,133	17,782	14,829	10,801	13,941	14,497	17,489
— kmen — hroubí	kg	396,177	390,542	306,935	343,611	351,099	357,673	405,473
— nehroubí	kg	8,960	16,072	7,374	6,705	7,048	9,232	10,852
— celkem	kg	472,620	477,574	363,823	407,217	420,928	428,432	471,736
% jehličí s prýty celkové nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	11,1	11,1	9,5	11,3	11,6	11,0	8,0

Pokračování tab. V

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Sušina								
— jehličí s prýty	kg	25,017	27,302	18,065	22,057	24,163	23,321	20,317
— větve	kg	8,860	10,692	9,283	7,051	8,411	8,859	11,506
— kmen — hroubí	kg	193,388	203,086	159,611	185,556	179,067	184,142	210,954
— nehroubí	kg	4,387	8,358	3,834	3,621	3,557	4,751	5,658
— celkem	kg	231,652	249,438	190,793	218,285	215,198	221,073	248,435
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	10,8	11,0	9,5	10,1	11,2	10,6	8,2
Podzemní biomasa								
Objem	dm ³	64,342	71,857	58,233	80,767	105,874	76,215	87,275
Čerstvá hmotnost	kg	53,701	62,726	49,566	68,983	97,168	66,429	77,516
Sušina	kg	28,510	33,008	25,889	37,764	53,066	35,647	40,341
Celková biomasa								
Čerstvá hmotnost	kg	526,321	540,300	423,389	476,200	518,096	494,861	549,252
Sušina	kg	260,162	282,446	216,682	256,049	268,264	256,720	288,777
v % čerstvé hmotnosti	%	49,4	52,3	52,4	53,8	51,8	51,9	52,6
Objem	dm ³	535,441	518,692	432,138	514,441	499,899	500,123	579,590
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	10,0	9,8	8,4	9,7	9,4	9,5	6,9
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	9,6	9,7	8,3	8,6	9,0	9,1	7,0

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Věk ve výčetní výšce		72	68	70	73	72	71
Průměrná šířka letokruhu	mm	2,0	2,2	2,1	1,9	2,1	2,1
Výčetní tloušťka	cm	29,3	30,7	31,1	28,5	31,6	30,2
Výška	m	26,1	23,7	25,3	24,3	24,8	24,8
Délka koruny	m	10,6	9,7	10,8	11,5	10,6	10,6
Šířka koruny	m	5,2	3,4	4,0	3,7	4,6	4,2
Plocha koruny	m ²	21,2	9,1	12,6	10,7	16,6	14,6
Tloušťka pařezu	cm	45,5	45,5	46,4	37,3	40,7	42,3
Šířka kořene	m	8,0	5,9	7,6	5,1	5,1	6,3
Maximální hloubka kořene	cm	90	80	95	85	75	85
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	942,129	873,390	1018,402	727,875	1069,820	926,323
z toho objem — hroubí	dm ³	848,400	776,140	936,860	659,230	954,730	835,072
— nehroubí	dm ³	93,729	97,250	81,542	68,645	115,090	91,251
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	141,173	134,473	122,304	140,629	136,931	135,102
— větve	kg	72,219	82,168	65,527	51,074	98,592	73,916
— kmen —hroubí	kg	816,700	755,355	911,550	635,040	928,830	809,495
— nehroubí	kg	20,060	13,120	18,220	20,976	17,185	17,912
— celkem	kg	1050,152	985,116	1117,601	847,719	1181,538	1036,425
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	13,4	13,6	10,9	16,6	11,6	13,0

Pokračování tab. VI

Kategorie		I.					
Číslo vzorníku		1	2	3	4	5	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	81,303	88,554	71,396	86,715	103,573	86,307
— větve	kg	50,583	56,554	40,480	28,033	60,543	47,238
— kmen — hroubí	kg	376,606	415,528	445,050	285,502	469,703	398,478
— nehroubí	kg	8,483	6,624	8,231	7,810	7,981	7,825
— celkem	kg	516,975	567,250	565,157	408,060	641,800	539,848
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	15,7	15,6	12,6	21,2	16,1	16,0
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	265,384	189,664	130,589	167,978	230,641	196,851
Čerstvá hmotnost	kg	242,981	176,483	121,175	156,259	219,874	183,354
Sušina	kg	135,006	106,801	64,179	83,082	121,489	102,111
Celková biomasa							
Objem	dm ³	1207,513	1063,054	1148,991	895,853	1300,461	1123,174
Čerstvá hmotnost	kg	1293,133	1161,599	1238,776	1003,978	1401,412	1219,779
Sušina	kg	651,981	674,051	629,336	491,142	763,280	641,959
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	10,9	11,6	9,9	14,0	9,8	11,1
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	12,5	13,1	11,3	17,7	13,6	13,4

Kategorie		II.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Věk ve výčetní výšce		55	60	60	67	68	62
Průměrná šířka letokruhu	mm	1,1	1,0	1,2	0,9	0,9	1,0
Výčetní tloušťka	cm	12,9	13,4	15,5	13,0	13,3	13,6
Výška	m	17,6	16,1	18,2	21,2	18,3	18,3
Délka koruny	m	4,8	4,9	4,6	6,6	5,4	5,3
Šířka koruny	m	2,9	2,5	3,2	1,8	2,5	2,6
Plocha koruny	m ²	6,6	4,9	8,0	2,5	4,9	5,4
Tloušťka pařezu	cm	14,9	17,3	21,1	15,1	16,1	19,9
Šířka kořene	m	3,5	3,3	3,4	2,9	4,0	3,4
Maximální hloubka kořene	cm	35	35	30	45	35	36
Nadzemní biomasa							
Celkový objem	dm ³	110,245	116,601	159,557	168,939	129,144	136,897
z toho — hroubí	dm ³	85,760	96,390	137,975	151,675	112,310	116,822
— nehroubí	dm ³	24,485	20,211	21,582	17,264	16,834	20,075
Čerstvá hmotnost							
— jehličí s prýty	kg	10,023	16,787	12,696	13,822	11,505	12,966
— větve	kg	10,467	11,067	10,024	8,164	6,144	9,174
— kmen — hroubí	kg	80,960	88,650	130,500	145,290	108,270	110,734
— nehroubí	kg	12,060	8,210	9,730	8,915	10,300	9,843
— celkem							
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v čerstvé hmotnosti	%	8,8	13,5	7,8	7,8	8,4	9,1

Pokračování tab. VI

Kategorie		II.					
Číslo vzorníku		6	7	8	9	10	Průměr
Sušina							
— jehličí s prýty	kg	5,970	10,109	7,620	8,388	7,239	7,866
— větve	kg	9,635	8,740	8,854	6,802	4,786	7,763
— kmen — hroubí	kg	36,721	56,476	72,985	82,111	62,733	62,205
— nehroubí	kg	3,766	3,775	4,597	2,409	4,051	3,720
— celkem	kg	56,092	79,100	94,056	99,710	78,809	81,553
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	10,6	12,8	8,1	8,4	9,2	9,6
Podzemní biomasa							
Objem	dm ³	25,988	30,335	29,430	28,773	22,847	27,475
Čerstvá hmotnost	kg	22,064	26,992	28,059	27,245	21,963	25,265
Sušina	kg	12,814	13,997	14,168	14,637	10,972	13,317
Celková biomasa							
Objem	dm ³	6,233	146,936	188,987	197,712	151,991	164,372
Čerstvá hmotnost	kg	155,574	151,706	191,009	203,436	158,182	167,982
Sušina	kg	68,906	93,097	108,224	114,347	89,781	94,871
v % čerstvé hmotnosti	%	50,8	61,4	56,6	56,2	56,8	56,5
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	6,4	11,1	6,6	6,8	7,3	7,7
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	8,7	10,9	7,0	7,3	8,0	8,3

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Věk ve výčetní výšce.		72	74	71	70	71	72	68
Průměrná šířka letokruhu	mm	1,6	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5
Výčetní tloušťka	cm	23,8	22,3	20,4	22,3	23,3	22,4	22,1
Výška	m	23,4	22,1	22,0	21,1	23,4	22,4	21,8
Délka koruny	m	9,7	5,8	6,2	7,6	10,5	8,0	7,9
Šířka koruny	m	3,1	2,8	3,0	2,5	3,3	2,9	3,2
Plocha koruny	m ²	7,5	6,1	7,1	4,9	8,5	6,8	8,7
Tloušťka pařezu	cm	29,8	31,1	27,5	26,9	35,5	30,2	30,8
Šířka kořene	m	3,7	4,8	4,1	4,0	5,0	4,3	4,7
Maximální hloubka kořene	cm	65	55	60	50	58	58	60
Nadzemní biomasa								
Celkový objem	dm ³	584,841	470,429	456,523	312,237	552,798	475,365	512,861
z toho objem — hroubí	dm ³	532,605	432,955	417,180	294,650	514,340	438,346	463,413
— nehroubí	dm ³	52,236	37,474	39,343	17,587	38,458	37,019	49,448
Čerstvá hmotnost								
— jehličí s prýty	kg	63,364	27,054	44,971	26,099	63,299	44,969	64,346
— větve	kg	38,973	30,314	28,732	13,342	28,297	27,932	37,007
— kmen — hroubí	kg	497,890	402,805	394,980	275,985	491,980	412,728	444,319
— nehroubí	kg	13,520	8,855	12,040	7,610	11,820	10,769	12,841
— celkem	kg	613,747	469,028	480,723	323,096	595,396	496,398	558,513
% jehličí s prýty nadzemní v čerstvé hmotnosti	%	10,3	5,8	9,3	8,0	10,6	9,0	11,5

Pokračování tab. VI

Kategorie		III.						Průměr celkem
Číslo vzorníku		11	12	13	14	15	Průměr	
Sušina								
— jehličí s prýty	kg	36,699	17,837	27,103	15,504	42,225	27,894	40,689
— větve	kg	26,724	20,590	19,375	7,638	17,672	18,400	24,467
— kmen — hroubí	kg	219,549	200,546	202,614	124,354	234,231	196,259	218,891
— nehroubí	kg	4,986	4,548	5,426	3,250	4,797	4,601	5,382
— celkem	kg	287,958	243,521	254,518	150,846	298,925	247,154	289,519
% jehličí s prýty nadzemní biomasy v sušině	%	12,7	7,3	10,6	10,3	14,1	11,3	14,0
Podzemní biomasa								
Objem	dm ³	65,541	62,275	61,038	63,749	90,152	68,551	97,626
Čerstvá hmotnost	kg	62,649	57,779	55,494	58,548	86,299	64,154	90,924
Sušina	kg	33,250	30,414	29,877	28,716	45,581	33,568	49,665
Celková biomasa								
Objem	dm ³	650,382	532,704	517,561	375,986	642,950	543,916	610,487
Čerstvá hmotnost	kg	676,396	526,807	536,217	381,644	681,695	560,552	649,437
Sušina	kg	321,208	273,935	284,395	179,562	344,506	280,722	339,184
v % čerstvé hmotnosti	%	47,5	52,0	53,0	47,0	50,5	50,1	52,2
% jehličí s prýty celkové biomasy v čerstvé hmotnosti	%	9,4	5,1	8,4	6,8	9,3	8,0	9,9
% jehličí s prýty celkové biomasy v sušině	%	11,4	6,5	9,5	8,6	12,3	9,9	12,0

P I C E A

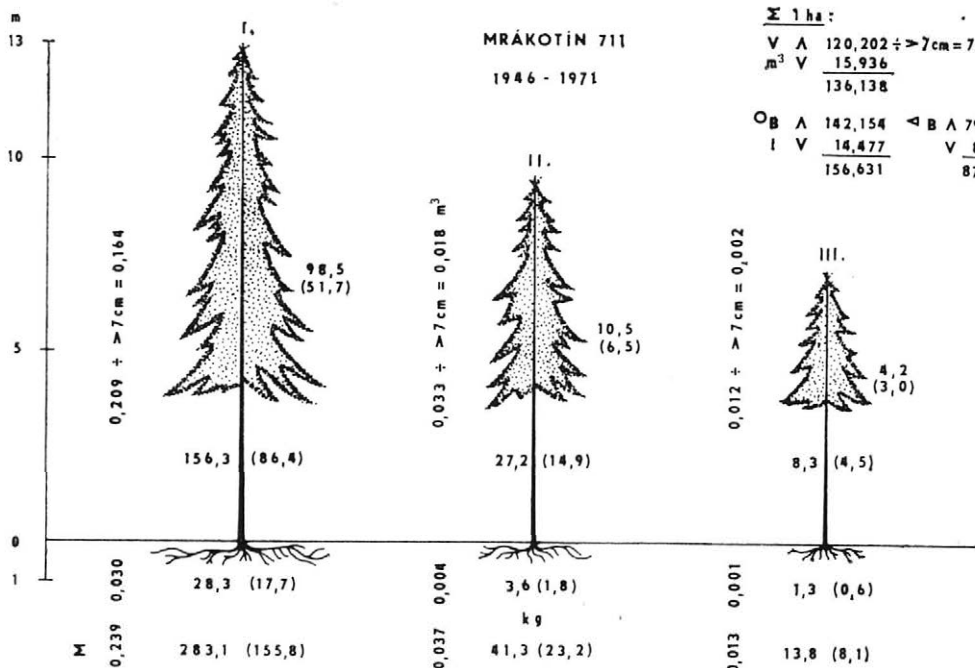
MRÁKOTÍN 711

1946 - 1971

Σ 1 ha:

V A 120,202 ÷ 7 cm = 77,807
m³ V 15,936
136,138

O_B A 142,154 Δ B 79,151
I V 14,477 V 8,096
156,631 87,247



3. Biomasa 25letého smrku: I — předrůstavý, II — úrovňový, III — podúrovňový (potlačený).

Vertikální hodnoty: Celková biomasa: nadzemní část, podzemní část, celkem.
Horizontální hodnoty: Celková hmotnost: koruna, kmen, kořeny, celkem (čerstvá, suchá — v závorkách).

Celkem na 1 ha: V — objem, O_B — čerstvá hmotnost, Δ_B — suchá hmotnost, Δ nadzemní část, V podzemní část, Σ celkem. — Biomass of a 25-year old spruce: I — dominant, II — codominant, III — overtopped (suppressed).

Vertical values: Total volume: aboveground part, underground part, in total.
Horizontal values: Total weight: crown, stem, roots, in total (fresh, dry — in parentheses).

Total per 1 ha: V — volume, O_B — weight: fresh state, Δ_B — weight: dry state, Δ aboveground part, V underground part, Σ total

struktura a architektura populace. Jak uvádějí tabulky I—VI a obrázky 3—5, jsou tyto rozdíly velmi markantní a závisí na dříve uvedených faktorech, tj. na genofundu, stanovišti, věku, denzitě a fytotechnice.

V 25leté populaci smrku submontánního typu vzniklého přírodním reprodukčním čině podíl jehličí a prýtlů v hmotnosti svěží biomasy v I. stromové třídě 26 % a ve II. a III. stromové třídě 19 %. Z toho je zřejmé, že I. stromová třída tvoří více jak čtvrtinu celkové nadzemní biomasy ve svěžím stavu a ostatní třídy po jedné pětině.

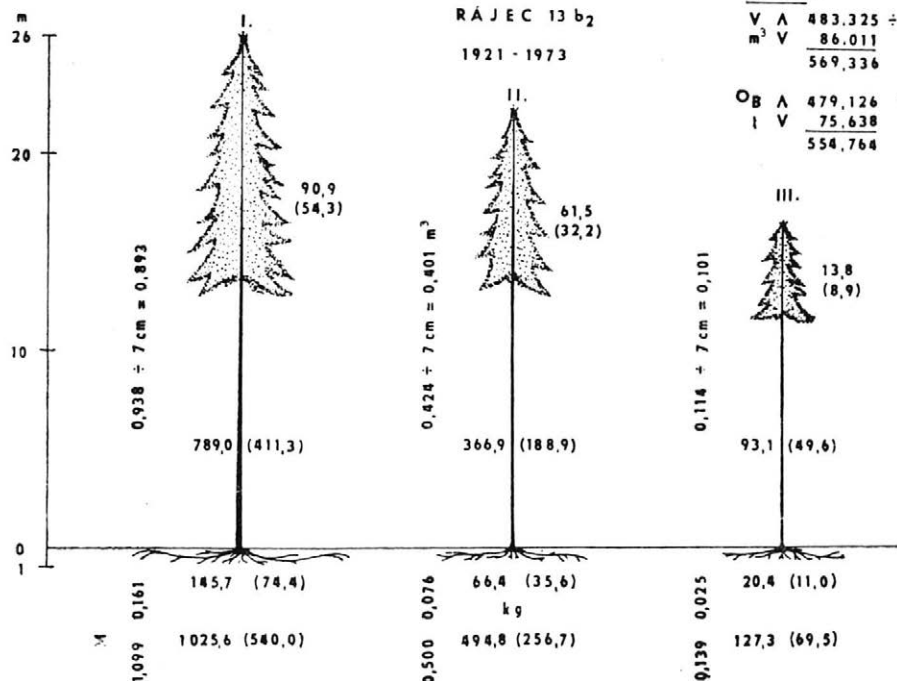
U 50leté populace smrku pahorkatinného typu vzniklého umělou obnovou je podíl biomasy jehličí a prýtlů v hmotnosti ve svěžím stavu v rozmezí od 7 do 11 %, přičemž největší zastoupení má II. stromová třída 11 %, I. stromová třída má 8 % a III. stromová třída 7 %. Také vitalita této populace je podstatně nižší.

Třetí zkoumaná populace smrku pahorkatinného typu vzniklého také umělou obnovou v 75 letech věku má podíl biomasy jehličí a prýtlů

PICEA

RÁJEC 13 b₂

1921 - 1973



Σ 1 ha:

V Δ 483,325 ÷ 7 cm = 457,512
m³ V 86,011
569,336

O_B Δ 479,126 Δ_B 248,880
l V 75,638 V 40,090
554,764 288,970

4. Biomasa 52letého smrku: I — předrůstavý, II — úrovňový, III — podúrovňový (potlačený).

Vertikální hodnoty: Celková biomasa: nadzemní část, podzemní část, celkem. Horizontální hodnoty: Celková hmotnost: koruna, kmen, kořeny, celkem (čerstvá, suchá — v závorkách).

Celkem na 1 ha: V — objem, O_B — čerstvá hmotnost, Δ_B — suchá hmotnost, Δ nadzemní část, V podzemní část, Σ celkem. — Biomass of a 52-year old spruce: I — dominant, II — codominant, III — overtopped (suppressed).

Vertical values: Total volume: aboveground part, underground part, in total. Horizontal values: Total weight: crown, stem, roots, in total (fresh, dry — in parentheses).

Total per 1 ha: V — volume, O_B — weight: fresh state, Δ_B — weight: dry state, Δ aboveground part, V underground part, Σ total

v hmotnosti ve svěžím stavu od 9 do 13 %. Největší podíl má I. stromová třída 13 %, II. a III. stromová třída po 9 %.

Mnohem názornější výsledky ovšem uvádějí jednotlivé zkoumané vzorníky smrku, kde jsou patrné značné individuální rozdíly. Tak v případě první 25leté populace je procento svěží biomasy v rozmezí od 13 do 33 % z celkové nadzemní biomasy. Největší hodnoty dosahuje I. stromová třída v rozpětí od 17 do 33 %, na druhém místě je III. třída od 13 do 32 % a na třetím místě je II. stromová třída od 13 do 22 %. Z toho je patrná poměrná kompaktnost této mladé populace.

Druhý zkoumaný porost ve věku 50 let má individuální rozpětí procenta biomasy jehličí od 4 do 19 %. Na prvním místě je I. stromová třída v rozpětí od 7 do 19 %, na druhém místě je II. stromová třída v rozpětí od 8 do 10 % a na třetím místě je III. stromová třída od 4 do 8 %.

Konečně třetí 75letá populace má rozpětí od 8 do 17 %, přičemž první pořadí zaujímá I. stromová třída od 12 do 17 %, druhé místo III.

P I C E A

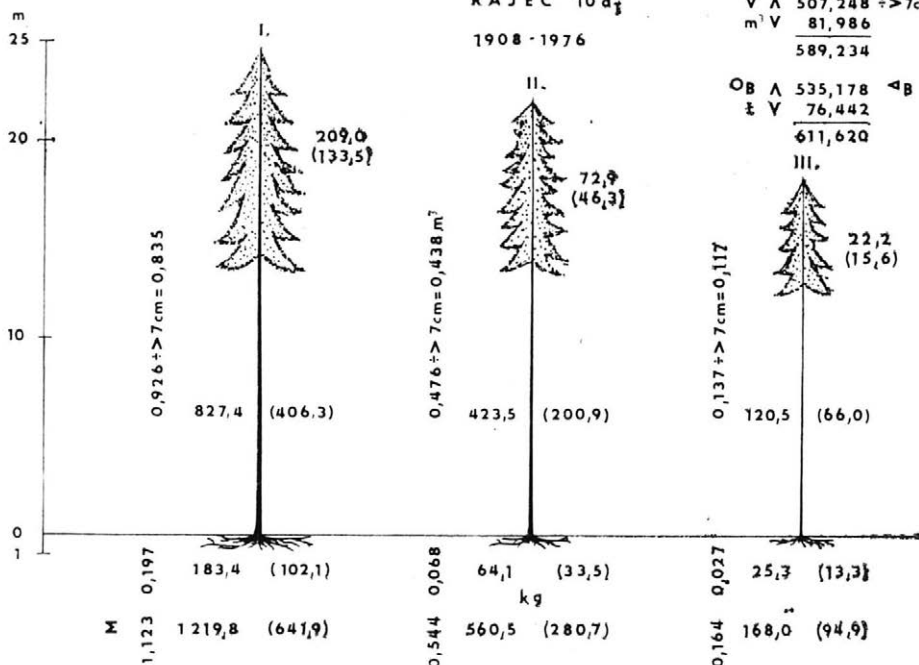
R Á J E C 10 d₁

1908 - 1976

Σ 1 ha:

V Δ 507,248 ÷ 7cm = 461,681
m³ V 81,986
589,234

O_B Δ 535,178 Δ_B Δ 273,430
Σ V 76,442 V 40,544
611,620 313,974



5. Biomasa 68letého smrku: I — předrůstavý; II — úrovnový, III — podúrovnový (potlačený).

Vertikální hodnoty: Celková biomasa: nadzemní část, podzemní část, celkem.

Horizontální hodnoty: Celková hmotnost: koruna, kmen, kořeny, celkem (čerstvá, suchá — v závorkách).

Celkem na 1 ha: V — objem, O_B — čerstvá hmotnost, Δ_B — suchá hmotnost, Δ nadzemní část, V podzemní část, Σ celkem. — Biomass of a 68-year old spruce: I — dominant, II — codominant, III — overtopped (suppressed).

Vertical values: Total volume: aboveground part, underground part, in total.

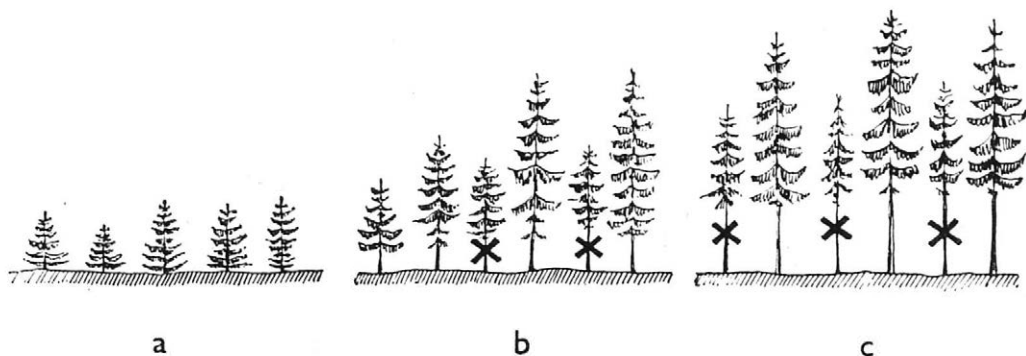
Horizontal values: Total weight: crown, stem, roots, in total (fresh, dry — in parentheses).

Total per 1 ha: V — volume, O_B — weight: fresh state, Δ_B — weight: dry state, Δ aboveground part, V underground part, Σ total

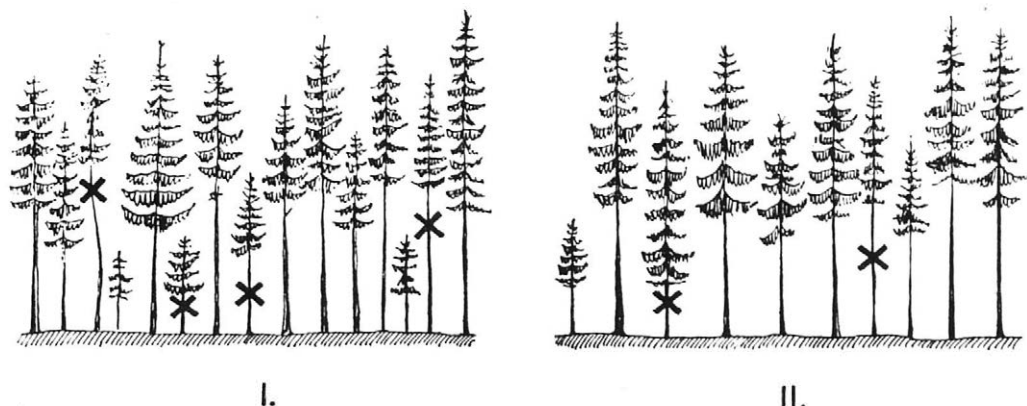
stromová třída od 8 do 14 % a na třetím místě je II. stromová třída od 6 do 11 %.

Z uvedených tabulek a obrázků vyplývá, že individuální variabilita stromu je naprosto průkazná a je přirozenou základnou pro fyto technickou diferenciaci formou primitivní selekce při výchově a obnově porostů. Tímto způsobem můžeme podstatně podpořit vitalitu a rezistenci stromu, a tím i celé populace. Tyto skutečnosti jsou prověřeny také dlouhodobým šetřením, které konal již J. Bohdanecký a J. Konšel.

J. Bohdanecký (obr. 6) vycházel z principu většího rozestupu stromů jako faktoru, který podporuje zvětšení asimilačního aparátu stromu, a tím i jeho vitality a produkce. J. Konšel (obr. 7) navíc rozvíjel na rozdíl od schematického postupu Bohdaneckého kombinaci výběr sanitární a kvalitativní v individuální formě. Obě zmíněné fyto techniky ať již schematická Bohdaneckého, nebo individuální Konšelova,



6. Probírka Bohdaneckého (3mm, orlická, česká); od 10 let silně (C + E). Koruna má sahat ve 25 letech k zemi, v 35 letech do 2/3 výšky, v mýtnosti do 1/2 výšky; a — 10 let, b — 30 let, c — 50 let. — Bohdanecký's thinning (3mm, Orlická, Czech); heavy thinning from 10 years (C + E). The crown should reach the earth at 25 years, 2/3 of height at 35 years, 1/2 of height at maturity; a — 10 years, b — 30 years, c — 50 years



7. Probírka Konšelova:

I — do vyvrcholení výškového přírůstu

probírka $\left. \begin{array}{l} B \\ B + C \\ C \end{array} \right\}$ vesměs v podúrovni;

II — po vyvrcholení výškového přírůstu

probírka $\left. \begin{array}{l} D \\ E \end{array} \right\} B$ v úrovni. — Konšel's thinning:

I — prior to culminating height increment

thinning $\left. \begin{array}{l} B \\ B + C \\ C \end{array} \right\}$ mostly from below;

II — after culminating height increment

thinning $\left. \begin{array}{l} D \\ E \end{array} \right\} B$ from above

jež lze aplikovat podle daného stadia populace a technických, resp. ekonomických parametrů, skýtají tedy možnost zvýšené rezistence populace, především vytvářením adekvátního asimilačního aparátu i zlepšením rezistentních vlastností stromu, což se zákonitě promítá také do všech fyziologických funkcí.

Hledáme-li účinnou terapii daného stavu lesů, zejména smrkových, nesmíme pominout nejmasovější metodu individuální selekce stromů, kterou lze použít v nejširším měřítku hospodářské péče o les bez dalších mimořádných ekonomických vkladů. U tak těžkého onemocnění lesů, jako je intoxikace imisemi, musí být také léčba komplexní a do jejího arzenálu patří na předním místě také správná fytotechnická péče o les, která je dosud v převážné míře zanedbávána a nedoceněna.

Došlo dne 17. 4. 1985

Literatura

- ABETZ, P.: The European stem-number experiments in Norway spruce thinning and mechanization. IUFRO Royal College of Forestry Stockholm, 1969, 201 s.
- ASSMANN, E.: Bemerkungen zu einem neuen Durchforstungsversuch in einem jungen Fichtenbestand. Forstwiss. Cbl., 1965, H. 7/8
- BRAASTAND, H.: Yield tables and growth models for *Picea abies*. Rep. Norw. Forest Res. Inst. As., 1975
- BRYNDUM, K.: The effect of the root-stock upon the height growth of *Picea abies* grafts. Det forstlige Forsøgsvæsen 29, 1965, 2
- BURGER, H.: Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitt., B 21, 1939, H. 1, Zürich
- DELVAUX, J.: Contribution à l'étude de l'éducation des peuplements. I. Acquisition de la position dominante dans les jeunes plantations épiennes d'épicéa. Travaux B, 1964, No. 9, Station de Recherches des Eaux et Forêts, Belgique
- DITTMAR, O.: Zur Frage des „Wuchsbeschleunigungseffekts“ durch starke Durchforstung im jungen Fichtenbestand. Arch. f. Forstwesen, B. 8, 1959, č. 10
- DROSTE, B.: Struktur, Biomass und Zuwachs eines älteren Fichtenbestandes. Forstwiss. Cbl. 89, 1970, č. 3, s. 162-171
- DŽAPARIDZE, T. M.: Biologičeskiye osobennosti jeli vostočnoj, pichty kavkazskoj i charakter dejatelnosti kambia, fotosinteza podrosta v zavisimosti ot struktury i somknutosti pologa. Inst. Bot. V. I. Komarova AN Gruzinskoj SSR, Tbilisi, 1967
- FRANZ, F.: Grundlagen und Verfahren standortbezogener Leistungsschätzung, mit Fichten-Leistungstabellen für einige Standorteinheiten in Mittelschwaben. Forst. Forschungsanstalt, München 2, Forschungsberichte, 1971
- HALAJ, J.: Prebierky smrekových porastov ČSSR. Lesn. štúdie, 22, 1975, s. 1-126
- HENGST, E.: Ertragskundliche Untersuchungen an Fichtenbestockungen des Mittelgebirges. Tagungsberichte, 1960, č. 26
- HOLST, M.: Growth of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] Provenances in Eastern North America. FAO/FOREGEN 63, 1963, 5/3
- HUGHES, E. L.: Rapid growth of Norway and Red spruce near the Bay of Fundy. Dept. Fish. Forest, 1970
- CHALUPA, V. — DUNZAN, D. J.: Growth of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. Tissue and Cell Cultures. Comm. Inst. Forest. Czechoslov. 8, 1973, s. 111-125
- KÖSTLER, J. N. — BRÜCKNER, E. — BIBELREITHER, H.: Die Wurzeln der Waldbäume. Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 1968, s. 1-284
- LAGAZE, J. F.: Etude de la variabilité infraspécifique de l'épicéa (*Picea abies* Karst.). Provenances françaises et polonaises. Résultats au stade juvénile. Ann. Sci. forest Inst. Nat. Rech. Agron. 149, 26, 1971, 3, s. 345-396
- MARCEY, E.: Zusammenfassung der Beiträge zum Verhandlungsgegenstand „Wurzelbildung, Wurzelwachstum und Wurzelkonkurrenz“. IUFRO, 13. Congr., Wien, 1961, Ref. 23/1
- MOLČANOV, A. A. — SMIRNOV, V. V.: Metodika izučeniya prirosta drevesnyh rastenij. Nauka, Moskva, 1967

- NEDJALKOV, S.: Organizacija na stopanstvo v smrčovite gori. Sofia, 1967
- NESTĚROV, V. G.: Voprosy sovremennovo lesovodstva. Moskva, 1961
- SATOO, S.: Differences in environmental factors in the young Norway spruce (*Picea abies*) stand at different spacings. Technical Note, No. 87, Mtg. Hokkaido, Br. Jap. For. Soc., No. 18, 1969
- SCHMIDT-VOGT, H.: Die Fichte. Teil I. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 1977, 659 s.
- SCHÖPFER, W.: Zur Abschätzung des Nadelverlustes in gebrochenen Fichtenbeständen. Allg. Forst.- u. Jagdztg., 133, 1962, č. 7
- THOMASIUŠ, H.: Studie über das weitere Wachstum und die Regenerationsfähigkeit stürmgeschädigter Fichtenbestände im Mittelgebirge. Die soz. Forstwirtschaft, 6, 1973, s. 170-175
- VINCENT, G. — VINCENT, J.: Ekotypy smrku ztepilého, jejich vzrůst a dřevní produkce. Lesn. čas., 1964, č. 2, s. 10
- VINŠ, B.: Report on the state and preliminary evaluation of Czechoslovak provenance trial plots of Norway spruce in the international series from the year 1938. FAO/FORGEN 63, 1938, 3/6, Sect. 3, Rome
- VOROPANOV, P. V.: Jelniki severa. Moskva - Leningrad, 1950
- YUOKILA, Y.: On low thinning and crown thinning and their effect on development of growing stock in planted spruce stand of Rautiom Helsinki. 1960
- VYSKOT, M.: Analýza biomasy smrku. Acta Univ. Agric. (Brno), Series C (Facultas silviculturae), 49, 1980, 2-4, s. 204-245
- VYSKOT, M.: Bilance biomasy hlavních lesních dřevin. Lesnictví 26, 1980, 10, s. 849-882
- VYSKOT, M.: Bilance lesní biomasy a hlavní směry jejího využití. 47. zasedání Věd. kolegia teoretických zákl. zeměd. ČSAV 14. 5. 1981, s. 14
- VYSKOT, M.: Bilance lesní biomasy a hlavní směry jejího využití. Lesnictví 28, 1982, 1, s. 1-8
- VYSKOT, M.: Biomasa a funkce lesních ekosystémů. In: Petříček, V. a kol.: Mechanizovaná výroba surového dříví IV. VŠZ LF Brno, 1980—82, s. 1-9
- VYSKOT, M.: Biomasa a produkce v lesních ekosystémech. Lesnictví 19, 1973, č. 7, s. 641-660
- VYSKOT, M.: Biomasa smrkového patra na České vysočině. Informační průvodce, 25.—28. 9. 1979, s. 59, 60 let VŠZ Brno
- VYSKOT, M.: Biomass of the tree layer of a spruce forest in the Bohemian Uplands. Stability of spruce forest ecosystems Int. symposium 29 Oct.—2 Nov., 1979, Institute of Forest Ecology, Faculty of Forestry, Univ. of Agr. Brno, s. 135-168
- VYSKOT, M.: Biomass of the tree layer of a spruce forest in the Bohemian Uplands. Academia, Praha, 1981, 394 s.
- VYSKOT, M.: Contemporary forest management practices in spruce monocultures and their ecological effects. Regional Meeting of experts on Project 2, Brno, April 1976
- VYSKOT, M.: European thinning experiment with spruce — IUFRO research area Kaliště. Acta Univ. Agric. (Brno), Series C, (Facultas silviculturae), 45, 1976, 1-2, s. 49-68
- VYSKOT, M.: International experimental plot of the IUFRO forest district Mrákotín. Mitteilunge der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 7800 Freiburg i. Breisgau, 1977, č. 8, s. 73-75
- VYSKOT, M.: International research on the density of spruce populations. VIIIth World Forestry Congress, Jakarta, 16—28, Oct. 1978, FUD 1/17-1, s. 1-38
- VYSKOT, M.: Komparace různých metod probírek ve smrku na Šumavě. Acta Univ. Agric. (Brno), Series C (Facultas silviculturae), 38, 1969, 2, s. 129-156
- VYSKOT, M.: Komplexní využití biomasy lesních dřevin. Lesnictví 26, 1980, 10, s. 847-848
- VYSKOT, M.: Kvantifikace biomasy smrku. Lesn. práce 58, 1979, 9, s. 398-404
- VYSKOT, M.: Mladá smrčina v biomase. Les, (Bratislava), 1978, 9, s. 326-331
- VYSKOT, M.: Pěstění smrku v oblasti Javořice na Českomoravské vrchovině. Lesnictví 23, 1977, 9, s. 677-700
- VYSKOT, M.: Poškození smrku loupáním jelení zvěře. Lesnictví 28, 1982, 2, s. 139-157
- VYSKOT, M.: Probírky v exponované horské smrčině na Šumavě. Lesnictví 22, 1976, 12, s. 943-958
- VYSKOT, M.: Racionálny spon smrekových porastov. Les 32, 1976, 12, s. 537-541
- VYSKOT, M.: Research methods applied to rationalization of stand treatment

- operations in spruce stands in Czechoslovakia (The management for rapid growth as conceived by Bohdanecký in his Czech thinning method), IUFRO Symposium on Stand Establishment Techniques and Technology, Sept. 1979, Moskva, Riga, s. 4
- VYSKOT, M.: Rozbor úrovňové a podúrovňové probírky ve smrkovém porostu na Šumavě. Lesnictví 2, 1956, 2, s. 81-134
- VYSKOT, M.: Smrk v biomase. Struktura, funkce a produktivita modelových lesních ekosystémů, ovlivňovaných umělou antropickou činností. Informace o předběžných výsledcích dílčích výzkumných úkolů v projektu MAB v letech 1976—1977. VŠZ Brno, LF, ÚEL, 1978, s. 287-298
- VYSKOT, M.: Spruce in biomass. International Symposium "Stability of Spruce Forest Ecosystem". Theses of papers Brno 1979, s. 40-41
- VYSKOT, M.: Thinnings in spruce stands peeled by red deer. Acta Univ. Agric. (Brno), Series C (Facultas silviculturae), 45, 1976, 1-2, s. 29-48
- VYSKOT, M.: Tree spacing and development of Norway spruce stands. Lesnictví, 20, 1974, 9, s. 837-856
- VYSKOT, M.: Vliv sponu na zásobu smrkového porostu. Lesn. práce 56, 1977, 3, s. 108-110
- VYSKOT, M.: Vývoj a růst smrčiny ve skupině Fageto-Quercetum při různé fyto-technice. Zpravodaj VŠZ Brno 10, 1977, 1-2, s. 61-62
- VYSKOT, M.: Vývoj různé probírané monokultury smrku sušší oblasti. Zpravodaj VŠZ Brno 10, 1977, 1-2, s. 63-64
- VYSKOT, M. — ŠAFARÍK, V. — PEŇÁZ, J.: Chemické probírky ve smrkových porostech. Lesnictví, 19, 1973, 7, s. 597-618
- VYSKOT, M. — VYSKOT, I.: Growth and development of a Norway spruce stand in the Fageto-Quercetum group under different stand management practices. Lesnictví, 19, 1973, 11, s. 981-1002
- VYSKOT, M. — VYSKOT, I.: Vývoj různé probírané smrkové monokultury sušší oblasti. Lesnictví, 21, 1973, 8-9, s. 689-715
- WAGENKNECHT, E.: XVI. Rationelle Pflanzenverbände für die Fichte. Teil I. u. II. Sozial. Forstwirtschaft, 1970, č. 5, 6
- UNESCO: Forest Biomass Studies. IUFRO Section 25: Yield and Growth, University of Maine at Orono 1971
- UNESCO: Heritable variations in Norway spruce. IUFRO, Norway, 1969
- UNESCO: IUFRO Biomass Studies. Papers presented during meetings of S4.01 in Nancy, France, June 25—29, 1973 and in Vancouver. B. C. Canada, 1973, University of Maine at Orono
- UNESCO: Programme on Man and the Biosphere (MAB). MAB Information System, Compilation 2, January 1978, pol. 84

ВЫСКОТ, М. (Ústav experimentální fyto-techniky ČSAV, Brno). Ассимиляционный аппарат и жизнестойкость ели. Lesnictví, 31, 1985 (9): 753-784.

Для устойчивости, жизнестойкости и продукции биомассы ели решающее значение имеет ассимиляционный аппарат. Вот почему с 1948 г. изучаются популяции ели умеренной зоны на основе ретроспективной оценки международных опытных участков (Мариабрунн, 1887—88), сравнительных участков Й. Богданецкого (чешский миллиметровый метод 1880—90), рецентных опытных участков, разбиваемых во всех вегетационных ступенях ЧССР (М. Выскот, 1948—84). Более того, аналитическому обследованию подвергали биомассу 50 модельных елей в возрасте 20—140 лет по Международной биопрограмме IUBS и по проекту 84 ЮНЕСКО — МАБ (М. Выскот 1974—84).

В результате долголетнего изучения еловых популяций на упомянутых объектах выявлено влияние пропорционального и ассимиляционного аппарата ели на ее состояние, устойчивость и продуктивный потенциал. Значима и индивидуальная дифференциация в рамках популяций. Одновозрастные и однородные ельники как естественного, так и искусственного возобновления вскоре дифференцируются, в результате чего возникают однородные классы, которые дефинировал уже Крафт (1884 г.).

При упрощенном выражении этой классификации в 3 классах высоты — преобладающий на уровне и ниже среднего уровня — у одновозрастных насаждений проявляются рядовые различия в значениях ассимиляционного аппарата.

Вследствие естественного прореживания популяций отмирают те особи, которые не выдерживают такой натуральной селекции. Чем лучше условия произрастания, тем медленнее процесс естественного отмирания. Причем в преобладающем боль-

шинстве случаев отмирают деревья с малым ассимиляционным аппаратом, уменьшение которого может иметь внешние и внутренние причины (напр. загрязнение среды). Из этого вытекают последствия для лесной фитотехники (техники лесовыращивания): в ослабленных и находящихся под угрозой еловых популяциях необходимо заботиться уже в их молодом возрасте о создании мощного ассимиляционного аппарата посредством индивидуального подбора по классам деревьев.

общее лесоводство; ель; биомасса; загрязнение атмосферы

VYSKOT, M. (Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Brno). *The Assimilatory Apparatus and Vitality of Norway Spruce*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 753-784.

For the resistance, vitality and biomass production of Norway spruce, its assimilatory apparatus is of key importance. Therefore spruce populations of the temperate zone have been investigated since 1948, on the basis of retrospective evaluation of international research areas (Mariabrunn, 1887—1888), comparative areas by J. Bohdanecký (the Czech millimetre method, 1880—1890), as well as in recent areas, established in all vegetation zones of the CSSR (M. Vyskot, 1948—1984). Furthermore, the biomass of 50 sample trees of Norway spruce aged 20 to 140 years, was subjected to analytical research, within the framework of the International Biological Programme IUBS and the Project 84 UNESCO — MAB (M. Vyskot 1974—1984).

Long-term investigation of spruce populations in the above-mentioned research subjects showed an evident effect of proportional assimilatory apparatus on the health condition, resistance and productive potential of Norway spruce. Individual differentiation within the scope of spruce populations is also very significant. Even-aged and pure spruce stands, both from natural and artificial regenerations, are differentiated quite soon, so that pure classes originate, defined as early as by Kraft (1884).

Under a simplified interpretation of this classification to three height classes, i. e. dominant, codominant and suppressed trees at even age, order differences can be observed in the values of the assimilatory apparatus.

As a result of natural thinning of spruce populations mortality appears in those individuals which have not passed this natural selection. The better the site conditions for spruce, the slower is the process of natural mortality. In the majority of cases, mortality concerns the trees with a small assimilatory apparatus, reduction of which can be provoked either naturally or artificially, e. g. by atmospheric pollution.

From the above-mentioned facts a causal result follows for forest phyto-technics (silviculture) that in weakened and threatened spruce populations it is necessary to take care of the formation of a vigorous assimilatory apparatus by individual selection according to the tree classes since the early stages of development.

silviculture; Norway spruce; biomass; atmospheric pollution

Adresa autora:

Akademik ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc., Ústav experimentální fyto techniky ČSAV, Poříčí 3b, 603 00 Brno

ROZMNOŽOVÁNÍ OSIKY (*POPULUS TREMULA* L.) A TOPOLŮ (*POPULUS NIGRA* L., *P. ALBA* L., *P. EURAMERICANA* /DODE/GUIN.) IN VITRO A RŮST STROMŮ VZNIKLYCH IN VITRO

V. Chalupa

CHALUPA, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). Rozmnožování osiky (*Populus tremula* L.) a topolů [*Populus nigra* L., *P. alba* L., *P. euramericana* (Dode) Guin.] in vitro a růst stromů vzniklých in vitro. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 785-802.

U osik a topolů bylo dosaženo vysokého koeficientu množení in vitro pomocí orgánových kultur. Z testovaných cytokininů jako nejúčinnější se ukázal 6-benzylaminopurin (BAP). Nejvhodnější stimulující koncentrace BAP pro rychlý růst a množení orgánových kultur se u zkoumaných druhů pohybovala mezi 0,2—1,0 mg.l⁻¹. Z auxinů stimulovaly rychlé množení kultur zejména NAA a IBA v nízké koncentraci (0,1 mg.l⁻¹). Zakořenění prýtů bylo prováděno buď in vitro, nebo v nesterilním substrátu za vysoké relativní vzdušné vlhkosti. Růst stromů vypěstovaných in vitro probíhal na venkovních pokusných plochách normálně. Ani v prvním, ani v druhém zimním období nedošlo k uhynutí stromů. Na konci třetího vegetačního období dosáhly stromy na pokusných plochách značných dimenzí.

šlechtění lesních dřevin; orgánové kultury; stimulatory; zakořeňování prýtů

K důležitým metodám vegetativního množení lesních dřevin patří metoda explantátových kultur. Předností této metody je, že k namnožení velkého počtu exemplářů je zapotřebí pouze malá část rostliny a že během krátkého časového období lze původní explantát rozmnožit na velký počet jedinců. Lze proto této metody použít zejména k rychlému množení hybridů, jejichž množení jinými metodami je zdoluhavé. Předností metody aseptických kultur je i ta skutečnost, že touto metodou lze vypěstovat viruprosté stromy, které mají přírůsty mnohdy větší než stromy napadené viry. Úspěšné zvládnutí pěstování kultur in vitro je rovněž základním předpokladem pro možnost přikročit k dalším náročnějším pokusům in vitro, zejména k somatické hybridizaci a ke genovým manipulacím.

Pěstováním explantátů osiky a topolů se zabýval již větší počet badatelů. Mathes (1964) a Wolter (1968) dosáhli jako první u kalusových pletiv *Populus tremuloides* L. organogenezi, Wintonovi (1970, 1971) se podařila u *P. tremuloides* a *P. tremula* regenerace celých stromů z kalusových pletiv. Podrobněji se v posledních letech zabývali organogenezí a množením osik a topolů in vitro zejména Berbee a kol. (1972), Venverloo (1973), Chalupa (1974, 1975, 1979, 1981, 1983), Whitehead a Giles (1977), Thompson a Gordon (1977), Christie (1978), Lubrano (1981), Nkanka (1981), Rosu a kol. (1984) aj.

V tomto sdělení jsou uvedeny výsledky, kterých jsme v posledních letech dosáhli při našich pokusech s pěstováním a množením osik a topolů pomocí explantátových kultur pěstovaných in vitro.

MATERIÁL A METODIKA

Jako materiál pro založení kultur byly používány explantáty odebrané ze semenáčků nebo dospělých stromů. Při použití semenáčků (1—3letých) byly jako prvotní explantáty používány vrcholové špičky letorostů a krátké nodální segmenty prýtů. Při pokusech s dospělými stromy sloužily jako výchozí materiál obvykle vrcholové špičky a nodální segmenty prýtů vypěstovaných ze segmentů odříznutých kořenů. Nodální segmenty, dlouhé 1—2 cm, obsahující 1—3 axilární pupeny, byly odlistěny a sterilizovány v roztoku chloridu rtuťnatého (0,1—0,3 %) po dobu 20—30 minut. Po sterilizaci byly segmenty třikrát omyty ve sterilní destilované vodě a umístěny na agarové živné médium.

Explantáty byly odebírány ze stromů rostoucích v okolí VÚLHM Jíloviště-Strnady. Bylo použito materiálu vypěstovaného a identifikovaného Dr. Špalkem. U topolů bylo pracováno s *Populus nigra* L. var. *typica*, s *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta' a s *Populus alba* L. U osiky bylo pracováno s *Populus tremula* L. (diploidní) a s hybridy *Populus tremula* × *P. tremuloides*, *P. tremula* × *P. alba* a *P. tremula* × *P. tremula*. U každého druhu dřeviny byly založeny kultury od 10—15 stromů. Kultury byly pasážovány každých 4—5 týdnů.

Kultury byly pěstovány jednak v klimatizačních růstových komorách Conviron (EF-7H) za kontrolovaných vnějších podmínek při teplotě 25 °C (ve dne) a 20 °C (v noci) při 16hodinové fotoperiodě při intenzitě osvětlení 5—10 kiloluxů. Zároveň byly kultury pěstovány i za pokojové teploty pohybující se v rozmezí od 20 do 30 °C na stojanech se zářivkovým osvětlením, za nepřetržitého osvětlení a intenzitě 4—5 kiloluxů.

Různá agarová živná média byla testována se zřetelem na stimulaci růstu kultur a možnosti dosáhnout vysokého koeficientu množení. V převážné většině bylo pracováno s chemicky definovanými živnými médii, jejichž složení je reprodukovatelné. Chemické složení pěti živných médií, která byla nejčastěji používána pro pěstování kultur a která se nejlépe osvědčila, je uvedeno v tabulce I.

Živná média byla zpevněna pomocí Difco Bacto agaru v koncentraci 6—7 g.l⁻¹. Jako zdroj uhlíku byla ve většině případů použita sacharóza v koncentraci 20—30 g.l⁻¹. Agarová živná média byla sterilizována autoklávováním při teplotě 121 °C po dobu 20 minut.

Z růstových hormonů byl ze skupiny cytokininů testován účinek 6-furfurylaminopurinu (kinetin) a 6-benzylaminopurinu (BAP), a to v koncentracích 0,1—5,0 mg.l⁻¹. Ze skupiny auxinů bylo pracováno s kyselinou naftyloctovou (NAA) a kyselinou indolylmáseelnou (IBA), které byly zkoušeny v koncentracích 0,05—5,0 mg.l⁻¹. Celkem bylo testováno přes 80 různých kombinací živných médií, u každé kombinace bylo pracováno se 40—50 baňkami.

Prýty zakořeněné v živném médiu byly přesazeny do kontejnerů obsahujících nesterilní směs rašeliny, půdy a perlitu (1:1:1 v/v/v) a byly pěstovány za vysoké relativní vzdušné vlhkosti (90—100 %) po dobu 2—3 týdnů. Vzdušná vlhkost byla postupně snižována až na normální hodnoty okolního vzduchu. Po několikátýdenním pěstování sazenic za venkovních podmínek na stíněném místě byly sazenice vysazeny na venkovní plochy a byl sledován jejich další růst. Pro každý druh bylo vypěstováno několik desítek až několik stovek rostlin.

VÝSLEDKY

ROZMNOŽOVÁNÍ OSIKY (*POPULUS TREMULA* L.) IN VITRO

Při našich šetřeních jsme se zabývali množením osiky jednak pomocí orgánových kultur, jednak pomocí kalusových kultur. Oba dva typy

I. Složení použitých médií. — Composition of used nutrient media

	WS	GD	MS	BTM	WPM
	mg.l ⁻¹				
KNO ₃	170	1000	1900	190	—
NH ₄ NO ₃	50	—	1650	165	400
CaCl ₂ ·2H ₂ O	—	150	440	44	96
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	425	—	—	640	556
(NH ₄) ₂ SO ₄	—	200	—	240	—
Na ₂ SO ₄	425	—	—	—	—
K ₂ SO ₄	—	—	—	860	990
KCl	140	300	—	—	—
MgSO ₄ ·7H ₂ O	764	250	370	370	370
KH ₂ PO ₄	—	—	170	170	170
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	35	90	—	—	—
NaHPO ₄	—	30	—	—	—
Na ₂ EDTA	} Fe: 5,5	37,3	37,3	37,3	37,3
FeSO ₄ ·7H ₂ O		27,8	27,8	27,8	27,8
H ₃ BO ₃		3,2	6,2	6,2	6,2
MnSO ₄ ·4H ₂ O	9,0	10,0	22,3	22,3	22,3
ZnSO ₄ ·4H ₂ O	3,2	3,0	8,6	8,6	8,6
KJ	1,6	0,75	0,75	0,15	—
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	—	0,25	0,25	0,25	0,25
CuSO ₄ ·5H ₂ O	—	0,25	0,25	0,25	0,25
CoCl ₂ ·6H ₂ O	—	0,25	0,02	0,02	—
myo-Inositol	10,0	10,0	100,0	100,0	100,0
Thiamin HCl	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nikotinová kys.	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5
Pyridoxin HCl	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5
Glycin	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Glutamin	2,0	2,0	5,0	2,0	2,0

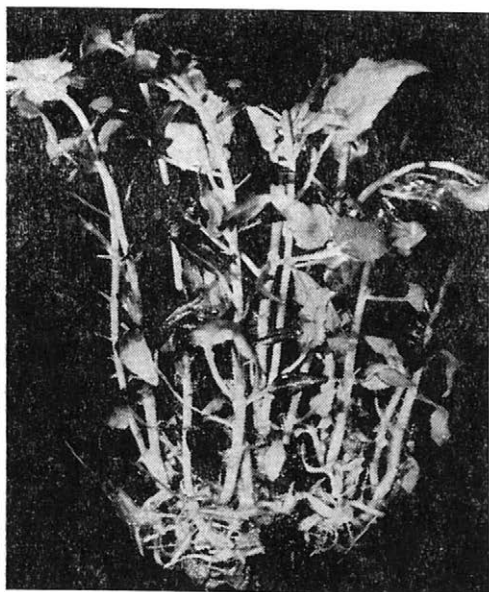
kultur byly pěstovány na agarových živných médiích. Rychlého množení osiky bylo dosaženo pomocí orgánových kultur.

Množení osiky pomocí orgánových kultur

Množení prýtů osiky. Krátké nodální segmenty byly po sterilizaci umístěny vertikálně na agarové živné médium. V krátké době během 10—15 dnů vyrašily axilární pupeny a během 4—5 týdnů se prodloužily do délky několika centimetrů. Vzniklé prýty byly opět rozřezány na nodální segmenty a umístěny na čerstvé živné médium. Po druhé, popř. třetí pasáži se vyvinula vícevrcholová kultura, která se intenzivně dále množila. Z této vícevrcholové kultury byly odebírány delší prýty na zakořenění a zbytek byl použit pro další množení.

Orgánové kultury osiky nejlépe rostly a množily se na modifikovaném MS médiu (tabulka I). Rovněž na živných médiích BTM a WPM bylo dosaženo dobrého růstu osiky. Většina klonů osiky vykazovala nejlepší růst na MS médiu. U některých klonů (zejména u hybridů *P. tremula* X *P. alba*) bylo však dosaženo rychlejšího růstu a množení kultur v počátečních stádiích na WPM. Po dosažení stadia vícevrcholové kultury bylo mnohdy výhodné přenést kulturu na MS médium, kde růst a množení pokračovalo rychlým tempem. Vzhledem k vyššímu obsahu dusíku v MS médiu byl růst kultur většinou rychlejší a bujnější na MS médiu než na WPM.

Růst a vývin kultur značně závisel na koncentraci a poměru exogenních růstových hormonů v agarovém médiu. Při nízké koncentraci cytokininu v živném médiu (BAP $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a vyšší koncentraci auxinu (NAA $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) axilární prýty rychle rostly, avšak jejich celkový počet byl malý. Jestliže živné médium obsahovalo vyšší koncentraci cytokininu než auxinu (BAP $0,2\text{--}0,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, NAA $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) byl stimulován rychlejší růst většího počtu pupenů. Při vyšší koncentraci cytokininu v živném médiu (BAP $2,0\text{--}5,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a nízké koncentraci auxinu (IBA $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) byl stimulován růst četných axilárních prýtů a bylo indukováno i vytváření a růst adventivních prýtů. Délkový růst prýtů byl však při vyšší koncentraci cytokininu značně omezen. Se stoupající koncentrací BAP stoupal celkový počet prýtů, avšak zmenšovala se jejich délka.



1. Množící se vícevrcholová orgánová kultura osiky (*Populus tremula* L.). — Multiple shoot culture of *Populus tremula* L.

2. Prýt osiky (*Populus tremula* L.) vypěstovaný in vitro a zakořeněný in vitro v agarovém médiu. — Shoot of *Populus tremula* L. rooted in vitro in agar nutrient medium

Pro rychlé množení orgánových kultur osiky jsme používali obvykle MS médium obsahující nižší koncentraci cytokininu (BAP 0,2—1,0 mg. $\cdot$ l $^{-1}$) a nízkou koncentraci NAA (0,1 mg. $\cdot$ l $^{-1}$). Na tomto živném médiu se vyvíjel dostatečný počet prýtů, které se zároveň prodlužovaly.

Při našich šetřeních jsme pracovali s 12 exempláři osiky *Populus tremula* L. (s 2n chromosomy) a s pěti hybridními klony (*P. tremula* $\times$ *P. alba*, *P. tremula* $\times$ *P. tremuloides*, *P. tremula* $\times$ *P. tremula*). Od všech těchto klonů se podařilo vypěstovat na uvedených živném médiích vícevrcholové kultury, které se rychle množily.

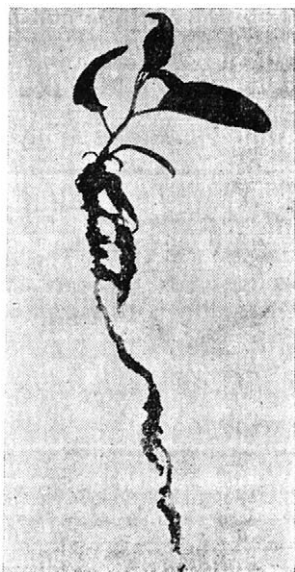
Kultury byly pasážovány každý měsíc, kdy byly rozděleny na 4—8 částí a přesazeny na čerstvé živné médium. Při tomto koeficientu množení je možno během jednoho roku získat z jednoho původního explantátu více než 10⁶ rostlin.

Zakořeňování prýtů osiky. Prýty dosahující délky 1—2 cm byly z množící se kultury odříznuty a přesazeny na živné médium obsahující nízkou koncentraci auxinu, kde byla indukována tvorba kořenů. Pro zakořeňování byla zkoušena různá agarová živná média s různými koncentracemi auxinů a rovněž bylo zkoušeno zakořeňování v nesterilním substrátu.

Vytváření kořenů u prýtů přesazených na agarová živná média bylo nejlépe stimulováno na minerálně slabších živných médiích. Zakořeňování prýtů nejlépe stimulovaly NAA nebo IBA, a to v koncentracích 0,2—0,5 mg. $\cdot$ l $^{-1}$. Dobrých výsledků při zakořeňování osiky jsme dosáhli i použitím směsi těchto auxinů (tabulka II). Jak vyplývá z tabulky II bylo u všech živných médií dosaženo při použití slabší koncentrace auxinů vysokého procenta zakořeňování (90—95 %).

Vytváření kořenů bylo dosaženo rovněž v nesterilním substrátu (perlit nebo směs rašeliny a perlitu) za přerušovaného mlžení po předchozím ošetření prýtů stimulatory (báze prýtů byly ponořeny po dobu 24 hodin do roztoku 80 ppm IBA). Kořeny vytvořené v tomto prostředí byly tenčí než při zakořeňování v agarovém živném médiu, avšak rostliny takto zakořeňované snášely dobře přesazení do polních podmínek. Procento zakořeňování bylo vysoké u klonů snadno kořenicích (80—90 %), zatímco u klonů, které špatně koření, bylo dosaženo nižšího procenta zakořeňování (55—70 %).

Zakořeňované prýty byly přesazeny do kontejnerů obsahujících nesterilní substrát (směs půdy, rašeliny a perlitu) a byly po 2—3 týdny pěstovány za vysoké relativní vzdušné vlhkosti (90—100 %), která byla postupně snižována. Při vysoké vzdušné vlhkosti je možno dosáhnout ujmavosti 90—95 %, jak se nám v našich pokusech podařilo u převážné většiny klonů. Jestliže však není zajištěna dostatečně vysoká relativní vlhkost po přesazení rostlin z agaru do nesterilního substrátu, ztráty mohou být značné. Nejvhodnější způsob, jak udržet vysokou relativní



3. Prýt osiky (*Populus tremula* L.) vypěstovaný in vitro a zakořeňovaný v nesterilním substrátu za vysoké vzdušné vlhkosti. — Shoot of *Populus tremula* L. rooted in nonsterile substrate under high air humidity

II. Vliv různé koncentrace exogenních auxinů na kořenění osiky *Populus tremula* (pro každou sérii pokusů bylo použito více než 100 prýtů). Jako živné médium byla použita 0,5 WPM s 10 g.l⁻¹ sacharózy. — The effect of auxin concentration on in vitro root formation of *Populus tremula* L. (more than one hundred shoots was used for each treatment; 0.5 concentration of WPM containing 10 g.l⁻¹ of sucrose was used as agar nutrient medium)

Použité auxiny	Dosažené zakořenění
mg.l ⁻¹	%
NAA 0,1 + IBA 0,2	92,8
NAA 0,1 + IBA 0,3	92,4
NAA 0,2 + IBA 0,1	94,6
NAA 0,2 + IBA 0,2	96,1

III. Průběh výškového růstu stromů osiky *Populus tremula* L. (vzniklých z téhož mateřského stromu) při pěstování v klimatizačních komorách (měřeno 9 stromů). — The height growth of trees of *Populus tremula* L. (derived from the same mother tree) grown in the growth cabinet (9 trees were measured)

Den	Průměrná výška	Směrodatná odchylka ±	Výška	
			minimální	maximální
	cm			
0	2,7	0,1	2,5	2,8
7	5,9	0,1	5,7	6,0
14	11,8	0,4	11,2	12,8
21	21,9	0,6	21,1	22,9
28	32,8	0,6	32,1	33,9
35	45,1	0,7	44,2	46,6
42	59,0	0,7	58,2	60,9
49	75,9	0,7	75,1	77,6
56	94,8	0,8	94,1	96,8
63	109,3	1,1	108,1	111,4
70	121,3	1,1	119,6	123,5

vzdušnou vlhkost a dosáhnout vysokého procenta ujmутí, je pomocí přerušovaného mlžení, kdy na rostliny je periodicky rozprašována jemná vodní mlha.

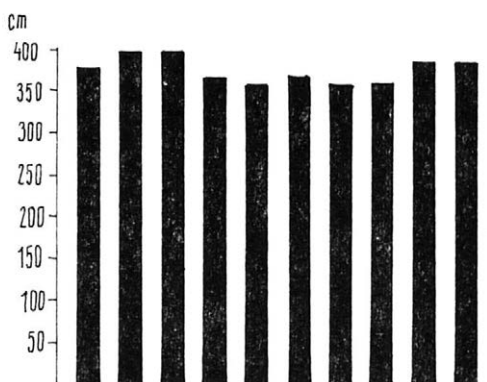
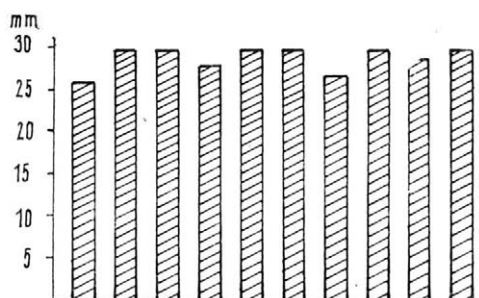
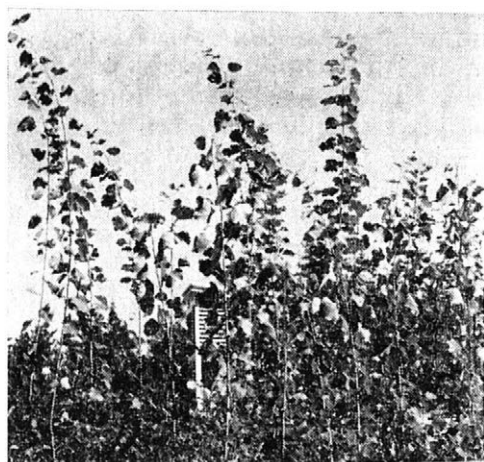
Růst stromů vypěstovaných in vitro. Orgánové kultury pěstované in vitro lze pokládat za geneticky stabilní a lze předpokládat, že u lesních dřevin množených pomocí orgánových kultur nedochází k chromozómovým změnám.

Osiky vypěstované in vitro z téhož mateřského stromu pomocí orgánových kultur vykazovaly shodné znaky. Rozdíly v průběhu výškového růstu mezi stromky pěstovanými za kontrolovaných vnějších podmínek v růstových komorách byly malé (tabulka III). Výškový růst stromků,

kteřé po přesazení dosáhly ve stejnou dobu výšky 8—10 cm, probíhal v dalších týdnech téměř stejnou rychlostí, s malými rozdíly. Stromky, které se při přesazování opozdily v růstu vlivem poškození kořenového systému nebo menšího počtu vytvořených kořenů, měly ovšem po uplynutí určité doby výšku odlišnou než stromky, které měly dobře vyvinutý kořenový systém nepoškozený při přesazování.

Zatímco rozdíly v růstu stromků odvozených od téhož mateřského stromu byly při pěstování těchto stromků v růstových komorách malé, při jejich vysazení na pokusné venkovní plochy se jejich růst odchylal více. Jak je zřejmé z obr. 5, lišily se výšky stromů odvozených od téhož mateřského stromu po několikaletém pěstování o několik decimetrů. Tyto výškové difference byly zřejmě způsobeny jednak nestejně vyvinutým kořenovým systémem jednotlivých stromků, jednak rozdíly v půdních, vlhkostních a výživných poměrech.

Celkově lze charakterizovat růst osik vypěstovaných in vitro jako normální. Nebyly pozorovány škody mrazem v zimním období a nedošlo k uhynutí žádných stromků ani v prvé, ani v další zimě. Nebyly pozorovány žádné růstové ani morfologické aberace. Stromy dosáhly na konci třetího vegetačního období průměrné výšky 316 cm a tloušťky kmínku 25 mm, což odpovídá stanovištním podmínkám, ve kterých byly pěstovány.



4. Stromy osiky (*Populus tremula* L.) vypěstované in vitro rostoucí na venkovní pokusné ploše. — Trees of *Populus tremula* L., grown in vitro, growing in the field experimental plot

5. Difference v tloušťce (mm) a výšce (cm) stromů osiky (*Populus tremula* L.) vypěstovaných in vitro z téhož mateřského stromu na konci třetího vegetačního období. — Differences in the tree height (cm) and the stem diameter (mm) of trees of *Populus tremula* L., grown in vitro from the same mother tree, at the end of the third growing season

Množení osiky pomocí kalusových kultur

Růst kalusových kultur byl stimulován nejlépe na modifikovaném MS médiu, kde jako cytokinin byl použit BAP v koncentraci 1 mg.l^{-1} a jako auxin NAA v koncentraci 2 mg.l^{-1} . Na uvedeném chemicky definovaném médiu bylo dosaženo rychlého růstu kalusových pletiv. Po umístění segmentů prýtů na živné médium se začaly kambiální buňky intenzívně dělit a během 7—10 dnů se vytvořil makroskopicky viditelný kalus. Za další 2—3 týdny kalusové pletivo vzrostlo natolik, že ho bylo možno rozdělit na několik dílů a přesadit na čerstvé médium téhož složení, kde proliferace pokračovala. Kalus bylo možno pasážovat každé 3—4 týdny.

Organogeneze byla indukována různou koncentrací a kombinací cytokininů a auxinů. Vytváření prýtů bylo indukováno na živných médiích obsahujících cytokinin, vytváření kořenů bylo indukováno na živných médiích obsahujících auxin.

Vytváření prýtů bylo indukováno na živných médiích obsahujících BAP jako cytokinin, a to v koncentracích $0,1$ — 2 mg.l^{-1} . Koncentrace BAP $0,5$ — $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ stimulovala vytváření prýtů nejvíce, při těchto koncentracích byly vytvářeny prýty u 30—45 % kalusů. Během 2—4 týdnů prýty zvětšily své rozměry a dosáhly délky několika centimetrů. Prýty větší délky byly odříznuty a přesazeny na živné médium obsahující nízkou koncentrací auxinu (NAA $0,2$ — $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$), kde se během tří týdnů vytvořily kořeny. Poté byly zakořeněné prýty přesazeny do ne-sterilního substrátu a další postup pěstování byl stejný jako u rostlin vypěstovaných z orgánových kultur.

I když je možno dosáhnout množení osiky pomocí kalusových kultur, koeficient množení je nízký, nesrovnatelně nižší než při množení pomocí orgánových kultur. Rovněž lze očekávat, že genetická stabilita je lépe zachovávána při použití orgánových kultur. Z těchto důvodů lze doporučit pro množení osiky *in vitro* jako nejvhodnější metodu množení pomocí orgánových kultur. Množení pomocí kalusových kultur bude přicházet v úvahu zřejmě jen ve speciálních případech. Prýty regenerované z kalusových kultur je možno rychle množit pomocí orgánových kultur.

ROZMNOŽOVÁNÍ TOPOLŮ *IN VITRO*

Při našich šetřeních jsme dosáhli rychlého množení topolů *in vitro* jednak orgánovými kulturami, jednak kalusovými kulturami.

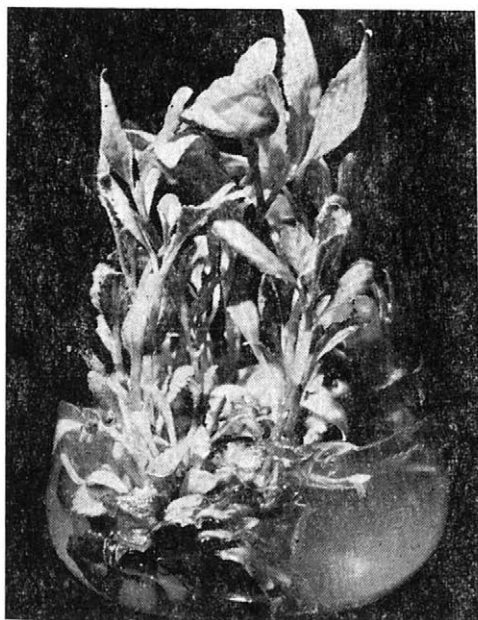
Množení topolů orgánovými kulturami

Množení prýtů topolů. Jako výchozí explantáty jsme použili krátké nodální segmenty nebo vrcholové špičky rostoucích prýtů. Po umístění na vhodné živné médium začnou se během 3—5 týdnů vytvářet na bázi segmentů četné adventivní pupeny, které se postupně prodlužují a rovněž axilární pupeny se prodlouží v nové prýty. Postupně se vytvoří vícevrcholová množící se kultura, kterou je možno rozdělit na větší počet částí (4—10) a přesadit na čerstvé živné médium stejného složení, kde proliferace pokračuje. Adventivní pupeny a prýty vznikají mnohdy i u listů, které jsou ve styku s agarovým médiem.

Ze zkoušených živných médií byl růst a množení kultur stimulován nejlépe u *Populus nigra* a *P. euramericana* na modifikovaném MS médiu, u *P. alba* jsme dosáhli rychlého množení při použití WPM. Indukce adventivních pupenů a jejich prodlužování v prýty byla značně závislá na koncentraci cytokininu v živném médiu a na vzájemném poměru cytokininu a auxinu. Vyšší koncentrace cytokininu (BAP 1,0–5,0 mg.l⁻¹) stimulovala vytváření velkého počtu adventivních pupenů, jejich další růst byl však při vyšších koncentracích cytokininu pomalý. Nižší koncentrace cytokininu (BAP 0,2 mg.l⁻¹) a současná přítomnost auxinu v živném médiu (NAA 0,1 mg.l⁻¹) stimulovala vytváření většího počtu adventivních pupenů a současně byl i stimulován růst osy pupenů. Při nízké koncentraci cytokininu (BAP 0,1 mg.l⁻¹) a vyšší koncentraci auxinu (NAA 0,2 mg.l⁻¹) bylo stimulováno vytváření adventivních pupenů a rychlé prodlužování jejich osy.

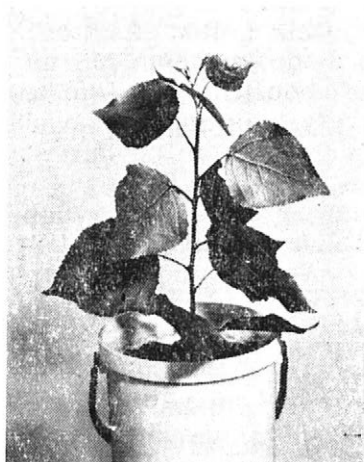
Množící se kultury byly pěstovány na tomtéž živném médiu obvykle čtyři týdny, poté byly rozděleny na větší počet částí (5–10) a byly přesazeny na čerstvé médium, kde jejich proliferace pokračovala.

Zakořeňování prýtů topolů. Prýty dlouhé 1–2 cm byly odříznuty z množící se kultury a umístěny vertikálně na modifikované GD médium nebo na WPM obsahující nízkou koncentraci auxinu (IBA 0,1–0,3 mg.l⁻¹). Během 10–14 dnů po umístění na toto živné médium se u 95–100 % prýtů vytvořily na bázi prýtů kořeny, které se v dalším týdnu dále prodloužily. Zakoeňené prýty byly přesazeny do nesterilní směsi rašeliny, půdy a perlitu, kde byly pěstovány za vysoké vzdušné vlhkosti po 2–3 týdny. Přesazení z agarového média do nesterilního



6. Množící se vícevrcholová orgánová kultura topolu *Populus nigra* L. var. *typica*. — Multiple shoot culture of *Populus nigra* L. var. *typica*

7. Množící se vícevrcholová orgánová kultura topolů *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta'. — Multiple shoot culture of *Populus euramericana* cv. 'Robusta'



8. Topol *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta' vypěstovaný in vitro rostoucí v nesterilním substrátu. — Tree of *Populus euramericana* cv. 'Robusta' grown in vitro, after transplanting into soil

substrátu přežilo 95—100 % rostlin a pokračovalo v růstu. Vzdušná vlhkost byla postupně snižována na normální hodnoty a po otužení byly rostliny vysazeny na venkovní plochy.

U *Populus nigra* a *P. euramericana* bylo rovněž dosaženo vysokého procenta zakořenění (90—95 %) po přesazení prýtů do nesterilního substrátu (rašeliny a perlitu 1:1), kde byly po 3—4 týdny pěstovány za vysoké relativní vzdušné vlhkosti.

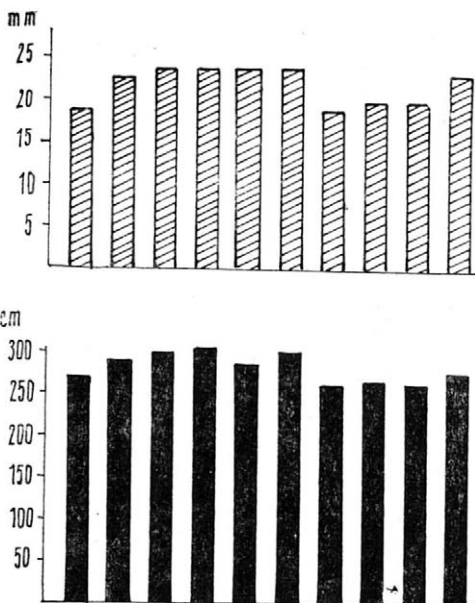
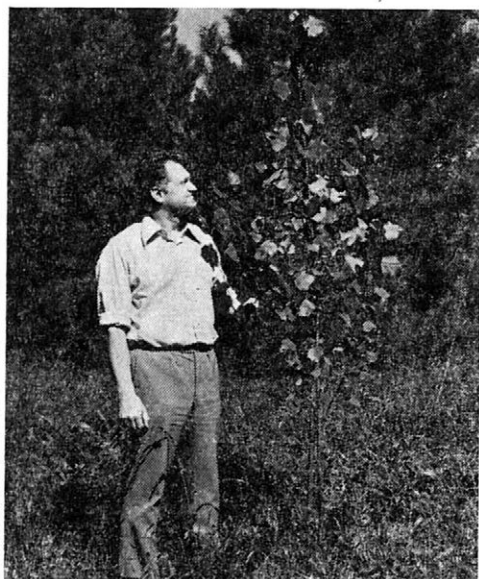
Růst stromů vypěstovaných in vitro. Topoly vypěstované in vitro a pěstované za příznivých vnějších podmínek v růstových komorách (při denní teplotě 23 °C, noční teplotě 18 °C, 75% relativní vzdušné vlhkosti, při 16hodinové fotoperiodě a intenzitě osvětlení 20 kiloluxů) přirůstaly denně o několik milimetrů (tabulka IV).

Rozdíly v průběhu výškového růstu mezi stromky regenerovanými z téhož mateřského stromu byly malé (tabulka IV). Tvar a velikost listů všech stromků regenerovaných

z téhož mateřského stromu byly podobné, měnily se ovšem značně s věkem. Listy vzniklé např. v počátečních stadiích výškového růstu byly

IV. Průběh výškového růstu stromů topolu *Populus euramericana* cv. 'Robusta' (vzniklých z téhož mateřského stromu) při pěstování v klimatizačních komorách (měřeno 8 stromů). — The height growth of trees of *Populus euramericana* cv. 'Robusta' (derived from the same mother tree) grown in the growth cabinet (8 trees were measured)

Den	Průměrná výška	Směrodatná odchylka ±	Výška	
			minimální	maximální
	cm			
0	3,3	0,1	3,1	3,5
7	5,9	0,4	5,4	6,8
14	9,7	0,6	8,6	10,9
21	15,6	0,7	14,5	16,9
28	22,9	0,8	21,6	24,7
35	30,3	0,7	29,1	31,6
42	38,6	0,8	37,6	40,2
49	47,3	0,8	46,1	48,5
56	56,4	1,0	55,0	58,5
63	66,4	1,0	65,0	68,6
70	76,7	1,1	75,3	78,8



9. Topol *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta' vypěstovaný in vitro rostoucí na venkovní pokusné ploše. — Tree of *Populus euramericana* cv. 'Robusta' grown in vitro, growing in the field experimental plot

10. Diference v tloušťce (mm) a výšce (cm) stromů topolu [*Populus euramericana* (Doda) Guin. cv. 'Robusta'] vypěstovaných in vitro z téhož mateřského stromu na konci třetího vegetačního období. — Differences in the tree height (cm) and the stem diameter (mm) of trees of *Populus euramericana* cv. 'Robusta' grown in vitro from the same mother tree, at the end of the third growing season

menší a měly i jiný tvar než listy vzniklé v době, kdy stromky dosáhly výšky 50–60 cm.

Rovněž výškový růst stromků vysazených na pokusné ploše probíhal normálně. Všechny vysazené stromky se ujmulý a během prvního i druhého zimního období nedošlo k úhynu žádného stromku. Na konci třetího vegetačního období dosáhly stromky *Populus euramericana* cv. 'Robusta' průměrné výšky 270 cm a tloušťky kmínku (ve výšce 5 cm nad zemí) 22, 4 mm. Výškový růst stromků pocházejících z téhož mateřského stromu byl podobný, difference ve výšce však existovaly (obr. 10). Byly zřejmě způsobeny rozdíly ve vývinu kořenového systému po zasazení a rozdíly v půdních a vlhkostních podmínkách.

Množení topolů pomocí kalusových kultur

Organogeneze byla u neorganizovaně rostoucích kalusových pletiv indukována různou koncentrací a kombinací auxinů a cytokininů. Bylo použito jednak modifikované Wolter-Skoogovo médium (WS), jednak modifikované MS médium. Neorganizovaně rostoucí kalus byl přesazen na obě tato živná média obsahující různé koncentrace NAA a BAP. Na obou živných médiích došlo k organogenezi, vytváření kořenů a prýtů. Vytváření prýtů bylo indukováno cytokininem (BAP), vytváření kořenů bylo stimulováno auxinem (NAA). Na médiích neobsahujících ani cytokinin, ani auxin nebyly vytvářeny žádné prýty, v menším počtu případů byly vytvářeny kořeny. Modifikované WS médium podporovalo lépe vy-

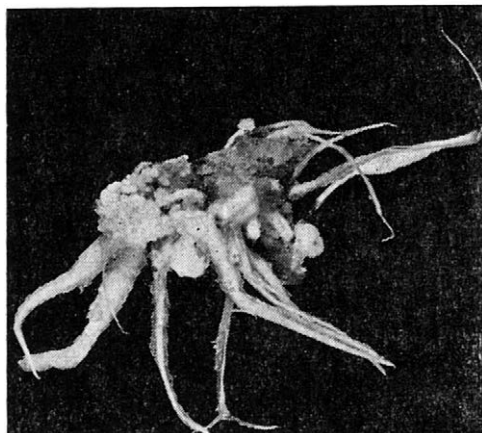
V. Vliv NAA na vytváření kořenů u kalusů *Populus euramericana* cv. 'Robusta' (při pěstování na WS médiu). — The effect of NAA on the root formation from callus tissue of *Populus euramericana* cv. 'Robusta'

Koncentrace NAA	Počet kalusů s kořeny		Počet kořenů u kalusu
mg.l ⁻¹	ks	%	$\bar{x} \pm s$
0,0	8	16	2,1 $\pm$ 1,3
0,2	38	76	4,6 $\pm$ 1,8
0,4	42	84	5,2 $\pm$ 2,1
0,8	32	64	3,4 $\pm$ 1,5
1,0	31	62	2,8 $\pm$ 1,3
2,0	9	18	1,6 $\pm$ 0,7
5,0	1	2	1,0 $\pm$ 0,0
10,0	1	2	1,0 $\pm$ 0,0

tváření kořenů než MS médium, naopak vytváření prýtlů bylo intenzivnější na modifikovaném MS médiu.

U *Populus euramericana* cv. 'Robusta' různé koncentrace NAA v médiu stimulovaly v různé míře vytváření kořenů (tabulka V). Ve zkoušeném rozmezí byl největší počet kořenů vytvořen na modifikovaném WS médiu s koncentrací NAA 0,4 mg . l⁻¹. Vyšší koncentrace NAA (2—10 mg . l⁻¹) vytváření kořenů nestimulovaly a pokud se kořeny vytvořily, byly krátké. Tvorba kořenů byla indukována jak u kalusů pěstovaných na světle, tak u kalusů rostoucích ve tmě. Kořeny byly vytvářeny v krátké době po umístění neorganizovaně rostoucích kalusových pletiv na živné médium. Makroskopicky viditelné kořeny se vytvářely během 10 až 14 dnů po umístění kalusu na agarové médium a během dalších 2—3 týdnů dosáhly délky několika centimetrů. U každého kalusu vzniklo obvykle 2—6 kořenů. Kořeny rostly rychleji, jestliže byly na povrchu nebo nad povrchem agarového média. Kořeny rostoucí v agarovém médiu neměly jemné kořenové vlášení a byly kratší. Na živných médiích bez cytokininů, obsahujících pouze auxin, byla pozorována pouze tvorba kořenů, prýty se nevytvářely v žádném případě.

Vytváření listů a prýtlů bylo u neorganizovaně rostoucích kalusových pletiv indukováno cytokininu a směsí cytokininů a auxinů. Přítomnost auxinu v živném médiu tvorbu prýtlů podporovala, byla-li jejich koncentrace nízká. Při vyšší koncentraci působila přítomnost auxinu na vytváření listů a prýtlů většinou inhibičně. Organogeneze byla indukována při použití cytokininů v dosti široké koncentraci (tabulka VI). Již velmi nízká koncentrace cytokininů (BAP 0,05 mg . l⁻¹) stimulovala vytváření prýtlů. Se stoupající koncentrací stoupalo také procento kalusů, u nichž se vytvořily prýty a stoupl i počet u kalusu vytvořených prýtlů. Prýty však byly při vyšších koncentracích cytokininu tenčí a kratší než při nízkých koncentracích. U kalusových pletiv pěstovaných na živných médiích neobsahujících ani auxin, ani cytokinin prýty nevznikaly. Na všech médiích obsahujících cytokinin a postrádajících auxin byla indukována tvorba prýtlů, jestliže kalusová pletiva byla pěstována při vyšší



11. Vytváření kořenů u neorganizované rostoucího kalusového pletiva topolu *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta'. — Root formation from callus tissue of *Populus euramericana* cv. 'Robusta'



12. Vytváření prýtů u neorganizované rostoucího kalusového pletiva topolu *Populus euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta'. — Shoot formation from callus tissue of *Populus euramericana* cv. 'Robusta'

světelné intenzitě. U kalusových pletiv pěstovaných v temnotě se na živných médiích s nízkou koncentrací cytokininu (BAP $0,05-0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) nevytvářely prýty, ale kořeny. Z těchto výsledků je zřejmé, že světlo má značný význam pro organogenezi a může rozhodnout o druhu orgánu, který je vytvářen.

Regenerace celých rostlin byla dosažena po zakořenění prýtů odříznutých z kalusových pletiv. Pro tvorbu kořenů je vhodné minerálně chudší médium, jako je např. WS nebo WPM, které jsme používali v původní nebo poloviční koncentraci. Při zakořeňování prýtů bylo dosaženo

VI. Vliv BAP na vytváření prýtů u kalusů *Populus euramericana* cv. 'Robusta' (při pěstování na MS médiu). — The effect of BAP on the shoot formation from callus tissue of *Populus euramericana* cv. 'Robusta'

Koncentrace BAP	Počet kalusů s prýty		Počet prýtů u kalusu
	ks	%	$\bar{x} \pm s$
$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$			
0,00	0	0	—
0,05	32	64	$3,4 \pm 1,6$
0,15	41	82	$4,8 \pm 2,1$
0,30	43	86	$6,4 \pm 2,6$
0,70	40	80	$6,9 \pm 2,7$
2,00	36	72	$6,0 \pm 3,0$
5,00	36	72	$6,8 \pm 3,5$

nejlepších výsledků při použití NAA nebo IBA jako auxinů, a to v koncentracích 0,1—0,5 mg.l⁻¹. Odříznuté prýty zakořenily i v nesterilní směsi rašeliny a perlitu.

DISKUSE

Jak ukázaly dosavadní pokusy, je možno u topolů i osiky dosáhnout regeneraci rostlin jednak pomocí orgánových kultur, jednak pomocí kalusových kultur. Množení osiky a topolů je značně rychlejší a snadnější, jestliže tyto druhy rozmnožujeme pomocí orgánových kultur. Regenerace rostlin z kalusových pletiv není mnohdy bez problémů a dosažený koeficient množení je při tomto způsobu množení poměrně nízký. Tento způsob regenerace, který byl používán v počátečních údobích pokusů (Winton 1970, 1971, Berbee a kol. 1972, Chalupa 1974), je ovšem důležitý pro získání rostlin z buněčných kultur a z neorganizované rostoucích pletiv. Jestliže se podaří indukovat organogenezi u neorganizované rostoucích kalusových pletiv a vypěstovat prýty, je snadné potom tyto prýty dále rychle množit pomocí orgánových kultur. Množení pomocí orgánových kultur lze pokládat za výhodné i z hlediska genetické stability kultur.

Koeficient množení prýtů je při použití orgánových kultur značně závislý na koncentraci exogenních cytokininů v živném médiu. Koncentrace cytokininu a vzájemný poměr cytokininu a auxinu v živném médiu má rozhodující vliv na četnost vytváření prýtů a na jejich další vývin. Podle cíle, který sledujeme, je třeba volit i nejvhodnější koncentraci a vzájemný poměr růstových hormonů v živném médiu.

Vytváření kořenů je možno u topolů a osik dosáhnout buď technikou *in vitro*, nebo lze zakořenit prýty vypěstované *in vitro* jako řízky v substrátu za vysoké vzdušné vlhkosti (Chalupa 1975). Tento druhý způsob zakořeňování je vhodný zejména u snadno kořenících klonů. Při zakořeňování prýtů přímo v substrátu je celková pracnost vynaložená na vypěstování sazenice nižší, neboť odpadá několik manipulací s prýty.

Růst stromků vypěstovaných *in vitro* z téhož mateřského stromu probíhal u našeho materiálu u všech jedinců podobně, zejména u sazenic pěstovaných za kontrolovaných vnějších podmínek v klimatizačních komorách. Na venkovních pokusných plochách se rozměry těchto stromů již odchylovaly ve větším měřítku, zřejmě jako důsledek odchylného vývinu kořenového systému po přesazení a vlivem menších rozdílů v půdních a vlhkostních podmínkách. Značná variabilita ve výšce stromů téhož klonu, kterou Lester a Berbee (1977) zjistili u topolů rozmnožených z kalusových kultur, nebyla u našeho materiálu pozorována.

Došlo dne 12. 3. 1985

Literatura

- BERBEE, F. M. — BERBEE, J. G. — HILDEBRANDT, A. C.: Induction of callus and trees from stem tip cultures of a hybrid poplar. *In vitro*, 7, 1972, s. 269
BONGA, J. M. — DURZAN, D. J. (ed.): Tissue culture in forestry. The Hague - Boston - London, 1982
BROWN, C. L. — SOMMER, H. E.: Vegetative propagation of dicotyledonous trees. In: Bonga, J. M. — Durzan, D. J. (ed): Tissue culture in forestry. The Hague - Boston - London, 1982, s. 109-149

- GRESSHOFF, P. M. — DOY, C. H.: Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Planta*, 107, 1972, s. 161-170
- CHALUPA, V.: Control of root and shoot formation and production of trees from poplar callus. *Biol. Plant.*, 16, 1974, s. 542-546
- CHALUPA, V.: Induction of organogenesis in forest tree tissue cultures. *Commun. Inst. For. Česosl.*, 9, 1975, s. 39-50
- CHALUPA, V.: Tkáňové kultury lesních dřevin. *Studijní informace — Lesnictví*, 1975, č. 2, s. 1-84
- CHALUPA, V.: In vitro propagation of some broad-leaved forest trees. *Commun. Inst. For. Česosl.*, 11, 1979, s. 159-170
- CHALUPA, V.: Clonal propagation of broad-leaved forest trees in vitro. *Commun. Inst. For. Česosl.*, 12, 1981, s. 255-271
- CHALUPA, V.: Micropropagation of conifer and broadleaved forest trees. *Commun. Inst. For. Česosl.*, 13, 1983, s. 7-39
- CHRISTIE, C. B.: Rapid propagation of aspens and silver poplar using tissue culture techniques. *Int. Plant Prop. Soc. Proc.*, 28, 1978, s. 256-260
- LESTER, D. T. — BERBEE, J. G.: Within-clone variation among black poplar trees derived from callus culture. *For. Sci.*, 23, 1977, s. 122-131
- LUBRANO, L.: Micropropagation du peuplier. *Proc. Colloque Intern. sur la culture „in vitro“ des essences forestières*, Fontainebleau, 1982, s. 81-86
- MATHES, M. C.: The in vitro formation of plantlets from aspen tissue. *Phyton*, 21, 1964, s. 137-141
- MURASHIGE, T. — SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15, 1962, s. 473-497
- NKANKA, B.: Obtention de plantules à partir de bourgeons adventifs sur feuilles de peuplier ('Serotina de champagne' — 'I 214') cultivés in vitro. *Proc. Colloque Intern. sur la culture „in vitro“ des essences forestières*, Fontainebleau, 1981, s. 236-245
- ROSU, A. — IORDAN, M. — BREZEANU, A. — GRIGORESCU, A.: Multiplicarea clonală prin culturi de meristem a arborilor maturi de *Populus X euramericana* cv. Robusta R 16. *Rev. Padurilor*, 99, 1984, s. 125-127
- THOMPSON, D. G. — GORDON, J. C.: Propagation of poplars by shoot apex culture and nutrient film technique. *TAPPI*, 1977, s. 78-82
- VENVERLOO, C. J.: The formation of adventitious organs. I. Cytokinin-induced formation of leaves and shoots in callus cultures of *Populus nigra* L. 'Italica'. *Acta Bot. Neerl.*, 22, 1973, s. 390-398
- WHITEHEAD, H. C. M. — GILES, K. L.: Rapid propagation of poplars by tissue culture methods. *N. Z. Jour. For. Sci.*, 7, 1977, s. 40-43
- WINTON, L. L.: Plantlets from aspen tissue cultures. *Science*, 160, 1968, s. 1234-1235
- WINTON, L. L.: Shoot and tree production from aspen tissue culture. *Amer. Jour. Bot.*, 57, 1970, s. 904-909
- WINTON, L. L.: Tissue culture propagation of European aspen. *For. Sci.*, 17, 1971, s. 348-350
- WOLTER, K. E.: Root and shoot initiation in aspen callus cultures. *Nature*, 219, 1968, s. 509-510
- WOLTER, K. E. — SKOOG, F.: Nutritional requirements of *Fraxinus* callus cultures. *Amer. Jour. Bot.*, 53, 1966, s. 263-269

ХАЛУПА, В. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). Размножение осины (*Populus tremula* L.) и тополей (*Populus nigra* L., *P. alba* L., *P. euramericana* /Dode/ Guin.) in vitro и рост деревьев, возникших in vitro. *Lesnictví*, 31, 1985 (9): 785-802.

Опыты по размножению этих культур проводили как с помощью органо-вых, так и калусных культур. Культуры выращивали при 25 °С днем и 20 °С ночью в 16-часовой фотопериод с интенсивностью освещения 5—10 килолюксов, на 5 химических обработанных агаровых питательных средах, состав которых приводится в табл. I.

У осин и тополей добились высокого коэффициента размножения с помощью органо-вых культур, которые лучше всего размножались на модифицированной MS среде и на WPM (табл. I). Из тестированных цитокининов самым эффективным оказался 6-бензил-аминопурин (BAP). Лучшие его концентрации, стимулирующие рост и размножение органо-вых культур, составляют 0,2—1,0 мг. л⁻¹. Из ауксинов их

быстрое размножение стимулировали, главное, NAA и IBA в низкой концентрации (0,1 мг. л⁻¹).

Побеги окоренялись либо по технике ин vitro на агаровой среде со слабой концентрацией ауксина, либо в нестерильном субстрате при высокой относительной влажности воздуха. Окоренение высокое у всех древесных видов (90—100 %).

После заделки выращенные ин vitro деревья высаживали на открытые опытные участки, где в течение 3 лет прослеживали за их ростом. Он протекал нормально. Ни в первый, ни во второй зимние периоды отмирания деревьев не отмечено. В конце третьего периода вегетации эти деревья имели значительные размеры. Рост деревьев, выращенных из одного материнского дерева, был у всех особей подобный. В конце 3-го периода вегетации их размеры разнились, что дано, по-видимому, отклонениями в развитии корневой системы после пересадки, а также небольшими различиями в почвенных и водных условиях.

селекции лесных пород; культуры органов; стимуляторы; окоренение отпрысков

CHALUPA, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *In vitro propagation of aspen (Populus tremula L.) and poplars [Populus nigra L., P. alba L., P. euramericana (Dode) Guin.] and the field growth of in vitro propagated trees*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 785-802.

Aspen and poplars were propagated in vitro by organ culture and by callus culture. Experiments were carried out with *Populus nigra* L. var. *typica*, *P. alba* L., *P. euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta', *P. tremula* L. (diploid), and with hybrids of *P. tremula* × *P. tremuloides*, *P. tremula* × *P. alba*, *P. tremula* × *P. tremula*. Cultures were grown under temperature 25 °C (day) and 20 °C (night), under 16 h photoperiod of cool white fluorescent light with an illuminance of 5—8 klux. Cultures were grown on five chemically defined agar nutrient media listed in table I.

The high multiplication rate of aspen and poplars was achieved by organ culture. Shoot tips and short nodal segments were used as initial explants. After the second transfer on a fresh agar medium a multiple shoot culture developed and was used for further multiplication. From tested nutrient media aspen and poplar cultures multiplied rapidly on modified MS medium and on WPM (table I). From tested cytokinins, BAP in concentration 0.2 mg—1.0 mg.l⁻¹ stimulated best the rapid multiplication of organ cultures. Low concentration of IBA or NAA (0.1 mg.l⁻¹) stimulated growth and multiplication of cultures.

Rooting of shoots excised from proliferating cultures was achieved either in vitro on agar media containing low concentration of auxin (table II) or shoots were rooted under nonsterile conditions in substrate under high air humidity. 90%—100% of excised shoots rooted within 2—3 weeks. The rooted plants were transplanted into unsterile soil and after hardening-off they were planted in the field experimental plots. The growth and development of in vitro propagated trees was observed and measured for three years.

The growth of all trees planted in the experimental field was rapid and no signs of aberration was observed. The growth of trees derived from the same mother tree was similar. Differences in height growth of these trees were caused mainly by different root development after transplanting and by differences in soil and moisture.

CHALUPA, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Vermehrung der Aspe (Populus tremula L.) und der Pappeln [Populus nigra L., P. alba L., P. euramericana (Dode) Guin.] in vitro und das Wachstum der in vitro entstandenen Bäume*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 785-802.

Es wurden Versuche mit der Vermehrung von Aspen und von Pappeln einerseits mit Hilfe von Organkulturen, andererseits mit Hilfe von Kalluskulturen durchgeführt. Es wurde mit *Populus nigra* L. var. *typica*, *P. alba* L., *P. euramericana* (Dode) Guin. cv. 'Robusta', *P. tremula* L. (diploid) und mit Hybriden *P. tremula* × *P. tremuloides*, *P. tremula* × *P. alba* und *P. tremula* × *P. tremula* gearbeitet. Die Kulturen wurden bei einer Temperatur von 25 °C (am Tage) und 20 °C (in der Nacht) bei 16stündiger Fotoperiode, bei einer Beleuchtungsintensität von 5—10 Kilo-

lux gezüchtet. Die Kulturen wurden auf fünf chemisch definierten Agar-Nährmedien gezüchtet, deren Zusammensetzung in Tab. I angeführt ist.

Bei Aspen und Pappeln wurde ein hoher Vermehrungskoeffizient mit Hilfe der Organkultur erreicht. Unter den getesteten Nährmedien vermehrten sich die Organkulturen am besten auf dem modifizierten MS-Medium und auf WPM (Tab. I.). Unter den getesteten Zytokininien zeigte 6-Benzylaminopurin (BAP) die höchste Wirksamkeit. Als bestgeeignete stimulierende Konzentrationen von BAP für schnelles Wachstum und Vermehrung von Organkulturen erwiesen sich $0,2-1,0 \text{ mg.l}^{-1}$. Von Auxinen stimulierten die schnelle Vermehrung von Organkulturen besonders NAA und IBA in niedriger Konzentration ($0,1 \text{ mg.l}^{-1}$).

Die Bewurzelung der Triebe wurde entweder mit Hilfe der in vitro-Technik in den schwachen Konzentrationen von Auxin enthaltenden Agar-Nährmedien durchgeführt, oder sie wurde im nichtsterilen Substrat bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit erreicht. Es wurde ein hohes Bewurzelungsprozent ($90-100\%$) bei allen Holzarten erreicht.

Nach Abhärtung wurden die in vitro gezüchteten Bäume auf Versuchsflächen im Gelände ausgepflanzt, wo im Verlauf von drei Jahren ihr Wachstum verfolgt wurde. Das Wachstum der Bäume verlief auf den Flächen im Gelände normal. Weder im ersten noch im zweiten Winterzeitraum kam es zum Absterben von Bäumen. Am Ende der dritten Vegetationszeit erreichten die Bäume auf den Versuchsflächen bedeutende Dimensionen. Das Wachstum der aus demselben Mutterbaum gezüchteten Bäume verlief bei allen Individuen ähnlich. Ihre Dimensionen am Ende der dritten Vegetationszeit waren unterschiedlich, was offenbar die Folge der unterschiedlichen Entwicklung des Wurzelsystems nach der Umpflanzung und des Einflusses kleiner Unterschiede der Boden- und Feuchtebedingungen war.

Züchtung der Waldbäume; Organkulturen; Stimulatoren; Bewurzelung der Triebe

Adresa autora:

Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště-Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

VODNÍ REŽIM PŮDY A SUMÁRNÍ VODNÍ BILANCE DUBOVÉHO A SMRKOVÉHO POROSTU VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ

K. Mráz

MRÁZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Vodní režim půdy a sumární vodní bilance dubového a smrkového porostu za vegetační období*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 803-816.

Vodní režim půdy dubového a smrkového porostu na paralelních plochách v chlumní oblasti byl studován na základě měření sacího tlaku pomocí tenzometrů. Popsanou hydropedologickou metodou byla stanovena vodní bilance těchto porostů, tedy zásoby vody v půdních profilech, vertikální tok vody půdní spodinou a z těchto hodnot a ze srážek byla odvozena evapotranspirace. Dubový (opadavý) porost umožňuje podstatně vyšší nahromadění zimní vláhy, takže vstupuje do vegetačního období s podstatně vyšší zásobou vody v půdě. V suchých letních obdobích dochází pod dubovým porostem v chlumní oblasti k silnějšímu vysoušení půdy než pod smrkovým porostem se stejnou zásobou hroubí, zejména ve spodinách. Po velmi silných srážkách může dojít pod dubovým porostem k silnějšímu provlhčení půdy, pokud nejsou půdní spodiny ještě příliš vysušeny. Vertikální tok půdní spodinou (měřítko produkce disponibilní vody) je ve svém úhrnu za vegetační období podstatně vyšší pod dubovým porostem, což je dáno právě vyšší zásobou zimní vláhy; v suchých obdobích je zde vertikální tok menší. Evapotranspirace dubového porostu ve vegetačním období je podstatně vyšší než evapotranspirace smrkového porostu a je hlavní příčinou silnějšího letního vysychání půdy pod dubovým porostem.

pedologie lesnická; vodní režim půd; dub; smrk

Výzkum vodního režimu půdy a jeho ovlivnění druhovou skladbou porostů dává podklady pro poznání zákonitostí a umožňuje řízení celého hydrologického cyklu v lesní krajině. Srážko-odtokový proces, tvorbu odtoku, resp. produkci disponibilní vody můžeme lesnickými zásahy ovlivnit (ať už jde o celkové množství, časové rozložení odtoku nebo o chemickou kvalitu vyprodukované vody) prakticky jedině ve fázi, kdy se voda nachází v lesním ekosystému, a to od dopadu srážkové vody na lesní porost do okamžiku její koncentrace ve vodním toku. Hospodářské zásahy mohou ovlivnit chování vody v nadzemním prostoru lesního ekosystému (především intercepci) a v prostoru pod povrchem půdy (evapotranspiraci regulací kořenové desky a výparu z půdy). Tím se pak mění i další složky vodní bilance.

Poznatky o vodním režimu půdy, o vlivu lesních porostů různých dřevin a o možnostech jeho regulace jsou základem racionálního hospodaření v lesích zaměřeného na maximální produkci dřeva. Důležité jsou přitom poznatky o vlivu porostů a jejich složek, o časovém vývoji zásob stromům přístupné vody a dalších složek vodní bilance, zejména evapotranspirace, která úzce souvisí s přírůstem. Tyto zákonitosti by měly být základem moderního lesního hospodářství.

PROBLEMATIKA

Pro lesnickou hydrologii má hydropedologická metoda stanovení vodní bilance lesa základní význam. Čistě hydrologické metody, které se zabývají vztahem srážky — odtok, nejsou pro lesnické účely dostačující,

protože porost a půda, resp. ekosystém lesa jako celek při jejich aplikaci zůstává nepoznáán („black box“), takže není možno posoudit vliv hospodářských zásahů, skladby a struktury lesa na jednotlivé složky vodní bilance.

Hydrologická metoda má velké výhody též ve srovnání s fyziologickými metodami stanovení transpirace jako důležité složky vodní bilance; zatímco tyto metody vycházejí z měření transpirace listu nebo výhonku a výsledky přepočítávají na celý strom a dále na porost, čímž vznikají značné chyby, stanovujeme hodnoty vodního režimu půdy pro reprezentativní plošný výsek celého ekosystému.

Moderní fyzikální teorie pohybu vody v půdě v energetickém pojetí vychází ze stanovení potenciálu vody (totálního potenciálu jako součtu matričního a gravitačního potenciálu) a z výpočtu jeho gradientu mezi dvěma body nebo úrovněmi. Gradient určuje směr pohybu vody a podílí se na určení jeho rychlosti, která závisí též na hydraulické vodivosti; ta se velmi silně mění v závislosti na vlhkosti, resp. na sacím tlaku.

Matriční potenciál stanovíme na základě měření sacího tlaku vody v půdě pomocí tenziometrů; to je velmi výhodné, protože měříme kontinuálně na trvalých plochách bez narušování půdního profilu odběrem vzorků, což by změnilo vodní režim. Přitom je další výhoda v tom, že měřené hodnoty můžeme odečítat v libovolně dlouhých intervalech.

Znalost sacího tlaku a jeho časového průběhu v různých hloubkách půdního profilu sama o sobě bez dalších výpočtů umožňuje celkové posouzení vodního režimu půdy v časovém průběhu, jelikož hodnoty sacího tlaku vyjadřují jak množství vody (po převodu pomocí retenčních křivek), tak i její přístupnost pro rostliny, resp. pevnost její vazby v půdě a její pohyblivost. Z grafického znázornění poměrů v profilu půdy v čase je vidět zvlhčování vrstev po srážkách a naopak jejich vysoušení kořenovou desukcí v souvislosti s evapotranspirací.

Znalost poměrů sacího tlaku v půdním profilu v čase umožňuje též stanovení změn obsahu vody v půdě (zásob vody v půdním profilu), což je základem pro výpočet vodní bilance. I když odvození půdní vlhkosti ze sacího tlaku pomocí retenčních křivek je zatíženo určitou chybou, je podle našich zkušeností přesnější než stanovení půdní vlhkosti jinými metodami kromě gravimetrické, která však vyžaduje opakované odběry velkého množství půdních vzorků, je energeticky i pracovně náročná a vede k narušování půdního profilu. Terénní retenční křivky jsou podstatně bližší skutečnosti než laboratorní (Flühler a kol. 1976). Hlavní zdroj chyb při odvozování vlhkosti pomocí retenčních křivek, rozdílnost zvlhčovací a vysoušecí větve retenční křivky eliminujeme výpočtem postupem pomocí empirického koeficientu ve zvlhčovacích fázích.

Uvedeným způsobem je možno určit rychlost vertikálního toku vody nenasycenou půdní spodinou (T_v); ta je skutečně měřítkem doplňování zásob podzemních vod. Existuje korelace mezi T_v a základními hodnotami odtoku z povodí, pokud T_v měříme dolů (Mráz 1980).

Znalost T_v je nutným předpokladem pro výpočet vodní bilance z rozdílů zásob vody v půdním profilu a ze srážek; bez ní nelze zjistit, kolik vody v uvažovaném období z profilu oteklo nebo přiteklo vzhůru.

METODIKA

Základem metody je měření sacího tlaku vody v půdě, a to pomocí tenziometrů; použili jsme rtuťové tenziometry, jejichž keramická čidla jsme zabudovali

v hloubkách 20, 50, 100 a 150 cm, vždy v několika opakováních. Na každé ploše je 30 až 50 tenziometrů.

Terénní retenční křivky pro jednotlivé vrstvy, resp. horizonty půd jsme odvodili z hodnot měřeného sacího tlaku v terénu a z obsahu vody v půdě zjištěného současně gravimetricky. Fyzikální vlastnosti půdy jsme stanovili běžnými metodami. Srážky na volné ploše jsme měřili běžnými srážkoměry (v roce 1983), jinak jsme pro orientační sestavení vodní bilance použili hodnot podle měření blízkých stanic sítě HMÚ (Průhonice a Komořany).

CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÝCH PLOCH

Výzkumné plochy ve smrkovém a v dubovém porostu v polesí Sulice odd. 734a₁ a a₃ Lesního závodu Zbraslav jsou v nadmořské výšce 462 m, v nejzazším severozápadním výběžku středočeských chlumů do plošiny v okolí Prahy. Oba porosty jsou zde na stanovišti jedlin s dubem na přechodu do habrových doubrav. Podklad tvoří zvětralina granodioritu, ale je třeba počítat s příměsí sprašového materiálu z okolí. Půda je středně až mírně kyselá, středně bohatá hnědá lesní půda písčitohlinitá, v profilu se vyskytují zvětralé a dosud soudržné kameny. Humusové poměry jsou příznivé, v dubovém porostu mull, pod smrkem příznivá forma moderu. V obou porostech je keřové patro, tvořené převážně bezem černým, ale i b. červeným (*Sambucus nigra*, *S. racemosa*).

Taxační charakteristika porostů:

dřevina	věk	d _{1,3}	výška v m	bonitní stupeň	zakmenění	zápoj	zásoba m ³ /ha
smrk	80	24	23	4.	0,7	0,7	280
dub	80	22	21	4.	0,9	0,9	260

VODNÍ REŽIM PŮDY SMRKOVÉHO A DUBOVÉHO POROSTU

Obě plochy byly při založení paralelní nejen co do stanoviště, ale i co do taxačních veličin obou porostů. V zimě po založení objektu (1980/1981) byl smrkový porost poškozen mokrým sněhem, takže jeho zakmenění i zápoj poklesly na 0,7. Jelikož nebylo možno najít jiný pár po stanovištní stránce paralelních ploch a jelikož je možno pro srovnání využít měření ze zapojených porostů na Želivce, pokračovali jsme v práci na těchto plochách. Srovnání obou je možné i za současného stavu, protože smrkové porosty mají při stejném zakmenění a bonitě vyšší hmotu než porosty dubové, takže se po prosvětlení smrkového porostu oba porosty co do hmoty (a tedy i biomasy) přiblížily.

Grafické znázornění vlhkostních poměrů (resp. poměrů sacího tlaku) v půdním profilu v čase je možné buď formou chronoizobar, které spojují místa se stejným sacím tlakem, nebo pomocí čar ukazujících průběh sacího tlaku v hloubkách, ve kterých byl měřen. Diagram chronoizobar ukazuje tedy velmi názorně rozložení jednotlivých intervalů sacího tlaku, resp. odpovídajících vlhkostních intervalů v celém půdním profilu v časovém průběhu. Diagram sacích tlaků v jednotlivých měřených hloubkách pak ukazuje přesný průběh hodnot, nikoliv jejich intervaly, ale jen v měřených úrovních.

Vyšším hodnotám sacího tlaku (uváděné hodnoty jsou absolutní hodnoty matričního potenciálu, jenž má v nenasycené půdě zápornou hodnotu) odpovídá nižší obsah vody v půdě a naopak. Přibližně v rozmezí sacího tlaku 10 až 20 kPa je polní kapacita půdy, kdy půda obsahuje maximální množství vody, které udrží proti vlivu zemské tíže. Při

nižších hodnotách (0–20 kPa) je v půdě i určité množství zcela volné gravitační vody odtékající velkými (nekapilárními) póry, resp. póry bez napětí; přitom je omezeno provzdušnění půdy. Při hodnotách nad 20 kPa obsah vody v půdě klesá, pevnost její vazby roste, a proto její přístupnost rostlinám a pohyblivost klesá. Při vzrůstu sacího tlaku nad 50 kPa zjišťujeme obvykle již omezování tloušťkového přírůstu stromů, i když tato mez není pevná; rozhodující je poměr mezi aktuální a potenciální evapotranspirací.

Při sacím tlaku nad 80 kPa již přestává být funkce tenziometrů spolehlivá; pak je obsah vody i její pohyblivost tak malá, že se s tokem vody už nedá prakticky počítat. Při překročení uvedené hodnoty jsme za předpokladu, že šlo o období bez podstatných srážek, průběh křivek extrapolovali. K takovým situacím dochází v popisovaných podmínkách jen výjimečně, ve velmi suchých letech a v povrchových vrstvách.

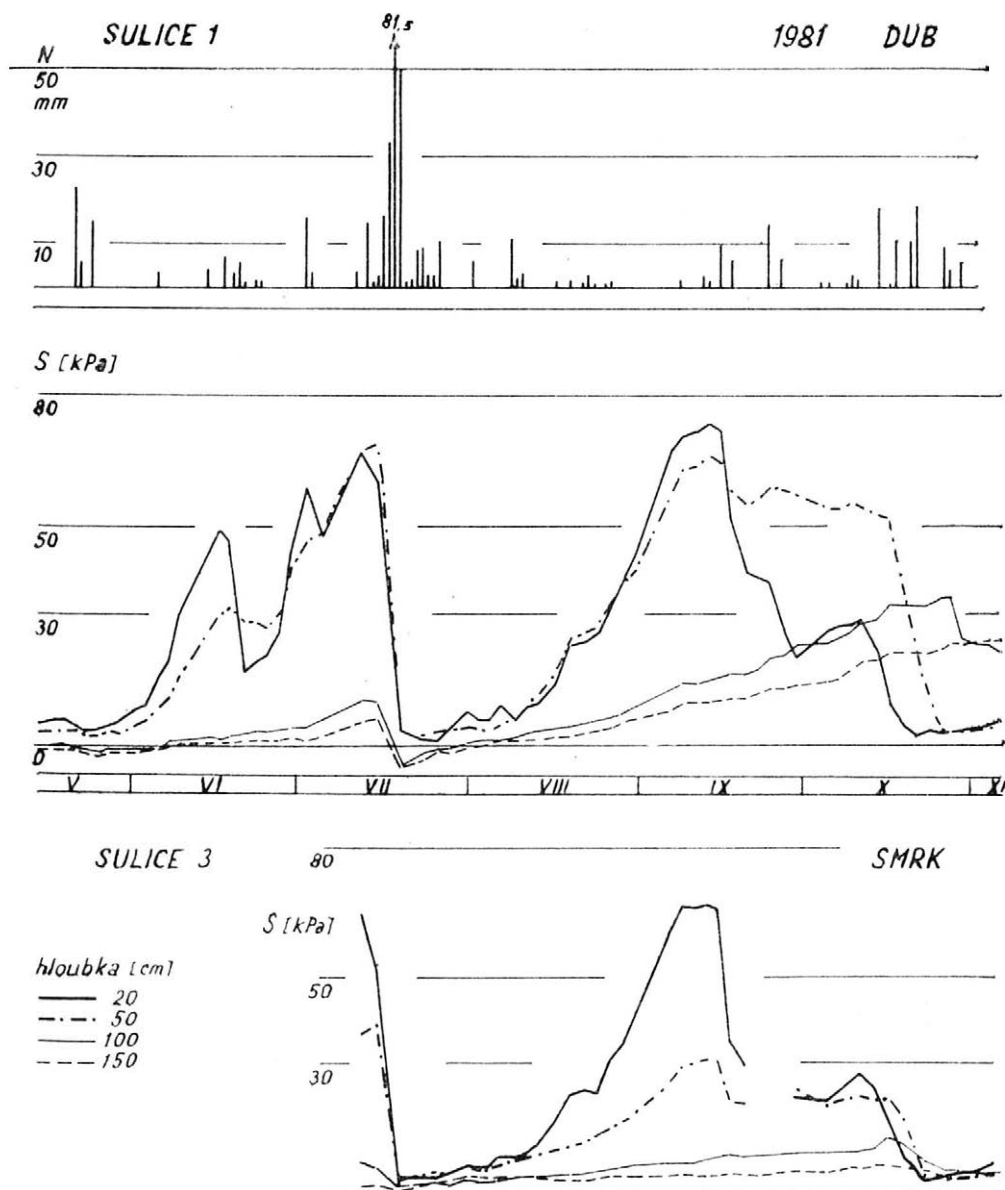
Diagramy vegetačních období 1981 až 1983 ukazují specifické rysy jednotlivých let i rozdíly mezi půdou pod jehličnatým a pod listnatým porostem. V roce 1981 po suchém jaru (květen–červen) přišel velmi vlhký červenec, kdy srážky dosáhly nebývale vysokých hodnot; následoval suchý srpen a dosti vlhké září, zejm. jeho druhá polovina, a vlhký říjen. V roce 1982 bylo vegetační období kromě krátkých období výdatných srážek (17.–22. července a 4.–7. srpna) a četných slabších srážek v červnu suché a zejména ve druhé polovině až extrémně suché. Vegetační období 1983 bylo opět velmi suché, mimořádně vysoké srážky se vyskytly 4. a 7. srpna a měly charakter přívalových dešťů; jinak byly významnější srážky jen koncem května a 10., 17. a 27. června. Z uvedených tří sledovaných let byl tedy rok 1981 ve vegetačním období nejvlhčí s poměrně nejrovnoměrněji rozloženými srážkami.

Vzdor různému průběhu počasí ve sledovaných letech 1981 až 1983 vidíme z diagramů určité společné rysy obecné platnosti. V suchých obdobích (vysoušecích fázích pedohydrologických cyklů) vysychají jak pod dubem, tak pod smrkem nejvíce povrchové vrstvy půdy; pod dubem je vysychání v hloubce 50 cm prakticky stejné jako v hloubce 20 cm, pod smrkem je hloubka 50 cm zřetelně vlhčí než hloubka 20 cm. Povrchové vrstvy reagují v obou porostech mnohem více a rychleji na změny v do-dávce a odběru vody než spodina.

Spodina půdy (hloubky 100 a 150 cm) má sklon k plynulému postupnému vysychání během vegetačního období; tento plynulý vývoj je narušován jen velmi silnými srážkami. Pod dubem je vysychání spodin rychlejší než pod smrkem, i když současně může být povrch půdy pod smrkem sušší. Ve srážkové vcelku „normálních“ letech nepřesahuje sací tlak v celých profilech rozsah měření tenziometrů (do 80 kPa), k vyšším hodnotám dochází jen v extrémně suchých obdobích (konec léta a podzim 1982 a 1983).

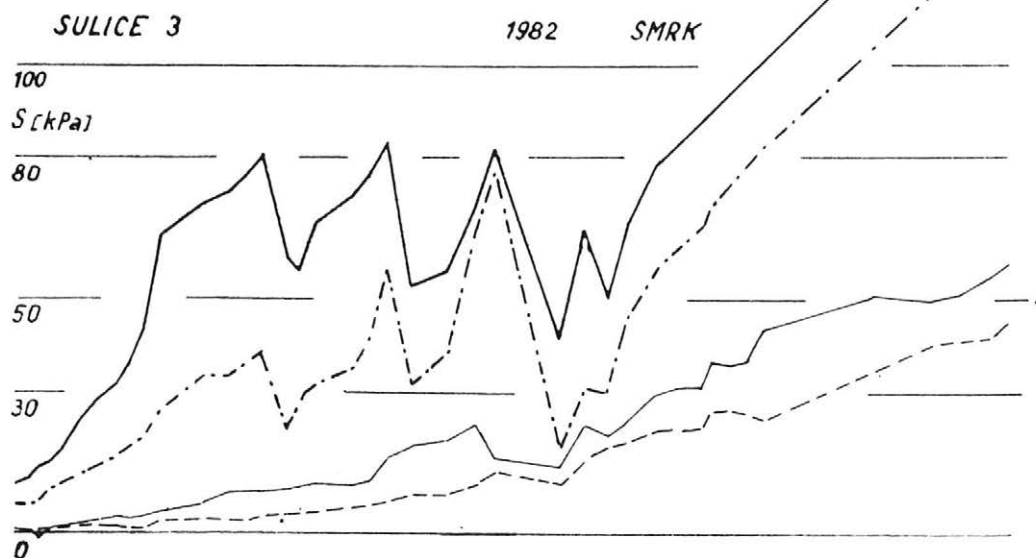
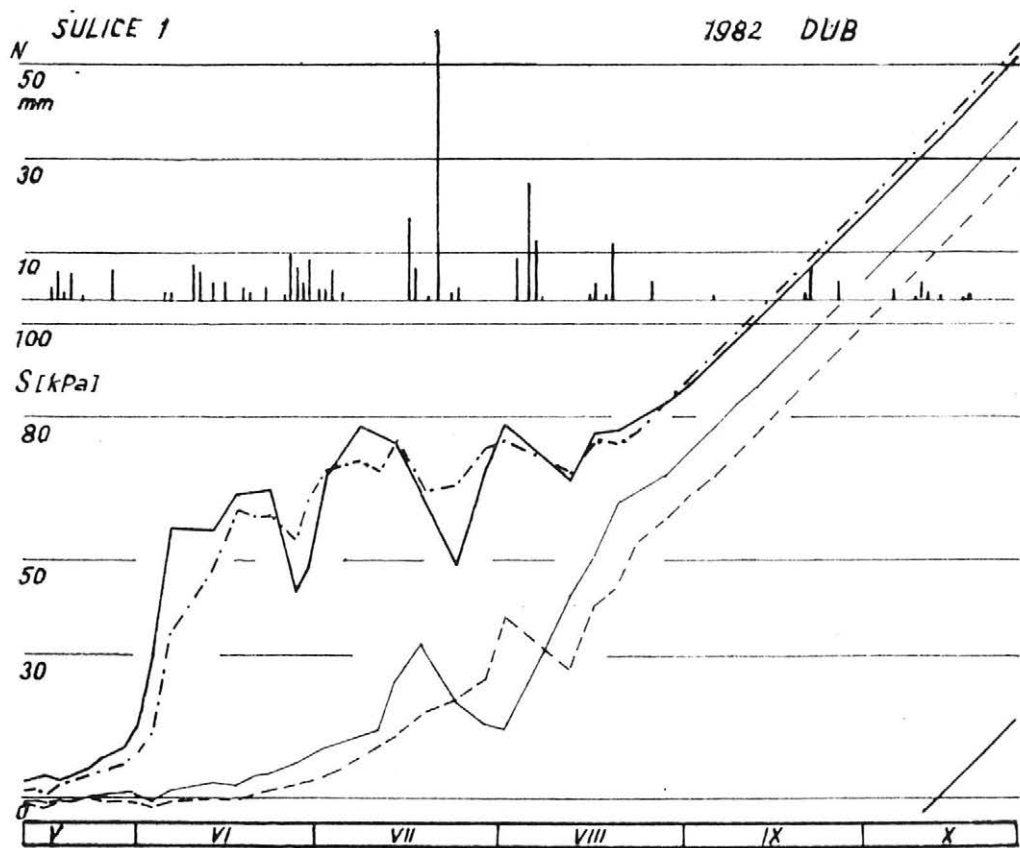
V jednotlivých letech můžeme sledovat vývoj vodního režimu půdních profilů obou porostů v souvislosti s průběhem počasí. V suchém jaru roku 1982 počala křivka vysychání povrchových vrstev půdy stoupat dříve ve smrkovém porostu, ve vlhkém jaru roku 1983 dříve v dubovém porostu. Stoupání křivky je v dubovém porostu vždy rychlejší (příkřejší) než ve smrkovém, a to začátkem června po olistění porostu.

V „normálním“ roce 1981 se vyvinuly ve vegetačním období dva výrazné pedohydrologické cykly, jejichž suché fáze dosáhly v dubovém

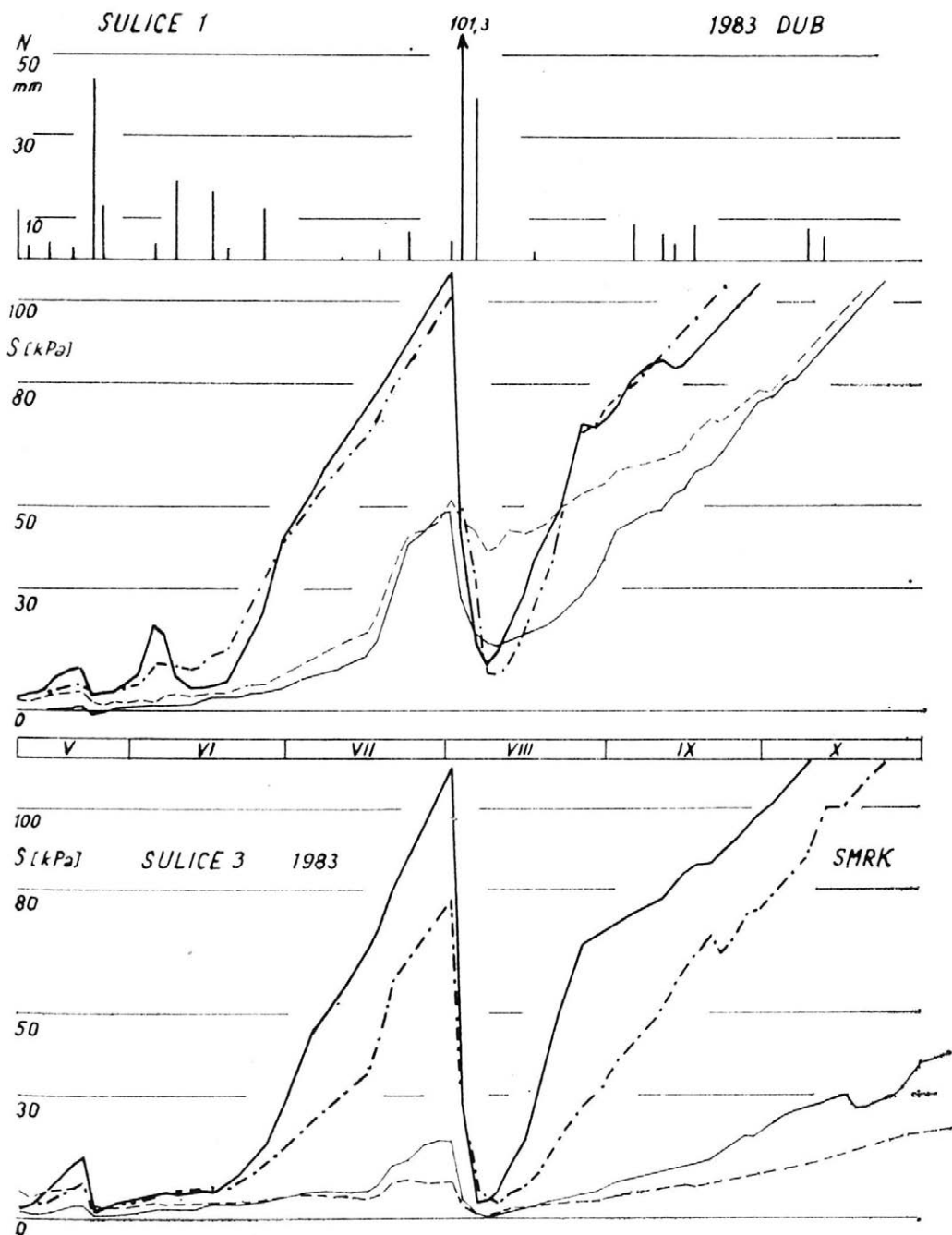


1. Průběh hodnot sacího tlaku v hloubkách 20, 50, 100 a 150 cm pod povrchem půdy dubového a smrkového porostu ve vegetačním období 1981 (v horní části diagramu srážky volné plochy). — The values of suction pressure at the depths of 20, 50, 100 and 150 cm from the soil surface in oak and spruce stands in the vegetation period of 1981 (precipitation on bare ground is in the upper part of the diagram)

porostu v hloubce 20 a 50 cm, ve smrkovém porostu jen v hloubce 20 cm, hodnot okolo 65—70 kPa. Mimořádně silné srážky po polovině července tento cyklus ukončily nasycením celých profilů vodou; v dubovém porostu se ve spodině do konce července vyskytovala dokonce dočasná hladina podzemní vody. Vysoušecí fáze druhého cyklu byla ukončena v povrchových vrstvách po polovině září, a to v souvislosti se sérií poměrně slabých srážek, ve spodinách až po silnějších srážkách po polo-



2. Průběh hodnot sacího tlaku v hloubkách 20, 50, 100 a 150 cm pod povrchem půdy dubového a smrkového porostu ve vegetačním období 1982 (v horní části diagramu srážky volné plochy). — The values of suction pressure at the depths of 20, 50, 100 and 150 cm from the soil surface in oak and spruce stands in the vegetation period of 1982 (precipitation on bare ground is in the upper part of the diagram)



3. Průběh hodnot sacího tlaku v hloubkách 20, 50, 100 a 150 cm pod povrchem půdy dubového a smrkového porostu ve vegetačním období 1983 (v horní části diagramu srážky volné plochy). — The values of suction pressure at the depths of 20, 50, 100 and 150 cm from the soil surface in oak and spruce stands in the vegetation period of 1983 (precipitation on bare ground is in the upper part of the diagram)

vině října. [Srážky uvedené v diagramech jsou srážky na volné ploše.] Spodina vysychala pod dubem podstatně více než pod smrkem, kde byla po celé vegetační období vlhčí než odpovídá polní kapacitě, tedy bylo zde trvale přítomno určité množství gravitační vody. V dubovém porostu byla spodina půdy do konce července rovněž vlhčí než polní kapacita, během září do poloviny října měla vlhkost odpovídající polní kapacitě a do konce října byla poněkud sušší. Tyto okolnosti mají velký význam pro vertikální tok vody spodinou (T_v) i z hlediska produkce.

V suchém roce 1982, který měl zejména extrémně suchý konec léta a podzim, se vyvinulo několik nevýrazných povrchových pedohydrologických cyklů, zatímco spodiny vysychaly s malými výkyvy po silných srážkách po polovině července a začátkem srpna stále plynule, a to opět podstatně více v dubovém porostu, kde překročily hodnoty sacího tlaku v hloubce 100 a 150 cm v polovině září 80 kPa a dále stoupaly (hodnoty v diagramu jsou nad 80 kPa extrapolovány). Znamená to prakticky zastavení vertikálního toku spodinou, a tím i dodávky vody do podzemních vod pod dubovým porostem, protože hydraulická vodivost půdy se při tak vysokém sacím tlaku blíží nule.

Vzdor tomu, že ještě v polovině listopadu 1982 byly oba půdní profily velmi vysušeny a dále vysychaly, byly oba počátkem května 1983 celé nasyceny vodou, což znamená, že zimní vláha dokázala vyrovnat deficit vody z podzimu roku 1982. Počáteční vysychání začátkem června v souvislosti s olistěním dubu a stoupající teplotou bylo přerušeno srážkami okolo 10. června, takže k nástupu vysoušení půdy došlo až ve třetí dekádě června; postupovalo však velmi rychle, v dubovém porostu v hloubce 20 a 50 cm stejně, ve smrkovém porostu v hloubce 50 cm zřetelně méně. V dubovém porostu došlo od druhé poloviny července i k prudkému vysychání spodin, takže začátkem srpna vyschla spodina až na 50 kPa, pod smrkem jen na 10–20 kPa. Konec tohoto velmi výrazného pedohydrologického cyklu znamenaly velmi silné srážky začátkem srpna (4. srpna přes 101 mm na volné ploše). Celé půdní profily byly nasyceny na polní kapacitu i více, kromě hloubky 150 cm pod dubem, kde sací tlak poklesl (v absolutní hodnotě) jen na 40 kPa. V následujícím dlouhém velmi suchém období opět velmi rychle vysychala půda ve všech hloubkách pod dubem, pod smrkem jen povrchové vrstvy, zatímco spodina zde vysychala jen pomalu. Tento druhý cyklus nebyl do konce pozorování 11. listopadu ještě ukončen, vysychání mělo stoupající tendenci; jelikož hodnoty sacího tlaku už po polovině září překročily funkční rozsah tenziometrů (do 80 kPa), byly čáry v diagramech extrapolovány.

VLIV SMRKOVÝCH A DUBOVÝCH POROSTŮ NA VERTIKÁLNÍ TOK VODY PŮDNÍ SPODINOU

Stanovení vertikálního toku vody (T_v) půdní spodinou neovlivněnou kořenovou desukcí se považuje za ukazatele hydrického působení lesních porostů (Brühlhart 1969). Správnost tohoto předpokladu se nám podařilo prokázat při výzkumu vodního režimu chlumních smrkových porostů na objektu Želivka (Mráz 1980); zde se projevila vysoce průkazná korelace mezi T_v a základními hodnotami (bez povodňových špiček) průměrných denních odtoků z povodí, jestliže T_v směřuje dolů. Jestliže je tok vody půdní spodinou vzestupný, je tok ovlivněn koře-

novou desukcí a korelace s odtokem neexistuje. Vzestupný vertikální tok půdní spodinou není sice měřítkem dodávky vody do podzemních vod, protože pod profilovým „rozvodím“ nadále ve spodině určité množství vody odtéká dolů, ukazuje však přerušení dodávky srážkové vody do spodiny a postupné vyčerpávání zásob vody ve spodině; na odtoku z povodí se to ovšem projeví až mnohem později.

Znalost T_v je nutným předpokladem pro výpočet vodní bilance lesních porostů na základě změn zásoby vody v půdě (ΔZV).

Výpočet T_v v nenasyčené půdě se děje na základě rovnice Darcy-Buckinghamovy:

$$v = -k_s \cdot \frac{d\Phi}{dx} = -k_s \cdot \text{grad } \Phi.$$

Gradient celkového potenciálu $\text{grad } \Phi$ známe přesně, jelikož vyplývá z přesně měřených hodnot sacího tlaku ve dvou úrovních s přihlédnutím k rozdílu gravitačního potenciálu. Stanovení hydraulické vodivosti nenasyčené půdy (k_s) je obtížné a považujeme je za přibližné, postup stanovení závisí na určení funkční závislosti k_s na sacím tlaku S z retenčních křivek podle Marshalla (1958) v úpravě podle Semotán a (1973). Při tom stejně jako při výpočtu T_v , kdy je k hodnotám gradientu potenciálu nutno přiřazovat hodnoty hydraulické vodivosti v závislosti na příslušném sacím tlaku, je neocenitelnou pomocí počítač. Vypočtené hodnoty k_s jsme upravili empirickým korekčním faktorem, protože byly i při použití kombinovaných retenčních křivek na základě terénních měření ve vlhkém a laboratorního stanovení v suchém rozsahu ještě příliš vysoké.

Suma hodnot T_v za vegetační období let 1981 a 1982 byla v obou letech pod dubem několikanásobně vyšší než pod smrkem (7,14 mm proti 0,40 mm v roce 1981, 10,66 mm proti 1,43 mm v roce 1982), ale v roce 1983 se sumy T_v na obou plochách snížily a přiblížily, i když i zde byla suma T_v pod dubem poněkud vyšší (1,09 mm proti 0,87 mm).

Zajímavý a důležitý je průběh hodnot vertikálního toku půdní spodinou během vegetačního období. Ve všech třech studovaných letech byly hodnoty T_v nejvyšší na jaře, počátkem vegetačního období, resp. na počátku měření v květnu až červnu, pod dubem vyšší než pod smrkem (0,44 až 0,56 mm za den v roce 1981 proti 0,02 až 0,04 mm; 0,19 až 0,62 mm za den v roce 1982 proti 0,007 až 0,16 mm; a jen 0,02 až 0,04 mm za den v roce 1983 proti 0,01 až 0,02 mm). V letech 1982 a 1983 pak v dalším průběhu vegetačního období hodnoty klesaly na velmi malé hodnoty (menší než setina mm za den) a dosahovaly ve všech třech letech v suchých obdobích i velmi malých negativních hodnot (tok vzhůru).

Jen v „normálním“ roce 1981 došlo po velmi silných srážkách v druhé polovině července po prosycení celých půdních profilů vodou k opětovnému zvýšení hodnot T_v na hodnoty blízké jarním (0,45 až 0,53 mm za den pod dubem proti 0,06 až 0,07 mm za den pod smrkem). I když tyto hodnoty nejsou definitivní a jejich velikost bude ještě upřesněna během dalších prací (vzhledem k zmíněné obtížnosti stanovení hydraulické vodivosti), platí jako relativní hodnoty pro posouzení průběhu T_v během vegetačního období. Jako přibližné hodnoty jsou použitelné i pro vodní bilanci.

V roce 1983 došlo ke zvýšení T_v po velmi silných srážkách v první dekádě srpna jen pod smrkem, a to na hodnoty vyšší než na jaře téhož roku (na 0,01 až 0,03 mm za den). Pod dubem v tomto roce k tomuto zvýšení nedošlo, protože spodina (150 cm hloubky) zůstala po těchto srážkách nenasyčená vodou (vzhledem k silnému vyschnutí půdy klesla hydraulická vodivost na minimum).

PŘEDBĚŽNÉ VÝSLEDKY STANOVENÍ SUMÁRNÍ VODNÍ BILANCE VEGETAČNÍHO OBDOBÍ VE SMRKOVÝCH A DUBOVÝCH POROSTECH

Známe-li počáteční zásobu vody v půdním profilu (ZP_p), konečnou zásobu vody (ZP_k) v určitém období, úhrn porostních srážek za toto období (N_p) a sumu vertikálního toku půdní spodinou (ST_v) za toto období a pokud nedochází k povrchovému odtoku, můžeme vypočítat evapotranspiraci (ET) za toto období podle rovnice

$$ET = N_p - \Delta ZP - ST_v \quad (\text{všechny veličiny v mm}),$$

kde $\Delta ZP = ZP_k - ZP_p$.

Jelikož jsme ve sledovaném období neměli k dispozici hodnoty porostních srážek, ale jen údaje o srážkách na volné ploše (N_v), získali jsme podle podobné rovnice evapotranspiraci včetně intercepce (IET):

$$IET = N_v - \Delta ZP - ST_v.$$

Veličiny vodní bilance za celá vegetační období 1981, 1982 a 1983 jsou sestaveny v tabulce I.

I. Předběžné sestavení vodní bilance dubového a smrkového porostu za vegetační období 1981 až 1983 (uvažovány srážky na volné ploše v mm). — Preliminary results of water balance in oak and spruce stands over the vegetation periods of 1981–1983 (precipitation on bare ground in mm)

Období	15. 5. – –28. 10. 1981	13. 5. –27. 10. 1982		14. 5. –28. 10. 1983	
Porost	dub	dub	smrk	dub	smrk
Zásoba vody v půdě počáteční	300,5	308,5	277,5	299,3	290,0
Zásoba konečná	233,5	107,8	125,9	113,8	141,0
Rozdíl zásob vody	– 67,0	–200,7	–151,6	–185,5	–149,9
Úhrn srážek na volné ploše	482,0	273,9	273,9	319,3	319,3
Úhrn vertikálního toku půdní spodinou	18,5	10,7	1,4	1,1	0,9
Úhrn evapotranspirace s intercepí (IET)	530,6	464,0	424,1	503,8	468,4
Počet dní	166	167	167	167	167
IET za den	3,20	2,78	2,54	3,02	2,80

Jak je vidět z tabulky, pohybovala se v uvedených letech ZP_p v dubovém porostu okolo 300–309 mm, ve smrkovém (1982 a 1983) okolo 277 až 291 mm; konečná zásoba (ZP_k) dosáhla v „normálním“ roce 1981 pod dubem 233 mm, pod smrkem 260 mm, v suchých letech 1982 108 mm pod dubem proti 126 mm pod smrkem a 1983 114 mm pod dubem proti 141 mm pod smrkem. Jelikož tedy je ZP_p zpravidla pod dubem vyšší a ZP_k nižší než pod smrkem, je pochopitelné, že rozdíl obou hodnot zásoby vody ΔZP je pod dubem podstatně větší než pod smrkem, a to v roce 1982 –201 mm proti –152 mm, v roce 1983 –185 mm proti –150 mm. Z roku 1981 jsou k dispozici výsledky za celé vegetační období jen u dubu, rozdíl zásob zde byl –67 mm.

O hodnotách T_v již bylo pojednáno vpředu.

Výsledná hodnota IET (evapotranspirace s intercepcí) je u dubu větší než u smrku, a to v roce 1982 464 mm proti 424 mm, v roce 1983 504 mm proti 468 mm. U dubu byla evapotranspirace s intercepcí (IET) největší v roce 1981 („normálním“, přiměřeně vlhkém roce), a to 531 mm, resp. průměrně 3,20 mm za den, u smrku rovněž 1981 (i když jen za období 13. 7. – 28. 10.), a to 3,0 mm za den. Nejmenší byla v roce 1982, a to 464 mm (2,78 mm za den) v dubovém porostu a 424 mm (2,54 mm za den) ve smrkovém; v roce 1983 to bylo 504 mm (3,02 mm za den) v dubovém a 468 mm (2,80 mm za den) ve smrkovém porostu. Ukazuje se tedy, že dubový porost má v uvedeném období stále vyšší evapotranspiraci s intercepcí než smrkový porost. K tomu přistupuje i vyšší úhrn vertikálního toku půdní spodinou, takže výsledkem je silnější vysušení půdního rofilu na konci vegetačního období vlivem chlumního dubového porostu ve srovnání se smrkovým s přibližně stejnou biomasou na témž stanovišti.

Abychom získali představu o hodnotách evapotranspirace (ET), musíme od srážek na volné ploše (N_v) odečíst hodnotu intercepce (I) a dostaneme hodnotu porostních srážek N_p , z níž pak uvedenou rovnicí vypočteme evapotranspiraci. V literatuře je poměrně málo údajů o intercepci dubových porostů; u nás uvádí Slavík (1960, cit. Krečmer 1971) z Křivoklátska porostní srážky pod dubem veličinou 76 % srážek volné plochy, tedy intercepce 24 %, ovšem pro období celého roku. Brechtel (1969) zjistil v Hessensku pro celý rok intercepce 20 %, pro zimní období v dospělých porostech okolo 17 %. Ze SSSR se uvádí okolo 14–22 % za rok. Cepel (1967) zjistil v Turecku u dubu *Quercus dscherochensis* intercepce v zimním období 13,6 %, v letním 26,5 % srážek volné plochy, tedy asi dvojnásobnou v olistěném stavu. Nejčennější jsou údaje, které získali Carlisle a kol. (1965), kteří uvádějí hodnoty intercepce dubového porostu během roku; pro zimní období zjistili intercepce 9,9 %, pro letní (vegetační) 16,9 % srážek volné plochy.

Pro smrk existuje velké množství údajů. Můžeme proto odhadem stanovit intercepce našich porostů ve vegetačním období u dubu na 20 %, u smrku na 30 % srážek volné plochy. Pro smrk jsou sice údaje vyšší (30–40 %), avšak vzhledem k nižšímu zakmenění a zápoji našeho porostu používáme nižší odhad. V tabulce II jsou uvedeny hodnoty vodní bilance na základě přibližných hodnot porostních srážek po odečtení uvedeného podílu intercepce od srážek volné plochy.

Z tabulky je vidět, že rozdíl mezi dubem a smrkem není dán v prvé

II. Předběžné sestavení vodní bilance dubového a smrkového porostu za vegetační období 1981 až 1983 (uvažovány porostní srážky v mm). — Preliminary results of water balance in oak and spruce stands over the vegetation periods of 1981—1983 (precipitation on afforested ground in mm)

Období	15. 5. — —28. 10. 1981	13. 5. —27. 10. 1982		14. 5. —28. 10. 1983	
Porost	dub	dub	smrk	dub	smrk
Rozdíl zásob vody	— 67,0	—200,7	—151,6	—185,5	—149,9
Srážky volné plochy	482,0	273,9	273,9	319,3	319,3
Přibližná intercepce	96,4	54,8	82,2	63,9	95,8
Přibližné porostní srážky	385,6	219,1	191,7	255,4	223,5
Úhrn evapotranspirace (ET)	434,1	409,1	341,9	439,8	372,5
Počet dní	166	167	167	167	167
ET za den	2,61	2,44	2,05	2,63	2,22

řadě rozdílnou intercepceí obou porostů ve vegetačním období, ale opět především větší počáteční a menší konečnou zásobou vody v půdě a z toho vyplývajícím podstatně větším rozdílem zásob vody v půdě mezi ZP_p a ZP_k pod dubem. Rozhodující úlohu má tedy silnější vyčerpání zásob půdní vody dubovým porostem ve vegetačním období a vytváření větší zásoby zimní vláhy dubovým porostem díky menší intercepce v zimě (asi 10—15 % srážek volné plochy u dubu proti asi 30 % u smrku).

Sumární hodnota evapotranspirace (ET) za vegetační období je u dubu větší než u smrku, a to 409 až 440 mm proti 342 až 372 mm. U dubu byla ET přibližně stejně velká v letech 1981 a 1983 (2,6 mm za den), v roce 1982 (srážkově nejsušší) jen průměrně 2,4 mm za den. U smrku byla průměrná denní evapotranspirace 2,05 mm v roce 1982 a 2,22 mm v roce 1983.

DISKUSE A ZÁVĚRY

Pro lesnickou hydrologii, ale i pro ekologii a pěstování lesů má výzkum vodního režimu půdy a stanovení vodní bilance lesa na hydrope-dologickém základě zásadní význam. Čistě hydrologické metody pracující se vztahem srážky — odtok nejsou pro lesnické účely dostačující, protože poměry v porostu a v půdě, resp. v ekosystému lesa, zůstávají nepoznány, takže není možno posoudit vliv hospodářských zásahů, skladby a struktury lesa na jednotlivé složky vodní bilance. Půda představuje obrovský rezervoár vody; u nás má půda (zemědělská a lesní dohromady) přibližně o řád větší kapacitu pro vodu než všechny naše umělé nádrže (K u t í l e k 1978). Hospodářskými zásahy je možno regulovat obsah tohoto rezervoáru; jak ovlivňuje obsah vody v půdě různé druhové složení porostů, ukazují naše výsledky z dubového a smrkového porostu.

Počáteční (jarní) zásoba vody v půdě je vyšší v listnatém (dubovém) porostu než ve smrkovém se stejnou zásobou. Konečná (podzimní) zásoba je pod dubem podstatně nižší než pod smrkem. Rozdíl obou zásob, který spolu se srážkami nejvíce ovlivňuje evapotranspiraci, je vyšší v dubovém porostu. Méně výrazně se na rozdíl mezi dubovým a smrkovým porostem podílí jejich rozdílná intercepce a vertikální tok půdní spodinou.

Vliv dubového porostu ve srovnání se smrkovým v chlumní oblasti lze stručně shrnout tak, že opadavý porost umožňuje podstatně vyšší nahromadění zimní vláhy, takže vstupuje do vegetačního období s podstatně větší zásobou vody v půdě než prosvětlený smrkový porost se stejnou zásobou hroubí; kdyby šlo o zapojený smrkový porost, byl by rozdíl ještě větší. V suchých obdobích dochází pod listnatým porostem v chlumní oblasti k silnějšímu vysoušení než pod paralelním smrkovým porostem. Po velmi silných srážkách však může dojít pod listnatým porostem k silnějšímu provlhčení, pokud nejsou půdní spodiny příliš vysušeny, jak tomu bylo v roce 1983; příčinou je odlišné rozložení porostních srážek na ploše a příznivější poměry infiltrace vzhledem k příznivější humusové formě v listnatém porostu.

V souvislosti s tím jsou i poměry vertikálního toku půdní spodinou (T_v); úhrn T_v je podstatně vyšší pod listnatým porostem (dubem), což je dáno právě zásobou zimní vláhy, tedy vlhčí půdou a její mnohonásobně vyšší hydraulickou vodivostí v jarním období nebo po letním provlhčení silnými dešti. Během suchých období v létě je zde T_v menší.

Rozdíl mezi oběma porosty ve vegetačním období (silnější vysychání půdy pod dubem v suchých obdobích) je dán především vyšší evapotranspirací dubového porostu; v zimním období je rozdíl (větší hromadění zimní vláhy pod dubem) dán především menší intercepací bezlistého porostu.

Hydropedologická metoda stanovení vodní bilance lesa umožňuje i sestavení detailního průběhu hodnot vodní bilance v krátkých intervalech během vegetačního období; ten se právě zpracovává na základě materiálu dodaného počítačem a ukazuje důležité závislosti mezi průběhem hodnot sacího tlaku vody v půdě, evapotranspirace a přírůstu porostů.

Došlo dne 22. 2. 1985

Literatura

- BENECKE, P.: Soil water relations and water exchange of forest ecosystems. Ecol. studies, Vol. 19, Springer Berlin 1976, s. 101-131
BRÜLHART, A.: Jahreszeitliche Veränderungen der Wasserbindung und der Wasserbewegung... Mitt. Schweiz. Anst. forst. Vers., 45, 1969
CARLISLE, A. a kol.: The interception ... Quart. J. For., 59, 1965, s. 140-143
DENMEAD, O. P. — SHAW, H. R.: Availability of soil water to plants as affected by soil moisture ... Agron. J., 54, 1962, s. 385-390
FLÜHLER, H. a kol.: Bestimmung von hydraulischen Parametern ... Zt. Pflanzenern. Bodenk., 1976, s. 29-42
GARDNER, W. R.: The permeability problem. Soil sci., 117, 1974, s. 243-249
KUTÍLEK, M.: Vodohospodářská pedologie. 2. vyd., SNTL Praha, 1978
LYR, H. — POLSTER, H. — FIEDLER, H.-J. Gehölzphysiologie. Fischer Jena, 1967
MARSHALL, T. J.: A relation between permeability and size distribution of pores. J. Soil Sci., 9, 1958, s. 1-8
MIČURIN, B. N.: Energetika počvennoj vlagi. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1975

MRÁZ, K.: Produkční význam půdní vlhkosti ... *Práce VÚLHM*, 55, 1979, s. 7-20
MRÁZ, K.: Závislost mezi některými hydropedologickými a hydrologickými veličinami ... *Lesnictví*, 26, 1980, s. 699-712
RODE, A. A.: *Počvoveděnie*. Moskva, 1955

MPA3, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). Водный режим почвы и суммарный водный баланс дубовых и еловых насаждений за вегетационный период. *Lesnictví*, 31, 1985 (9) : 803-816.

Водный режим почвы под дубовыми и еловыми насаждениями на параллельных участках в холмистой области определяли на базе измерений давления всасывания с помощью тензиометров. С помощью описанного гидропедологического метода установили водный баланс этих насаждений: водный запас в почвенных профилях, вертикальное течение воды через грунтовое основание; на базе этих величин и суммы осадков вывели эвапотранспирацию. Дубовые (оппадающие) насаждения способствуют гораздо большему накоплению зимней влаги, ввиду чего они вступают в вегетационный период с большим водным запасом в почве. В засушливые летние месяцы, однако, почва под ними высыхает в большей мере, чем под еловыми насаждениями с одинаковой массой подтоварника, особенно в нижних слоях. После обильных осадков под дубами почва может значительно увлажниться, если низовой грунт еще не слишком высох. Вертикальное течение через подпочвенный горизонт (мерило продукции доступной воды) в суммарном балансе за вегетацию гораздо больше в дубовых насаждениях, что дано именно повышенным водным запасом после зимы; в засушливое время вертикальное течение здесь меньше, а эвапотранспирация гораздо выше, чем под ельниками и составляет главную причину повышенного летнего высыхания поду дубами.

лесная педология; водный режим почв; дуб; ель

MRÁZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Water Regime of Soil and Total Water Balance of Oak and Spruce Stand in the Vegetation Period*. *Lesnictví*, 31, 1985 (9) : 803-816.

The water regime of soil of oak and spruce stands on parallel areas situated in the hillock region was studied — the suction pressure was measured by tensiometers. By the described hydropedological method the water balance of these stands was determined, i. e. water reserves in soil profiles and vertical flow of water in the subsoil; evapotranspiration was calculated from these values and from the sum of precipitation. Winter moisture accumulation is much higher in oak (deciduous) stand so that the soil water reserve is considerably higher at the beginning of vegetation period. In drought summer seasons the soil desiccation is more intensive under oak stand in the hillock region than under spruce stand with the same timber volume, mainly in the subsoil. After heavy rainfall, the soil moisture content in oak stand can increase as far as the subsoil has not yet been dried up very much. The sum of the vertical flow in the subsoil (indicator of the production of available water) is much higher in oak stand in vegetation period: this is due to the higher reserve of winter moisture. In drought seasons, the vertical flow is lower here. Evapotranspiration of oak stand in vegetation period is much higher than evapotranspiration in spruce stand and it is the main cause of more intensive summer soil desiccation under oak stand.

forest pedology; water regime of soils; oak; spruce

Adresa autora:

Ing. Karel Mráz, DrSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

H. Červinková, F. Kysela*), B. Temmllová**)

ČERVINKOVÁ, H. — KYSELA, F. — TEMMLLOVÁ, B. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Použití gama-záření ^{241}Am k detekci hnilob smrku*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 817-834.

K detekci hnilob smrku byla zkoušena radiační metoda na principu rozdílné absorpce gama-záření dřevem zdravým a napadeným hnilobou. K tomu účelu bylo sestrojeno měřicí zařízení vybavené radioizotopovým zdrojem záření (^{241}Am o aktivitě 1,24 GBq), scintilační sondou a elektronickým počítačem impulsů. Přístroj umožňuje u homogenních vzorků zjištění snižování gama-absorpce v důsledku hniloby. Při venkovních měřeních na stojících stromech se projevila vysoká proměnlivost absorpce gama-záření ^{241}Am u jednotlivých stromů, která překrývala změny v absorpci působené hnilobou. Laboratorní měření dalších faktorů pak ukázala, že vysoká proměnlivost gama-absorpce je podmíněna především velkou variabilitou objemové hmotnosti dřeva i u zdravých smrků. I když u obou těchto ukazatelů se jevil určitý pokles s přibývajícím hnilobou, nebylo možno stanovit průměrné hodnoty pro dřevo zdravé a v různém stadiu hniloby, které by sloužily jako standard k detekci hniloby. Rovněž vlhkost dřeva se projevila jako významný faktor, podmiňující nejen výrazné rozdíly mezi bělí a jádrem, ale u jádrového dřeva, kde je gama-záření ^{241}Am se zvyšovala i u tlakového dřeva, zvýšený podíl pozdního gama-záření ^{241}Am se zvyšovala i u tlakového dřeva, zvýšený podíl pozdního dřeva byl nevýrazný. Suky a dřeň se neprojevily jednoznačně.

ochrana lesů; hniloby; radioizotopy; gama-záření

Nalezení jednoduché a spolehlivé metody k detekci hnilob dřeva bylo věnováno již mnoho úsilí, ale dosud nebyl tento problém uspokojivě vyřešen. Zvláště obtížné je zjištění vnitřní skryté hniloby stojících stromů. Některé metody vyžadující přímý styk s napadeným dřevem — jako např. luminiscenční analýza, barevné indikace, měření plošné hmotnosti — se nedají vůbec použít. Také metody vyžadující navrtávání stromů, vtláčování různých jehel apod. nejsou k detekci hnilob živých stromů žádoucí, neboť narušují dřevo a zvyšují nebezpečí infekce dřevokaznými houbami. U živých stromů se vyžaduje, aby detekce hnilob strom ani dřevo nepoškozovala.

Z nedestruktivních metod byla dosud největší pozornost věnována radiačním metodám, které jsou většinou založeny na principu rozdílné absorpce rentgenového nebo gama-záření při průniku zdravým a narušeným dřevem. Nejstaršího data je použití rentgenových paprsků [Maloy, Wilsey 1930, Fabricius 1936]. Později bylo zjištěno, že záření vyvolané radioaktivním thuliem-170 proniká kmeny stromů mnohem snadněji než rentgenové paprsky a bylo ho použito k zjišťování hniloby stojících stromů, telegrafních sloupů apod. [Jeršov

*) Spolupráce na konstrukci přístroje.

**) Spolupráce na matematicko-statistickém hodnocení.

1957, Eslyn 1959 aj.). Průnik paprsků byl zachycován na film a odečítán vizuálně nebo denzitometry. Jako zdroj záření byly zkoušeny i jiné radioaktivní látky a byl hledán vhodný způsob detekce jejich záření (Iizuka 1956, Parrish 1961, Filer 1972, Panzer 1974, Schätzler 1978 aj.).

Technicky nejdokonalejší je v současné době přístroj, který vyvinuli v ústavu radiologie na univerzitě v Marburgu (Habermehl, Ridder 1979). Zdrojem záření je zde radioizotop ^{241}Am . Stromem zeslabené gama-záření je zachycováno scintilačním detektorem v intervalech po 15° po obvodu kmene. Z údajů zachycených na magnetické pásce jsou samostatným počítačem vypočteny absorpční koeficienty pro jednotlivá místa na sledovaném průřezu kmene. Výsledky jsou pak znázorněny v trojrozměrném grafu — tomogramu. V současné době je prověřována použitelnost tohoto přístroje k detekci hnilob lesních dřevin lesnickým výzkumným ústavem v Hannoveru-Mündenu (Anonymus 1983).

Také ve VÚLHM v Jílovišti-Strnadlech jsme zkoušeli možnosti využití radiační metody k detekci vnitřních hnilob smrkových kmenů. V tomto příspěvku jsou uvedeny naše poznatky.

METODIKA VÝZKUMNÝCH PRACÍ

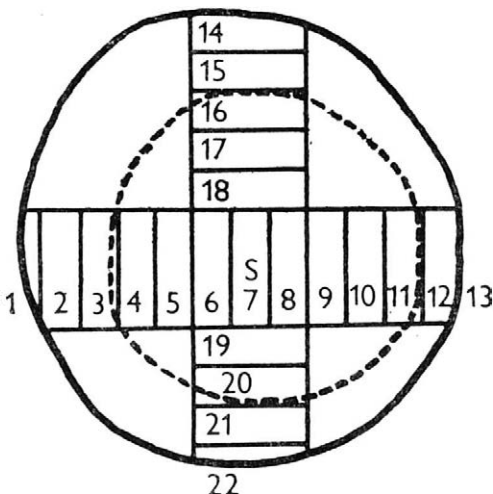
Výzkumné práce je možno rozdělit do tří etap, a to konstrukce měřicího zařízení; venkovní měření absorpce gama-záření ^{241}Am na stojících a čerstvě zmýcených stromech; laboratorní zjišťování faktorů ovlivňujících absorpci gama-záření ^{241}Am .

KONSTRUKCE MĚRICÍHO ZAŘÍZENÍ

Bylo nutno sestavit měřicí zařízení, neboť v ČSSR nebyl žádný vhodný přístroj k dispozici a ani v zahraničí se dosud sériově nevyrábí. Při konstrukci prototypu přístroje jsme vycházeli ze studie RNDr. F. Kysely, CSc. (Červínková, Temmllová 1966) a zahraničních poznatků (Schätzler 1978, Habermehl, Ridder 1979 aj.). Bylo použito radioizotopového zdroje ionizujícího záření (^{241}Am) a k jeho detekci scintilační sondy ve spojení s elektronickým počítačem impulsů, které byly zakoupeny jako komerční výrobky. Ochranné pouzdro s kolimátorem a nosný rám byly vyrobeny a dále upravovány ve vývojových dílnách VÚLHM a ÚEB ČSAV.

Funkční činnost prototypu přístroje byla zkoušena na vzorcích dřeva v laboratoři i při venkovních měřeních. Byly rovněž zkoušeny různé způsoby měření: I. způsob — stabilní vzdálenost (58 cm) mezi zářičem a sondou, k měřenému předmětu přiléhá sonda; II. způsob — rovněž stabilní vzdálenost (58 cm) mezi zářičem a sondou, ale k měřenému vzorku přiléhá výstupní pupila kolimátoru; III. způsob — vzdálenost mezi zářičem a sondou se rovná tloušťce proměřovaného vzorku + 3 cm [tj. vzdálenost zářiče od výstupní pupily]. Podle výsledků zkoušek byl přístroj několikrát upravován. Podrobný popis přístroje v konečné úpravě i doporučený způsob měření jsou uvedeny jako výsledek práce této etapy.

1. Schematické znázornění dělení výřezu na jednotlivé vzorky (půdorys): S—střed kmene, ——— hranice mezi bělí a jádrem. — Diagram of the division of a log in the samples (lay-out): S—stem center, ——— boundary between sapwood and heartwood



VENKOVNÍ MĚŘENÍ

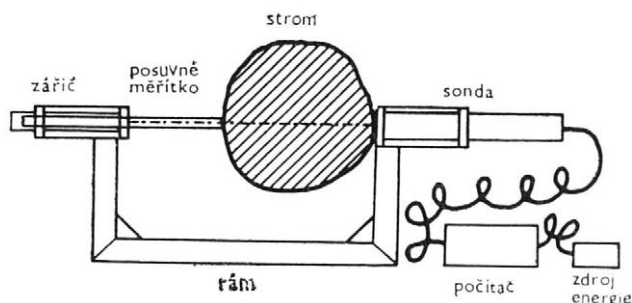
Cílem této etapy bylo zjistit proměnlivost absorpce gama-záření u zdravých stromů a stromů s hnilobou. Po úspěšném laboratorním vyzkoušení přístroje na modelovém uspořádání špalíček do řad s různým zastoupením nahnílého dřeva přešli jsme k venkovnímu měření na stojících a čerstvě zmýcených stromech. Zdravé zmýcené kmeny byly měřeny po celé délce a sledována absorpce v závislosti na tloušťce kmene. Stojící živé stromy byly měřeny ve dvou na sebe kolmých směrech (V—Z, S—J), zprvu ve výšce pařezu a 1 m nad zemí, později jen ve výšce asi 60 cm nad zemí. Po těžbě byl pak zjištěn stav hnilob v místě měření, který byl znázorněn v grafech hodnotících intenzitu gama-záření ^{241}Am po průniku kmeny v závislosti na jejich tloušťce. Pro informaci uvádíme pouze jeden z těchto grafů.

LABORATORNÍ MĚŘENÍ

Ke sledování vlivu různých faktorů na absorpci gama-záření ^{241}Am jsme použili metody špalíčeků. Při těžbě byly z kmenů odebrány vzorky — asi 12 cm vysoké kotouče — které byly ihned uzavřeny do polyetylenových fólií k zachování původní vlhkosti. Z kotoučů byly nařezány ve dvou na sebe kolmých směrech špalíčky šířky 10 cm a tloušťky 3 cm (obr. 1). U každého špalíčku byla zjišťována absorpce gama-záření ^{241}Am , objemová hmotnost¹⁾ (podle ČSN 49 108) a vlhkost dřeva (podle ČSN 49 103) ve stavu čerstvém, na vzduchu vyschlém a první dva ukazatele i v sušině. Dále byl zjišťován počet letokruhů na 1 cm, stupeň a rozsah hniloby, výskyt tlakového dřeva nebo vyššího podílu pozdního dřeva (označováno jako diskolorace) a výskyt suků. Hniloba byla klasifikována třemi stupni v rámci této stupnice: 1 — zdravé dřevo, 2 — diskolorace, 3 — tvrdá hniloba slabá, 4 — tvrdá hniloba silná, 5 — měkká hniloba.

¹⁾ Objemová hmotnost vyjadřuje hustotu dřeva a po opravě ČSN 49 000 v roce 1977 je také hustotou nazývána. V naší práci jsme používali pojem objemová hmotnost proto, abychom ji odlišili od objemové hustoty dřeva v dřívějším pojetí (Rypáček 1957) i od dnes zaváděného pojmu hustota sušiny dřeva, který má jiný význam.

2. Schéma měřicí soustavy.
— Diagram of the measuring equipment



K hodnocení absorpce gama-záření ve všech etapách byl zjišťován počet impulsů gama-záření dopadajícího na detekční sondu za sekundu. Pro venkovní měření byly tyto hodnoty pro jednotlivé tloušťky kmenů přímo vynášeny do semilogaritmické sítě a hodnoceny graficky. Při laboratorních zkouškách i některých venkovních měřeních byl pro každý vzorek počítán ještě absorpční koeficient

$$\mu = \frac{1}{d} \cdot \ln \frac{I_0}{I} \cdot \text{cm}^{-1},$$

kde d — tloušťka měřeného vzorku,
 $\ln$ — přirozený logaritmus,
 I_0 — plná intenzita záření,
 I — intenzita záření po průniku měřeným vzorkem.

K hodnocení výsledků byly použity matematicko-statistické metody, a to metody třídění, metody ověřování statistických hypotéz, zejména intervalového odhadu, t-testu a analýzy rozptylu a grafické zhodnocení.

VÝSLEDKY

KONSTRUKCE PŘÍSTROJE

Jako vhodný zdroj záření bylo zvoleno amerícium (^{241}Am), které je sice zářičem alfa, ale současně je zdrojem záření gama o energii 60 keV, jež bylo využito k detekci hnilob. Jeho radioaktivní poločas je 470 let, takže nevyžaduje korekci na radioaktivní přeměnu s časem.

V zařízení, které jsme pro naše zkoušky detekce hnilob sestavili, byl umístěn zářič sovětské výroby ^{241}Am IGIAL-4 o aktivitě 1,24 GBq (33,48 mCi) ve formě malého válečku o průměru a výšce 6 mm. Zářič je zataven do válečku z nerezavějící oceli, která zadržuje záření alfa a propouští záření gama. Je uložen v malém mosazném pouzdře, jež slouží zároveň jako kolimátor pro vyclonění úzkého svazku gama-záření i jako bezpečné úložné pouzdro.

Jako detektoru tohoto měkkého gama-záření bylo použito scintilačního nukleárního počítače RP-24 a scintilační sondy RS-45, které vyvinuly Závody mechanizace a automatizace uranového průmyslu (ZRUP) v Ostrově nad Ohří.

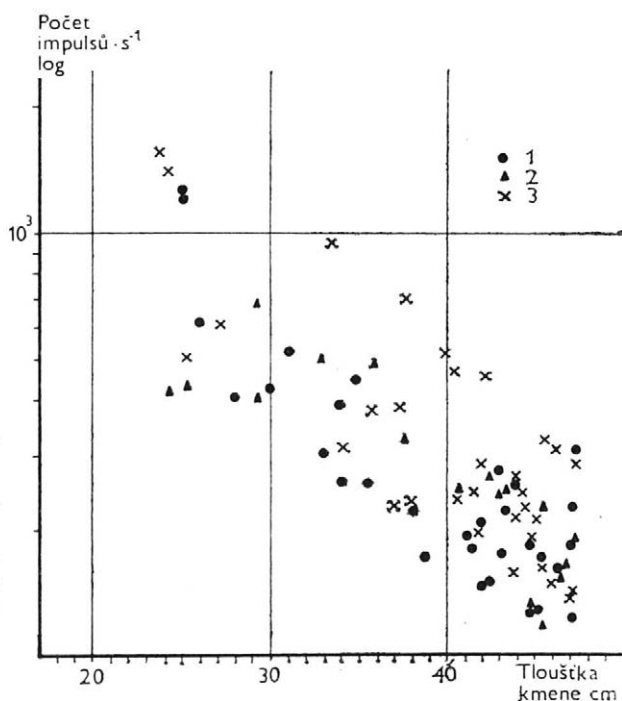
Schéma měřicího zařízení je na obr. 2. Kolimátor se zářičem je upevněn na jednom rameni duralového rámu v podobě písmene U, na jehož protějším rameni je umístěna válcovitá detekční sonda, připojená kabelem k nukleárnímu počítači. Počítač i sonda jsou napájeny z akumulátorové baterie uložené v přenosném pouzdře počítače, popř. je počítač napájen vnějším akumulátorovým zdrojem o napětí 6 V.

Nukleární počítač je vybaven digitrony a samočinným počítačem, který udává detekovaný počet impulsů prostého záření v přepočtu za 1 s, i když je měřeno v delších časových hodnotách. Vlastní měřicí čas lze nastavit na dobu 3 — 10 — 30 — 100 — 300 s a ∞ . Větší přesnosti se dosahuje při delší měřicí době. V našich zkouškách se nám osvědčila a plně postačovala doba 10 s. Obsluha počítače je snadná a na číselném displeji lze velmi pohodlně odečítat naměřený počet impulsů.

Zásadním a nejdůležitějším požadavkem na přístroji je vyclonění co možno homogenního svazku paprsků, nepřilíš rozbíhavého, aby po průchodu vrstvou dřeva zasáhl celou plochu čelní stěny detekční sondy. Velmi záleží na tzv. geometrii měření, to znamená, že svazek se nesmí odklonit z optické osy mezi otvorem kolimátoru a středem detekční sondy. Proto byla zkoušena vhodná výstupní pupila kolimátoru; jako nejvhodnější byl stanoven $\varnothing$ 4 mm, který vycloňuje svazek záření ve formě kužele o vrcholovém úhlu $\alpha = 2^\circ 51'$ a ve vzdálenosti od zdroje (500 + 80 mm) o kruhové podstavě $\varnothing$ 25,4 mm. To plně vyhovuje pro čelní stěnu sondy o $\varnothing$ 40 mm i pro případný rozptyl svazku, takže po průchodu vrstvou dřeva dopadá na čelo detektoru prakticky všechno prošlé záření.

Byly zkoušeny různé způsoby měření, blíže popsané v metodice, ale právě z důvodu zachování přesné geometrie jsme zůstali u pevné vzdálenosti mezi výstupní pupilou kolimátoru a čelní stěnou detektoru, a to 500 mm. Tento způsob nejen zajišťuje větší přesnost měření, ale umožňuje i snazší výpočet absorpčního koeficientu. Z důvodu menšího rozptylu paprsků, a tím i větší přesnosti měření, je výhodnější I. způsob měření, kdy se čelní stěna sondy přikládá ke kmeni nebo měřenému vzorku, jak je patrné ze schematického znázornění měřicí soustavy (obr. 2). Při tomto způsobu měření nepřesáhla relativní chyba měření 1 %.

3. Intenzita gama-záření ^{241}Am (počet impulsů $\cdot \text{s}^{-1}$) po průchodu stromem podle tloušťky kmene a stupně hniloby (1 — stromy zdravé, 2 — stromy s tvrdou hnilobou, 3 — stromy s měkkou hnilobou). — The intensity of ^{241}Am gamma-radiation (number of impulses per s) after the passage through a tree in relation to stem diameter and degree of rot (1 — sound trees, 2 — trees with hard rot, 3 — trees with soft rot)



Nejdříve jsme proměřovali kmeny čerstvě zmýcených stromů a sledovali absorpci gama-záření ^{241}Am v závislosti na tloušťce kmene. Výsledky byly hodnoceny graficky a sloužily k prověření činnosti přístroje i způsobu měření a dále jako metodické podklady pro další práce.

Základní měření v této etapě byla uskutečněna na stojících živých stromech v pěti smrkových porostech krátce před mýtní těžbou, aby mohl být po těžbě zjištěn skutečný stav hnilob.

V Černošicích bylo měřeno I. způsobem celkem 23 stromů v 85letém smrkovém porostu ve výšce pařezu a cca 1 m nad zemí, a to ve dvou směrech (S—J, V—Z). Z těchto stromů, jak se při těžbě ukázalo, byly pouze dva stromy poškozeny hnilobou, přestože jde o lokalitu s častým výskytem dřevokazné houby *Heterobasidion annosus*. Oba dva nahnílé stromy se při měření odlišily od stromů zdravých. Naměřené hodnoty gama-záření byly značně vyšší (asi o 2500 impulsů) než u stromů zdravých téže tloušťky. Je však patrné, že i u některých zdravých jedinců — jiných tloušťek — dosahuje gama-záření ^{241}Am po průchodu stromem dosti vysokých hodnot.

Další měření bylo uskutečněno na Roblíně, kde bylo III. způsobem měřeno 44 stromů, a to opět ve dvou výškách a ve dvou směrech stejně jako v Černošicích. Ačkoliv grafy naznačovaly určitou tendenci k lineární závislosti síly gama-záření ^{241}Am na tloušťce a kvalitě dřeva, zůstalo dost stromů napadených hnilobou na úrovni stromů zdravých a naopak některé zdravé stromy se dostaly do sféry nahnílych.

K ještě většímu rozptýlu hodnot gama-záření došlo v 90letém porostu v polesí Bušohrad, kde jsme vyzkoušeli oba způsoby měření, a to ve dvou směrech, ve výšce asi 60 cm nad zemí; III. způsobem bylo proměřeno 78 stromů, I. způsobem 50 stromů z téhož souboru. Výsledky výrazně ukázaly na velkou variabilitu absorpce gama-záření ^{241}Am u stromů zdravých i nahnílych při obou způsobech měření.

Obdobných výsledků bylo dosaženo i v dalších porostech, tj. v Radotíně a Slapech. V obou případech bylo měřeno I. způsobem ve dvou směrech a výšce cca 60 cm nad zemí. V Radotíně bylo vyhodnoceno 32, ve Slapech 40 stromů. Naměřené hodnoty gama-záření opět vykazovaly velkou proměnlivost absorpce gama-záření pro jednotlivé tloušťky kmenů, a to nejen u stromů s hnilobou, ale i u stromů zdravých, jak je patrné z grafu na obr. 3.

Na lokalitě Slapy jsme vyjádřili absorpci gama-záření ještě absorpčním koeficientem, abychom mohli lépe zhodnotit, zda se projevuje vliv hniloby. Měření jsme rozdělili do čtyř skupin, a to na stromy zdravé, s výskytem tvrdé hniloby, s měkkou hnilobou, ev. kombinace měkké a tvrdé hniloby a stromy s dutinami. Průměrné hodnoty absorpčního koeficientu a jeho meze jsou uvedeny v tabulce I.

Jak z tabulky I vyplývá, nebylo u stromů měřených v polesí Slapy prakticky rozdílu v absorpci gama-záření ^{241}Am mezi stromy zdravými a stromy s tvrdou hnilobou. Nepatrný rozdíl v průměrné hodnotě absorpčního koeficientu se projevil až u měkké hniloby, meze průměru se však ještě překrývaly. K výraznému poklesu došlo až u stromů s dutinami.

Hniloba	Počet měření	$\bar{x}$	$L.S.\bar{x}$	Meze průměru	
				od	do
žádná	31	0,11094	0,00414	0,10680	0,11508
tvrdá	18	0,11054	0,00786	0,10268	0,11840
měkká	27	0,10511	0,00264	0,10247	0,10775
dutiny	4	0,08840	0,00173	0,08667	0,09013

Výsledky měření na stojících stromech ve všech pěti porostech ukázaly vysokou proměnlivost absorpce gama-záření ^{241}Am při průniku stromem nezávislou na způsobu, směru a výšce měření. Vliv hniloby na absorpci gama-záření byl překryt velkými rozdíly hodnot u jednotlivých stromů, což dokazuje i široké variační rozpětí absorpčního koeficientu u zdravých stromů. Např. ve Slapech se hodnoty absorpčního koeficientu pohybovaly u zdravých stromů od 0,093 do 0,136 na cm a u stromů s měkkou hnilobou od 0,089 do 0,141 na cm.

Ke zjištění příčin proměnlivosti jsme použili laboratorních měření.

LABORATORNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH ABSORPCI GAMA-ZÁŘENÍ ^{241}Am

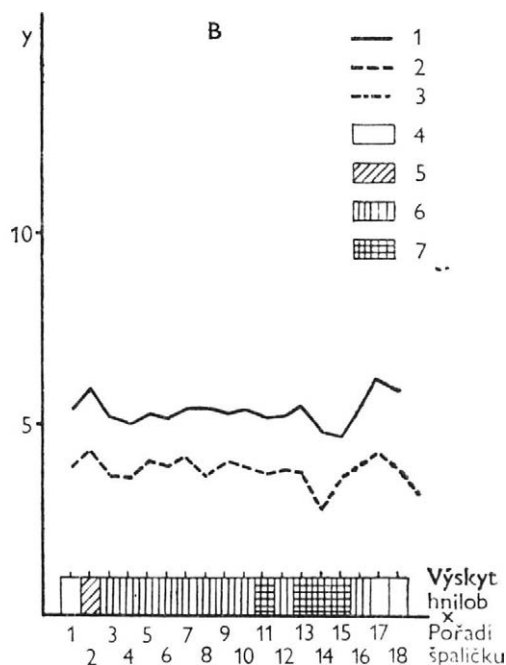
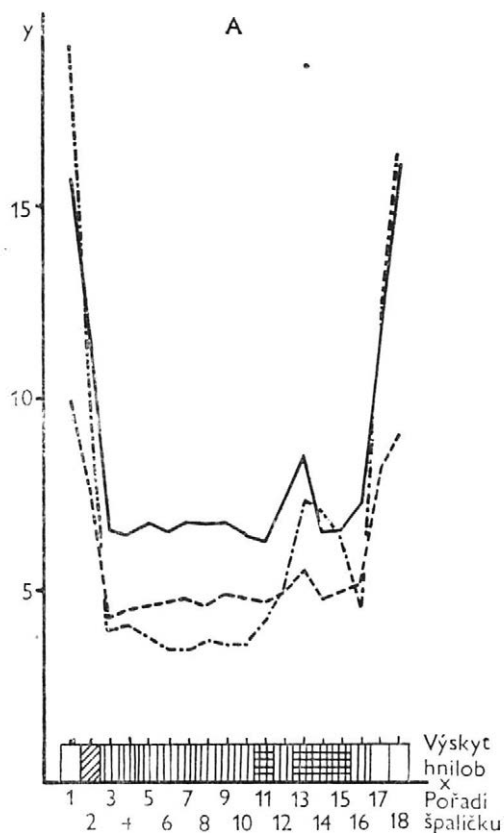
Vzorky dřeva byly odebrány při těžbě ve čtyřech porostech: ve Slapech (ze 14 kmenů), v Trnové (z 8 kmenů), v Říčanech (ze 6 kmenů) a na Jílovišti (ze 2 kmenů). Byly rozřezány na špalíčky (způsobem popsaným v metodice), což nám umožnilo podchytit uvnitř kmene jednotlivé faktory ovlivňující absorpci. Celkem jsme hodnotili 570 vzorků ze 30 stromů. Průběh hodnot sledovaných ukazatelů v jednotlivých špalíčcích jsme si znázornili ve spojnicových grafech. Získali jsme tak obraz průřezu kmene, složený z jednotlivých vzorků tloušťky 3 cm. V jednom grafu jsme znázornili hodnoty absorpčního koeficientu, objemové hmotnosti a vlhkosti dřeva v čerstvém stavu, v druhém absorpční koeficient a objemovou hmotnost vysušeného dřeva při nulové vlhkosti, což představuje celkem 60 grafů.

Z grafů zachycujících čerstvý stav vzorků je patrné, že:

a) Hodnoty ukazatelů sledované na podélném řezu procházejícím osou kmene vytvářejí křivku v podobě U a možno říci, že hodnoty od obvodu kmene směrem ke středu klesají. V hodnotách okrajových špalíčků se promítal vliv podílu kůry a nepravidelností tvaru špalíčků.

b) Křivky vyjadřující objemovou hmotnost a absorpční koeficient měly většinou stejný charakter až na odchylky jednotlivých měření způsobené např. suky. Středový špalíček se většinou odlišoval od hodnot sousedních špalíčků. Určité zvýšení můžeme v některých případech pozorovat i na rozhraní běle a vyzrálého dřeva.

c) Vlhkost tvoří křivku rovněž v podobě U, ale její hodnoty se ve vyzrálém dřevu mnoho nemění. Je však výrazný rozdíl mezi bělí



4. Průběh hodnot sledovaných ukazatelů ve stromu: R — Trnová, A — v čerstvém stavu, B — v sušině; 1 — abs. koeficient $\text{cm}^{-1} \cdot 10^{-2}$, 2 — objemová hmotnost $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^{-1}$, 3 — vlhkost $\%$ ($\cdot 10$), 4 — špalíčky zdravé, 5 — špalíčky s hnilobou tvrdou slabou, 6 — špalíčky s tvrdou hnilobou silnou, 7 — špalíčky s měkkou hnilobou. — The values of the parameters studied in a tree: R — Trnová, A — in fresh matter, B — in dry matter; 1 — absorption coefficient $\text{cm}^{-1} \cdot 10^{-2}$, 2 — volume weight $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^{-1}$, 3 — percent moisture ($\cdot 10$), 4 — sound blocks, 5 — blocks moderately infected with hard rot, 6 — blocks severely infected with hard rot, 7 — blocks with soft rot

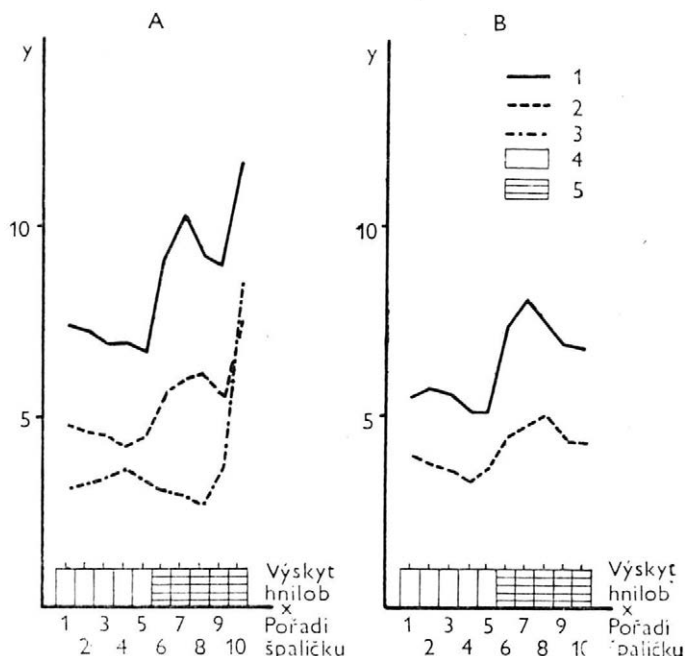
a jádrem. Prudký vzestup vlhkosti v běli působí i na zvýšení objemové hmotnosti a absorpčního koeficientu.

d) Hniloby často zvyšovaly obsah vlhkosti v napadeném dřevu. Docházelo buď k rovnoměrnému posunu křivky vlhkosti, nebo k výkyvům v některých místech (graf na obr. 4). Zvýšení vlhkosti se neprojevovalo jednoznačně na absorpčním koeficientu hmotnosti dřeva v čerstvém stavu. V některých případech docházelo k rovnoměrnému posunu křivky nebo k výkyvům v souladu s vlhkostí, někdy však objemová hmotnost i absorpční koeficient zůstávají nižší i při vzestupu vlhkosti.

e) Tlakové dřevo výrazně zvýšilo absorpci gama-záření i objemovou hmotnost dřeva, jak je patrné u stromu J na obr. 5. Zvýšený podíl pozdního dřeva (u stromu M a N) se tak výrazně neprojevil.

U vzorků v suchém stavu mají křivky absorpčních koeficientů a objemové hmotnosti opět podobný charakter. V některých případech zůstává charakter křivky v podobě U, ovšem ve značně plošším tvaru,

5. Průběh hodnot sledovaných ukazatelů ve stromu: *J* — Slapy, *A* — v čerstvém stavu, *B* — v sušině; 1 — abs. koeficient $\cdot \text{cm}^{-1} \cdot 10^{-2}$, 2 — objemová hmotnost $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^{-1}$, 3 — vlhkost % ($\cdot 10$), 4 — špalíčky zdravé, 5 — diskolorace. — The values of the parameters studied in a tree: *J* — Slapy, *A* — in fresh matter, *B* — in dry matter; 1 — absorption coefficient $\cdot \text{cm}^{-1} \cdot 10^{-2}$, 2 — volume weight $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot 10^{-1}$, 3 — percent moisture ($\cdot 10$), 4 — sound blocks, 5 — discoloration



a jinde hodnoty vrcholí na přechodu mezi bělí a jádrem a bělové špalíčky mají již hodnoty nižší. Posun křivky k nižším hodnotám v důsledku hniloby můžeme pozorovat jak u absorpčního koeficientu, tak u objemové hmotnosti, tlakové dřevo naopak hodnoty absorpčního koeficientu i objemové hmotnosti zvýšilo i v sušině.

Po vyšetření poměrů uvnitř jednotlivých stromů jsme se pokusili si učinit názor o průměrných hodnotách sledovaných ukazatelů u zdravých stromů. Jak se ukázalo, situování vzorku v průřezu kmene značně ovlivňuje hodnoty ukazatelů, a proto jsme stanovili průměrné hodnoty zvláště z okrajových špalíček bělových s kůrou, z bělového dřeva, z přechodu běle a jádra, z vyztáhlého jádrového dřeva a zvláště ze středových vzorků zahrnujících dřev. Porovnáním středních chyb průměrů z jednotlivých lokalit se ukázalo, že rozdíly mezi lokalitami jsou v mezích náhody a je možno pro informaci lokality sloučit a vypočítat průměrné hodnoty pro zdravý strom z celého našeho materiálu. Tyto průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce II.

Jak je z tabulky patrné, jsou velmi výrazné rozdíly ve vlhkosti dřeva z běle ($\varnothing 138 \%$) a jádra ($\varnothing 32 \%$), která ovlivňuje i absorpční koeficient a objemovou hmotnost čerstvého dřeva. Absorpční koeficient se v běli téměř zdvojnásobil (z $0,079 \cdot \text{cm}^{-1}$ na $0,143 \cdot \text{cm}^{-1}$) a rovněž objemová hmotnost se v běli podstatně zvýšila (z $0,533 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ na $0,929 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Průměrné hodnoty vlhkosti a absorpčního koeficientu jsou u středových vzorků nepatrně vyšší, objemová hmotnost je naopak nižší. Hodnoty středových špalíček však značně kolísají, takže meze průměru jsou velmi široké a překrývají meze průměru ostatních vzorků jádrového dřeva.

U vysušených vzorků se průměrné hodnoty objemové hmotnosti i absorpčního koeficientu běle a jádra vyrovnávají. Došlo však k zřetel-

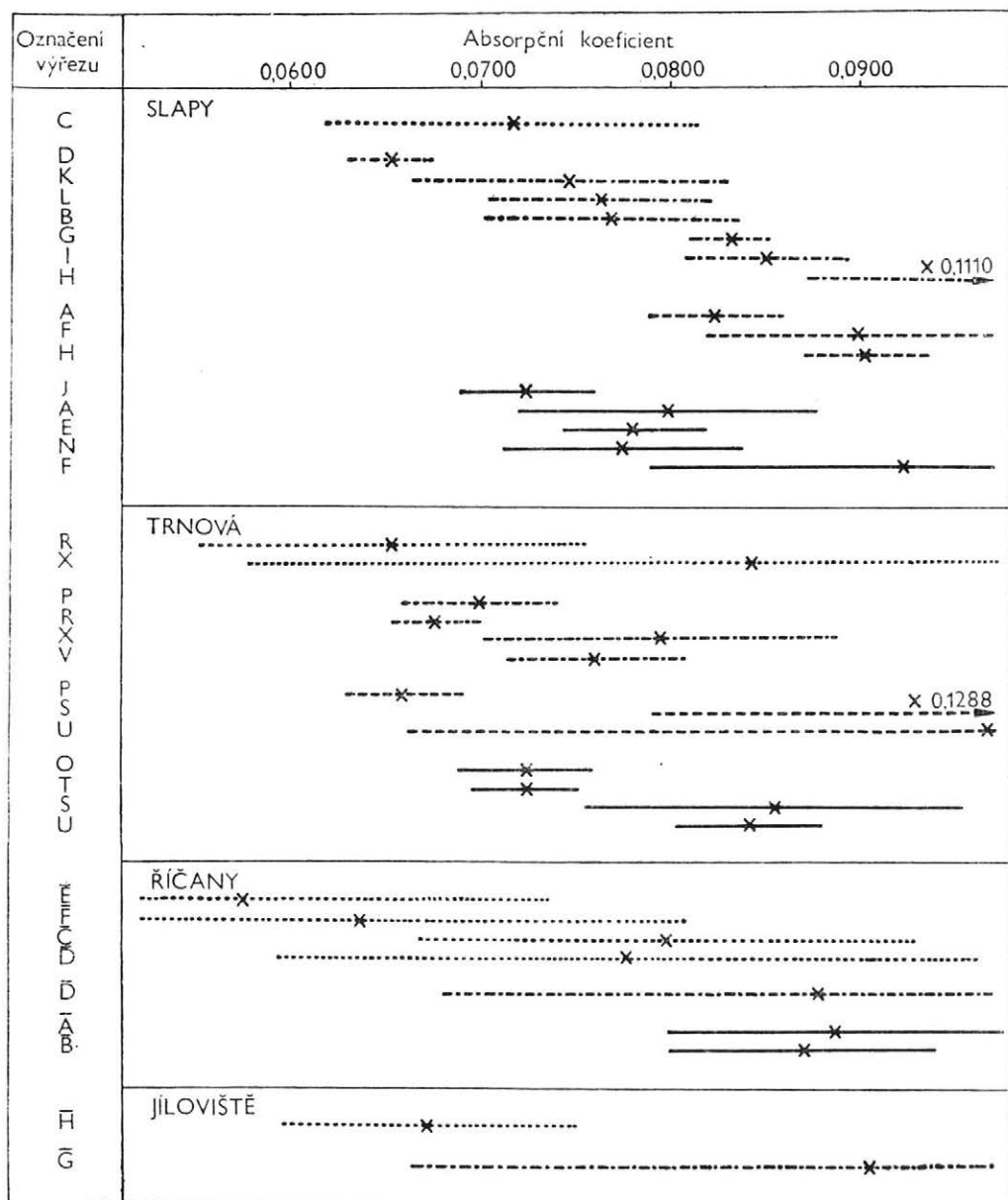
II. Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů zdravého dřeva. — The average values of the parameters studied in sound wood

Typ vzorků	Počet		$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$	Meze průměru	
	stromů	vzorků			od	do
Absorpční koeficient čerstvého dřeva $\mu \cdot \text{cm}^{-1}$ (hodnoty $\bar{x}$ a $t \cdot s_{\bar{x}} \cdot 10^{-4}$)						
kůra – běl	12	28	1460,1	64,284	1395,8	1524,4
běl	16	35	1432,9	55,500	1377,4	1488,4
běl – jádro	16	33	1035,2	64,474	970,7	1099,7
jádro	13	88	796,5	20,387	776,1	816,9
střed	10	10	818,8	78,779	740,0	897,6
Objemová hmotnost čerstvého dřeva $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$						
kůra – běl	12	28	0,976	0,036	0,940	1,012
běl	16	35	0,929	0,007	0,922	0,936
běl – jádro	16	33	0,714	0,044	0,670	0,758
jádro	13	88	0,533	0,012	0,521	0,545
střed	10	10	0,508	0,037	0,471	0,545
Vlhkost %						
kůra – běl	12	28	138,2	12,312	125,9	150,5
běl	16	35	135,2	12,069	123,1	147,3
běl – jádro	16	33	63,7	7,400	56,3	71,7
jádro	13	88	32,2	1,504	30,7	33,7
střed	10	10	34,3	1,110	33,2	35,4
Absorpční koeficient sušiny $\mu \cdot \text{cm}^{-1}$ (hodnoty $\bar{x}$ a $t \cdot s_{\bar{x}} \cdot 10^{-4}$)						
kůra – běl	12	28	649,1	35,341	613,8	684,4
běl	16	35	651,4	22,749	628,7	674,1
běl – jádro	16	33	705,0	25,151	679,8	730,2
jádro	13	88	656,9	15,732	641,2	672,6
střed	10	10	637,4	57,213	580,2	694,6
Objemová hmotnost sušiny $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$						
kůra – běl	12	28	0,415	0,018	0,397	0,433
běl	16	35	0,430	0,013	0,417	0,443
běl – jádro	16	33	0,478	0,017	0,461	0,495
jádro	13	88	0,449	0,011	0,438	0,460
střed	10	10	0,416	0,029	0,387	0,445

němu odlišení špalíček zachycujících přechod běle v jádro, kde průměrné hodnoty jak objemové hmotnosti, tak absorpčního koeficientu byly nejvyšší.

III. Proměnlivost sledovaných ukazatelů podle lokalit. — The variability of the parameters studied at various localities

Lokalita	Počet		Čerstvý stav						Po vysušení			
			vlhkost %		objem. hmotnost g.cm ⁻³		abs. koeficient .cm ⁻¹ .10 ⁻⁴		objem. hmotnost g.cm ⁻³		abs. koeficient .cm ⁻¹ .10 ⁻⁴	
	stromů	vzorků	$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$	$\bar{x}$	$t \cdot s_{\bar{x}}$
Zdravé												
Trnová	4	35	33,17	1,54	0,523	0,016	756,5	27,4	0,442	0,013	633,4	19,0
Slapy	5	34	32,70	1,23	0,510	0,016	784,4	27,9	0,428	0,018	645,5	25,9
Říčany	2	15	33,13	1,72	0,586	0,018	877,0	48,6	0,494	0,014	698,7	36,0
Jiloviště	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tvrdá hniloba slabá												
Trnová	3	19	44,37	7,50	0,573	0,076	840,3	113,2	0,433	0,036	622,0	54,8
Slapy	3	14	32,07	1,03	0,572	0,017	880,0	34,3	0,488	0,026	733,2	30,5
Říčany	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jiloviště	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tvrdá hniloba silná												
Trnová	4	38	36,13	1,45	0,487	0,017	709,9	23,4	0,393	0,010	564,5	19,4
Slapy	7	60	36,43	1,22	0,491	0,010	778,9	32,0	0,404	0,013	626,8	27,6
Říčany	1	6	50,40	17,38	0,588	0,041	876,9	197,7	0,430	0,036	595,2	129,3
Jiloviště	1	6	65,67	27,43	0,597	0,041	904,7	241,9	0,390	0,042	591,7	52,2
Měkká hniloba												
Trnová	2	10	53,40	9,36	0,485	0,050	709,0	96,6	0,350	0,033	533,0	63,3
Slapy	1	8	38,00	2,36	0,440	0,025	716,8	98,4	0,344	0,041	647,2	66,2
Říčany	4	23	57,78	3,68	0,482	0,043	709,0	71,1	0,347	0,033	464,8	45,4
Jiloviště	2	11	79,70	22,60	0,571	0,064	764,1	121,6	0,335	0,047	489,4	78,2



6. Průměrné hodnoty absorpčního koeficientu vlhkých vzorků a meze průměru u jádrového dřeva jednotlivých stromů při různém stupni napadení hnilobou (—— zdravé stromy, ——— stromy se slabou tvrdou hnilobou, —.—.— stromy se silnou tvrdou hnilobou, stromy s měkkou hnilobou). — The average values of absorption coefficients of damp samples and the boundaries of the means in heartwood of different trees with various degrees of rot infection (—— sound trees, ——— trees moderately infected with hard rot, —.—.— trees severely infected with hard rot, trees with soft rot)

Abychom vyloučili vliv umístění špalíčku na proměnlivost hodnot sledovaných ukazatelů, vybrali jsme pro hodnocení vlivu hnilob pouze vzorky z vyzrálého jádrového dřeva, a to ještě bez středového špalíčku. U jednotlivých stromů jsme stanovili průměrné hodnoty sledovaných

Hniloba	Lokalita	Trnová	Slapy	Říčany	Jíloviště
	Počet stromů	8	14	6	2
žádná (zdravé)	počet vz. var. rozp.	35 0,37–0,53	43 0,36–0,58	15 0,45–0,53	4 0,45–0,52
slabá tvrdá	počet vz. var. rozp.	23 0,34–0,56	14 0,43–0,57	—	4 0,37–0,59
silná tvrdá	počet vz. var. rozp.	38 0,33–0,49	73 0,29–0,55	9 0,32–0,52	7 0,35–0,45
měkká	počet vz. var. rozp.	11 0,28–0,42	14 0,31–0,42	23 0,23–0,51	11 0,21–0,45

ukazatelů a jejich meze, a to u vzorků zdravého dřeva, u slabé tvrdé hniloby, u silné tvrdé hniloby a u hniloby měkké. Pro větší názornost jsme vyjádřili tyto hodnoty v grafech. Nejpodstatnější z nich — absorpční koeficient čerstvého dřeva — jsme zařadili i do tohoto příspěvku (obr. 6).

Jak je z grafu na obr. 6 patrné, průměrné hodnoty čerstvých vzorků z jednotlivých stromů mají široký interval spolehlivosti, takže skupiny různých stupňů hniloby se většinou překrývají. U suchých vzorků je sice patrna určitá tendence poklesu hodnot s přibývajícím hnilobou, zejména u objemové hmotnosti, ale i v tomto případě se výsledky jednotlivých stupňů hnilob překrývají. U objemové hmotnosti jsou průměrné hodnoty vyrovnanější a také meze průměru užší, stromy s hnilobou se však od zdravých významně neodlišily.

U vlhkosti je trend průměrných hodnot obrácený, s přibývajícím hnilobou se zvyšuje i vlhkost dřeva. Měkká hniloba měla výrazně vyšší vlhkost, a to v Říčanech, na Trnové i v Jílovišti, pouze ve Slapech zůstala na úrovni hniloby tvrdé. Ale i silná tvrdá hniloba se ve většině případů odlišila vlhkostí od zdravého dřeva, jehož vlhkost byla poměrně vyrovnaná a nižší.

Proměnlivost sledovaných ukazatelů jednotlivých špalíčků byla tak velká, že bylo nutno zhodnotit význam stromu jako faktoru proměnlivosti sledovaných ukazatelů. Použili jsme k tomu analýzy rozptylu hodnocené F-testem. Výsledky ukázaly, že strom jako jedinec je vysoce významným faktorem proměnlivosti absorpčního koeficientu a objemové hmotnosti čerstvého dřeva i sušiny ve všech stupních hniloby i zdravých stromů. Pouze pro měkkou hnilobu signalizují výsledky F-testu nevýznamnost individua jako faktoru proměnlivosti. Naproti tomu u vlhkosti dřeva vliv stromu nebyl prokázán (výsledek F-testu byl statisticky nevýznamný).

Ze sledovaných ukazatelů měla nejmenší proměnlivost vlhkost jádrového dřeva. Na třech hodnocených lokalitách se u zdravých stromů pohybovala prakticky v mezích 30–35 %. Její průměrná hodnota byla

31,8 % s platností 95% pravděpodobnosti od 30,3 do 33,4 %. S přibývajícím hnilobou se vlhkost zvyšovala až do 141 %.

Objemová hmotnost sušiny měla v našem materiálu dost značnou proměnlivost způsobenou více variabilitou jednotlivých stromů než lokalitou. Variační rozpětí hodnot pro různé hniloby je uvedeno v tabulce IV. Jak je z tabulky zřejmé, pro všechny stupně hniloby na všech lokalitách se vyskytují objemové hmotnosti sušiny v intervalu od 0,36 do 0,42 g . cm⁻¹. U vzorků bez hniloby nebo jen se slabou tvrdou hnilobou přibývá výskyt objemových hmotností od 0,43 g . cm⁻³ až do 0,59 g . cm⁻³ a pod 0,36 g . cm⁻³ jsou jen ojedinělé případy. Naopak u vyšších stupňů hniloby objemová hmotnost klesá; u silné tvrdé hniloby do 0,29 g . cm⁻³ a u měkké na 0,21 g . cm⁻³. Vyskytují se však i vzorky s objemovou hmotností až do 0,55 g . cm⁻³. Z uvedeného vyplývá, že je možno zaznamenat určitý pokles objemové hmotnosti sušiny dřeva s přibývajícím hnilobou, není však možno přesně vymezit hodnoty pro jednotlivé stupně hniloby, které by sloužily jako ukazatele hnilob. Obdobné závěry vyplývají i z hodnocení variačního rozpětí absorpčního koeficientu gama-záření ²⁴¹Am. Hodnoty pro dřevo zdravé a se slabou hnilobou jsou prakticky ve stejném rozmezí (od 0,046 do 0,086 na cm), silná tvrdá hniloba má rozmezí 0,036—0,088 na cm a hniloba měkká 0,030—0,074 na cm. Opět je patrný určitý pokles absorpčního koeficientu s přibývajícím hnilobou, ale jednotlivé stupně hniloby mají široká variační rozpětí a v rozmezí hodnot 0,050—0,074 na cm se překrývají.

Vymezení hodnot objemové hmotnosti nebo absorpčního koeficientu pro jednotlivé stupně hniloby v čerstvém dřevu je ještě obtížnější, protože se zde projevuje vliv vlhkosti, která snižuje rozdíly mezi zdravým a napadeným dřevem.

DISKUSE A ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Shromáždili jsme dosavadní poznatky o nedestruktivních metodách detekce hnilob stromů a experimentálně vyzkoušeli jednu z perspektivních metod, a to radiační metodu na principu rozdílné absorpce gama-záření ²⁴¹Am dřevem zdravým a napadeným hnilobou.

Ve spolupráci s odd. radiologie ŮEB ČSAV se nám podařilo sestavit prototyp měřicího zařízení z prvků dostupných v ČSSR, který vyhovoval z hlediska přesnosti měření, snadné manipulace i bezpečnosti práce. Po úspěšných laboratorních zkouškách detekce hnilob na modelovém uspořádání homogenních vzorků jsme přešli k detekci hnilob u stojících stromů. Zde se však projevila velká proměnlivost absorpce gama-záření u jednotlivých stromů, a to i zdravých, která překrývala rozdíly v absorpci v důsledku hniloby.

K osvětlení příčin velké proměnlivosti absorpce gama-záření ²⁴¹Am jsme konali laboratorní měření vzorků dřeva z čerstvě zmýcených stromů, u kterých byly současně sledovány další faktory potenciálně ovlivňující absorpci gama-záření. Výsledky potvrdily vysokou variabilitu absorpce gama-záření ²⁴¹Am, která byla podmíněna především velkou variabilitou objemové hmotnosti smrkového dřeva — čerstvého i sušiny.

Objemová hmotnost dřeva — tzv. hustota — je především charakteristickou vlastností druhu dřeviny, ale ovlivňuje ji řada faktorů vnějších i vnitřních jako např.: stanovištní podmínky, nadmořská výška, klima, exponovanost vůči větru, postavení stromu v porostu, věk

a výška stromu, velikost a tvar koruny aj. Jsou to především faktory, které ovlivňují tloušťkový přírůst — šířku letokruhů a podíl pozdního dřeva, jež mají na hustotu dřeva výrazný vliv (Trendelenburg 1939, Kollmann 1951). V našem materiálu se projevil statisticky vysoce významný vliv individua (stromu jako jednotlivce), vliv lokality nebyl tak podstatný. Avšak ani u téhož kmene není objemová hmotnost dřeva konstantní. Její variabilitu ve směru axiálním i radiálním sledovalo mnoho autorů, výsledky však nejsou zcela jednoznačné. Převážně se však shodují na tom, že u smrku hustota dřeva klesá směrem od oddenku k vrcholu a od obvodu kmene ke dření. Někteří autoři však zjistili minima či maxima hodnot v jiných místech kmenů. Je to např. u starších stromů, kdy v běli může dojít k poklesu objemové hmotnosti dřeva (Trendelenburg 1939, Kollmann 1951), což se projevilo i v našem materiálu.

Pro smrk jsou udávána různá rozmezí hodnot objemové hmotnosti dřeva — např. Grosser (1977) uvádí $0,30\text{--}0,64\text{ g.cm}^{-3}$, Trendelenburg (1939) $0,32\text{--}0,56\text{ g.cm}^{-3}$. V našem materiálu měla objemová hmotnost sušiny zdravého dřeva variační rozpětí od $0,34\text{ g.cm}^{-3}$ do $0,58\text{ g.cm}^{-3}$. Dřevo se slabou tvrdou hnilobou mělo variační rozpětí objemové hmotnosti prakticky stejné, horní hranici dokonce o něco vyšší. Teprve silná tvrdá hniloba a ještě více měkká hniloba posunuly hodnoty objemové hmotnosti sušiny dřeva poněkud níže. V rozmezí $0,34\text{--}0,51\text{ g.cm}^{-3}$ se však vyskytovalo jak dřevo zdravé, tak všechny stupně hniloby.

Z uvedeného vyplývá, že změny objemové hmotnosti dřeva způsobené hnilobou nejsou vždy tak výrazné, aby překročily hranice přirozené variability objemové hmotnosti smrkového dřeva. Zachycení těchto změn metodou absorpce gama-záření ^{241}Am vyžaduje homogenní srovnávací materiál. Habermehl a Ridder (1979) řešili tento problém zobrazením absorpčního koeficientu gama-záření ^{241}Am v jednotlivých bodech na příčném průřezu kmenem a z výchylek hodnot usuzovali na výskyt hniloby. Vyžaduje to však řadu prozáření kmene v různých směrech a potřebnou techniku pro počítačové zpracování. Ovšem i zde zůstává nedorešena otázka vlhkosti dřeva, která absorpci gama-záření rovněž ovlivňuje.

V našem materiálu, který zahrnoval hniloby působené kořenovníkem vrstevnatým (*Heterobasidion annosus* /Fr./ Bref.), jsme zaznamenali zvyšování vlhkosti s přibývajícím hnilobou. Z literatury je známo, že některé druhy hub ovlivňují svou činností vlhkost dřeva, v kterém žijí. U celulózovorních hub je toto vysvětlováno rozkladem celulózy, přičemž vzniká oxid uhličitý a voda. Tento přírůstek vody lze i vypočítat (Ammer 1964). Nejvýrazněji se projevuje zvyšování vlhkosti u dřevomorky domácí (*Serpula lacrymans* /Wulf. ex Fr./ Schroet.), která produkuje při rozkladu 1 m^3 dřeva o objemové hmotnosti $\rho_o = 0,5\text{ g.cm}^{-3}$ 139 l vody při 50% úbytku hmotnosti dřeva (Rypáček 1957).

Kořenovník vrstevnatý je však všeobecně řazen mezi houby lignivorní, pro něž není tvorba metabolické vody typická. Potvrzují to i pokusy Scháněla (1954), který sledoval spotřebu vody u 17 druhů dřevokazných hub během tří měsíců kultivace a zjistil u kořenovníku vrstevnatého 100% spotřebu vody, zatímco u hub celulózotvorních dosahovala spotřeba maximálně 56 %, neboť si substrát zvlhčovaly metabolickou vodou. Campbell (in Rypáček 1957) řadí *Fomes annosus*

(nyní *Heterobasidion annosus*) do třetí skupiny hub lignivorních, které rozkládají lignin a polysacharidickou složku dřeva současně. Vzniká tedy otázka, do jaké míry se v našem materiálu podílí na zvýšené vlhkosti voda metabolická a voda získaná z okolního prostředí zvýšenou svou schopností hnilobou narušeného dřeva. Např. B a v e n d a m m (1938) udává, že *Stereum frustulosum*, původce jádrové hniloby dubu, je schopno sát vodu pod tlakem až 200 kp/cm². Původ vlhkosti je totiž velmi důležitý pro některé detekční metody. Např. metoda neutronografie velmi citlivě zachycuje zvýšené množství vodíků, nikoliv však pouze změny chemické vazby, ke kterým dochází při vzniku metabolické vody.

Při hledání vhodného způsobu detekce hnilob dřeva je třeba především dokonale objasnit změny, ke kterým dochází ve dřevu činností dřevokazných hub a teprve potom hledat technické možnosti k zachycení těchto změn.

Např. úbytek hmotnosti je všeobecně používaný ukazatel k hodnocení rozkladné činnosti dřevokazných hub. Výsledky našich měření však ukazují, že objemová hmotnost není právě nejvhodnějším ukazatelem pro hniloby působené kořenovníkem vrstevnatým. Úbytky v objemové hmotnosti nejsou tak podstatné, zejména v počátečních vývojových stádiích hniloby, a jsou překrývány přirozenou variabilitou objemové hmotnosti dřeva zdravých stromů. Totéž platí i pro absorpci gama-záření a jiné metody, které vycházejí ze změn objemové hmotnosti neboli hustoty dřeva. Toto potvrzuje i práce K ú d e l y (1983), který též sledoval vliv kořenovníku vrstevnatého na hustotu smrkového dřeva.

Vlhkost se naopak ukázala velmi důležitým faktorem, který nejen ovlivňuje výsledky měření u některých detekčních metod, ale mohla by se i sama stát ukazatelem hniloby. Přesto, že se poměrně dost prací zabývá vlivem vlhkosti na růst dřevokazných hub, není toho mnoho známo o vlivu těchto hub na vlhkost dřeva. Tato otázka by se měla vyřešit, alespoň u hospodářsky významných druhů dřevokazných hub.

Větší pozornost by se měla věnovat i změnám v chemických vlastnostech dřeva, které by mohly být citlivějším ukazatelem činnosti dřevokazných hub.

Závěrem nutno přiznat, že dosud nemáme ani u nás, ani v zahraničí jednoduchý a spolehlivý přístroj ke zjišťování vnitřní hniloby stromů pro potřebu lesnické praxe. Detekce hnilob uvnitř žijících stromů je úkol velmi obtížný a vyžaduje nejen dokonalou přístrojovou techniku, ale i dořešení některých základních otázek ze života a činnosti dřevokazných hub. Doufáme, že i my jsme svými poznatky přispěli k řešení tohoto problému.

Došlo dne 5. 10. 1984

Literatura

- ÄMMER, U.: Über den Zusammenhang zwischen Holzfeuchtigkeit und Holzzerstörung durch Pilze. Holz als Roh- und Werkstoff, 22, 1964, s. 47-51
ANONYMUS: ČSN 49 0000 Všeobecné pojmy a vlastnosti dřeva. 1966, 80 s.
ANONYMUS: ČSN 49 0103 Zisťovanie vlhkosti dřeva. 1968, 4 s.
ANONYMUS: ČSN 49 0108 Zisťovanie objemovej hmotnosti dřeva 1968, 4 s.
ANONYMUS: Jahresbericht 1982 Hess. Forst. Versuchsanstalt. — Hann. Münden. 1983, 57 s.
BAVENDAMM, W. — REICHELT, H.: Die Abhängigkeit des Wachstums holzeretzender Pilze vom Wassergehalt des Nährsubstrates. Archiv für Mikrobiologie, 9, 1938, s. 486-544

- ČERVINKOVÁ, H. — TEMMLOVÁ, B.: Zjišťování vnitřní hniloby v kmenech stojících stromů. *Lesnický časopis*, 12, 1966, s. 1033-1046
- ESLYN, W. E.: Radiographical determination of decay in living trees by means of the thulium X-ray unit. *For. Sci.*, 5, 1959, s. 37-47
- FABRICIUS: Die Wüchelrute in der Forstwirtschaft. Bericht über den IX. Kongress des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten, Ungarn 1936. Citováno Rohmeder 1937
- FASSBENDER, H.: Úvod do měřicí techniky záření a využití radioisotopů, STNL Praha, 1960, 241 s.
- FILER, T. H.: Gamma radiation detects defects in trees and logs. (Abstract) *Phytopathology*, 62, 1972, s. 756
- GROSSER, D.: Die Hölzer Mitteleuropas. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1977, 208 s.
- HABERMEHL, A. — RIDDER, H. W.: Zerstörungsfreies Verfahren und Gerät zum Nachweis von Stammfäulen am stehenden Stamm. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 28, 1979, s. 756-759
- IZUKA, N.: Study on the judgement method of inner rot of the living trees (todo fir) by γ -ray. *Bull. Tokyo Univ. For.*, 52, 1956, s. 143-163. Citováno Panzer, Zährer 1974
- JARTTI, P.: Tyvilahon määrittymenetelmistä. (The measurement of internal butt decay in living trees. *Silva Fennica*, 12, 1978, s. 140-148
- JERŠOV, G.: Pribor s radioaktivnym tullem dlja opredelenija stepeni zagnivaniya restuščich derevev. *Lesnoe chozjajstvo*, 1957, s. 82
- KOLLMAN, F.: Technologie des Holzes und des Holzwerkstoffe. I. Anatomie und Pathologie, Chemie, Physik, Elastizität und Festigkeit. Springer Verlag Berlin Göttingen Heidelberg J. F. Bergmann München, 1951, 1050 s.
- KÚDELA, J.: Drevokazná huba *Heterobasidion annosus* (Fr.) Bref. a jej vplyv na hustotu dreva. Hniloby lesních dřevin a ochrana proti nim. Sborník referátů ze semináře, Brno, 1983, s. 35-39
- MALLOY, WILSEY. X-raying trees. *Amer. Forests*, 36, 1930, s. 79-82
- NYLINDER, P.: Über die Verteilung von Rohwichte und Holzfeuchtigkeit in Kiefern- und Fichtenstämmen und ihre Bedeutung für die Flösserei in Schweden. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 11, 1953, s. 354-361
- PANZER, K. F.: Möglichkeiten der zerstörungsfreien Erfassung von Stammfäule an stehenden Bäumen. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 1974, č. 99, s. 15-36
- PARRISH, W. B.: Detecting defects in wood by the attenuation of gamma rays. *For. Sci.*, 7, 1961, s. 136-143
- ROHMEDE, E.: Die Stammfäule der Fichtenbestockung. Mitteilungen aus der Landesforstverwaltung Bayerns, sv. 23, 1937, 166 s.
- RYPÁČEK, V.: Biologie dřevokazných hub. ČSAV Praha, 1957, 209 s.
- SCHÄNEL, L.: Vliv fyzikálního stavu dřeva na růst dřevokazných hub. Diplomová práce, Přír. fak. Masar. univ., 1954, 350 s.
- SCHÄTZLER, H. P.: Diagnostic of dry rot in living trees. Newsletter on the application of nuclear methods in biology and agriculture, 1978, č. 10, s. 9-10
- TRENDELENBURG, R.: Das Holz als Rohstoff. J. F. Lehmanns Verlag München Berlin, 1939, 435 s.

ЧЕРВИНKOVA, Г. — КИСЕЛА, Ф. — ТЕММЛОВА, Б. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). Данные в области применения гамма-облучения ^{241}Am для обнаружения гнили у ели. *Lesnictví*, 31, 1985 (9) : 817-834.

Для обнаружения гнили ели испытывали радиационный метод на принципе разной абсорбции гамма-лучей здоровой и пораженной древесины. Для этой цели служит измерительная установка с радиоизотопным источником излучения (^{241}Am активностью 1,24 ГБг), сцинтиляционным зондом и электронным счетчиком импульсов. Аппарат отмечает у гомогенных образцов понижение абсорбции гамма-излучения из-за гнили. В ходе внешних измерений на стоящих деревьях проявила себя высокая изменчивость этой абсорбции у ^{241}Am , которая перекрывала абсорбционные изменения, вызываемые гнилью. Как показали впоследствии лабораторные испытания, эта высокая изменчивость дана значительной изменчивостью объемного веса древесины также у здоровой ели. Хотя по обоим этим показателям отмечено некоторое понижение с нарастанием гнили, не удастся определить средние величины у здоровой древесины и в разной стадии гнили, которые служили бы стандартом в обнаружении

гнили. Абсорбция гаммаизлучения ^{241}Am отчетливо возрастает у крених, а повышенная доля поздней древесины лишь несколько больше. Сучья и сердцевина не проявляют себя однозначно, и обычно эту абсорбцию повышают.

Влажность древесины — фактор, обуславливающий значительные различия между заболонью и ядром, у ядровой древесины она повышалась с поступающей гнилью. лесозащита; гнили; радиоизотопы; гамма-лучи

ČERVINKOVÁ, H. — KYSELA, F. — TEMMLOVÁ, B. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Information on the Use of ^{241}Am Gamma-Radiation for Detection of Spruce Rots*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 817-834.

Radiation method based on the principle of different absorption of gamma-radiation by sound wood and rot-infected wood was tested for detection of spruce rots. A measuring equipment was assembled, with a radioisotope source of radiation (^{241}Am with the activity of 1.24 GBq), scintillation probe and electronic counter of impulses. It is possible to measure by this apparatus in homogeneous samples a decrease in gamma-radiation absorption caused by rot. Outdoor measurements in standing trees were found to show a high variability of ^{241}Am gamma-radiation absorption in individual trees; the changes in absorption caused by rot were overlapped by this variability. It was demonstrated by laboratory tests that the high variability of gamma-radiation absorption was mainly caused by the high variability of volume weight of wood in sound spruce trees. Even when there was found some decrease in rot-infected wood, the average values for sound wood and wood with various stages of rot could not be determined which would be used as a standard for rot detection. ^{241}Am gamma-radiation absorption increased expressively in compression wood, the increased percentages of late wood was not so marked. The knots and pith did not manifest themselves clearly, gamma-radiation absorption was mostly increased. Wood moisture content was a factor causing large differences between the sapwood and heartwood; it increased in the rot-infected heartwood.

forest protection; rots; radioisotopes; gamma-radiation

ČERVINKOVÁ, H. — KYSELA, F. — TEMMLOVÁ, B. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Erkenntnisse aus der Anwendung der Gammastrahlung ^{241}Am zur Detektion von Fichtenfäulen*. Lesnictví, 31, 1985 (9) : 817-834.

Zur Detektion von Fichtenfäulen wurde eine Radiationsmethode auf dem Prinzip unterschiedlicher Absorption der Gammastrahlung durch gesundes und durch von Fäule befallenes Holz ausprobiert. Zu diesem Zwecke wurde eine Meßeinrichtung konstruiert, die mit einer Radioisotop-Strahlungsquelle (^{241}Am mit einer Aktivität von 1,24 GBq), mit einer Szintillationssonde und einem elektronischen Impulszähler ausgestattet war. Das Gerät ermöglicht bei homogenen Proben die Feststellung der Herabsetzung der Absorption der Gammastrahlung als Folge der Fäule. Bei Geländemessungen an stehenden Bäumen zeigte sich eine hohe Variabilität der Absorption der Gammastrahlung ^{241}Am bei einzelnen Bäumen, die die durch Fäule verursachten Veränderungen der Absorption überdeckte. Laboruntersuchungen haben nachher erwiesen, daß die hohe Variabilität der Absorption der Gammastrahlung vor allem durch die hohe Variabilität des Raumgewichtes des Holzes auch bei gesunden Fichten bedingt ist. Auch wenn sich bei beiden diesen Anzeigern ein gewisser Abfall bei zunehmender Fäule äußerte, war es nicht möglich Durchschnittswerte für gesundes und für in verschiedenem Fäulestadium befindliches Holz festzustellen, die als Standard zur Detektion von Fäule dienen könnten. Die Absorption der Gammastrahlung ^{241}Am erhöhte sich deutlich beim Druckholz, erhöhter Spätholzanteil war nicht ausgeprägt. Knorren und Markholz äußerten sich nicht eindeutig, meist erhöhten sie die Absorption der Gammastrahlung. Die Holzfeuchtigkeit stellte einen Faktor dar, der ausgeprägte Unterschiede zwischen Splint- und Kernholz bedingte, beim Kernholz stieg sie mit zunehmender Fäule an.

Forstschutz; Fäulen; Radioisotope; Gammastrahlung

Adresa autorů:

Ing. Hana Červinková, CSc., RNDr. František Kysela, CSc., Ing. Božena Temmllová, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

KOMPLEXNÍ ZPRACOVÁNÍ A VYUŽITÍ BIOMASY STROMŮ

Lesy jsou nejdůležitějším zdrojem komplexní suroviny. V současné době se ve světě těží přibližně 2,6 miliardy m³ kmenového dřeva, roční přírůst lesů na světě se odhaduje na 2,8 mld. m³, ale předpokládaná potřeba dřeva v roce 2000 se pohybuje v rozmezí 3,6–4,0 mld. m³. Vzniká tedy reálná hrozba, že na Zemi dojde k nadměrné těžbě dřeva.

Samozřejmě, že bilance těžby dřeva je v různých částech světa velmi nevyrovnaná. V evropské části SSSR prudce vzrůstá potřeba dřeva nárokována na lesním hospodářství. Uplatňují se proto v lesním hospodářství základní požadavky, a to zvýšit produktivitu lesních porostů, beze zbytku využít těžené porosty.

Pojednáme podrobněji o problému úplnějšího využití biomasy stromů.

Nadzemní část stromu se skládá ze tří základních komponent: dřeva, kůry a zelených částí stromu. Po staletí lidstvo využívalo kmenové dřevo stromů, tvořící z celkové nadzemní hmoty asi 70 %. Široké využití dřeva je v národním hospodářství podmíněno sladěním mnoha pozitivních technických předností tohoto složitého přírodního polymeru. Dřevo se obnovuje a poměrně snadno se těží a zpracovává, dobře se slepuje, odolává nárazům a vibračnímu zatížení, má dobré tepelné izolační vlastnosti, schopnost udržet kovové výztuže, vyniká velkou dekorativností. Bylo spočítáno, že existuje více než 20 000 způsobů využití dřeva.

Kromě kmene má však strom i korunu, která rovněž obsahuje dřevní surovinu a kůru, a kromě toho i třetí komponentu — zelenou část stromu. V současné době je pro pojem zelená část stromu jako lesní produkt stanovena státní norma. K zelené části stromu náleží jehličí, listí a nezdrevnatělé výhonky (do tří měsíců od počátku vegetačního období). K zelené části stromu se jako příměs v určitém množství zahrnuje i dřevní surovina, pupeny, květy, semena, kůra.

Četné výzkumy dokazují, že podle druhu, věku a ostatních faktorů činí biomasa koruny 8–40 % nadzemní části stromu. Biomasa koruny obsahuje až 45 % zelených částí stromu a až 20 % kůry. Dřevo koruny stromů je méně univerzální a může ve velkém měřítku kryt nedostatek surovin pro výrobu des-

kových materiálů, celulózy a paliva. Pro výrobu vlákniny lze využít až 40 % biomasy koruny.

Při výzkumu problému plného využití biomasy stromu je třeba se podrobněji zabývat otázkami využití zelené části stromu a směry rozvoje energetiky, přičemž v současné době základní otázkou je komplexní získávání biomasy.

V SSSR začal výzkum borového a smrkového jehličí před 50–60 lety v Leningradské lesnické technické akademii S. M. Kirova a nyní je prováděn jak v soustavě VASCHNIL (Leninovy všesvazové akademie zemědělských věd), tak na vysokých školách a v resortních ústavech.

Bylo stanoveno, že v závislosti na druhu stromu a ročním období obsahuje zelená část stromu 60–320 mg/kg karoténu, až 14 % proteinu, tuk, vitamíny C, B₁, B₂, B₃, B₆, PP, E, K, D a řadu jiných biologicky aktivních látek, prakticky všechny pro zvířata nezbytné stopové prvky a makroelementy. Krmná hodnota zelené části stromu je 0,6–0,7 krmné jednotky. Zároveň však zelená část stromu obsahuje určité množství látek pro zvířata škodlivých — tríslové a pryskyřičné látky aj., jejichž výskyt v krmivech je přísně vymezen. Proto nelze zelenou část stromu pokládat za základní krmivo, nýbrž za biologicky aktivní krmnou přísadu. Může být podávána v čerstvém nebo konzervovaném stavu (např. vitamínová moučka). Denní dávka pro drůbež činí 3 %, pro zvířata 5–7 % suché dávky.

Po vytěžení ztrácí zelená část stromu poměrně rychle svou kvalitu, a proto se její využívání v čerstvém stavu doporučuje jen v zimních podmínkách.

Nejrozsáhlejší způsobem konzervování zelené části stromu je horkovzdušné sušení a rozemletí na vitamínovou moučku. Hlavní předností tohoto způsobu je jednoduchost technologického procesu, bezodpadní zpracování, celoroční výroba; nedostatkem je potřeba kapalných paliv.

Byla uskutečněna řada výzkumů jak využívat jako biologicky aktivní příměsí takové produkty chemického zpracování zelené části stromu, jako je chlorofylovo-karotenová pasta, chlorofylin sodíku, vodní extrakty, éterické oleje aj. Byla prokázána vysoká biologická

aktivita těchto produktů a jejich pozitivní vliv na růst a vývoj hospodářských zvířat a drůbeže.

Kromě využití zelené části stromu v zemědělství je velká poptávka po produktech získaných chemickým zpracováním jehličí a v budoucnu i listové zelené suroviny v kosmetice, medicíně a v řadě jiných odvětví. Předpokládá se, že započatý proces těžby a zpracování zelené části stromu se bude v nejbližší době rychle rozvíjet a v těžbě dřeva vznikne samostatný směr — biologické a chemické zpracování dřeva.

V současné době lidstvo v podstatě úspěšně využívá sluneční energii nahromaděnou živými organismy za milióny let. Tyto zdroje jsou však vyčerpitelné. Vzniká přirozená otázka jakou úlohu mohou sehrát v energetice dnešních lesů.

Světové zkušenosti ukazují, že v posledních deseti letech se v průmyslově vyspělých zemích rozvíjí využití lesních zdrojů jako energetické suroviny, přičemž se — bez ohledu na zajímavé výzkumy prováděné ve zplyňování, zkapalňování a jiných způsobech výroby paliv z biomasy stromů — dává přednost jejímu přímému spalování. Biomasa stromů jako zdroj energie se přitom zkoumá především za účelem uspokojení potřeb odvětví zpracovávajících dřevo a rovněž individuálních spotřebitelů paliva.

V současných podmínkách jsou na palivo kladeny tyto základní požadavky: dostatečně vysoká výhřevnost; výhodné využívání, tj. možnost mechanizace a automatizace procesů skladování, zpracování a spalování paliva; ekologická čistota; nízká cena.

V tabulce I je uvedeno srovnání výhřevnosti dřeva s jinými druhy paliv. Údaje uvedené v tabulce I ukazují, že 1 t měrného paliva může být nahrazena 2,37—2,87 t nebo 4,7—5,4 m³ dřeva podle jeho vlhkosti.

Možnosti využití palivového dříví závisí na způsobu jeho těžby. Jestliže bylo využívání dřeva jako paliva tradiční formou spojeno s řadou obtíží při mechanizaci zpracování dřeva, skladování, přísunu ke spalování a regulování procesu spalování, pak je dřevo ve formě štěpek nejpočetnějším druhem paliva, umožňujícím mechanizovat nebo i automatizovat celý proces spalování paliva v kotlech různých výkonností — od zařízení pro individuální potřebu po mohutné kotelní o výkonu 100 i více MWt.

Skladování palivového dříví je jednodušší a nevyžaduje speciální zařízení jako skladování kapalného nebo plynného paliva, popř. místnosti jako při skladování hygroskopické rašeliny. Správné skladování palivového dříví umožňuje při vytvoření určitých zásob zvýšit jeho výhřevnost přirozeným sušením. Pro vyřešení otázek technologie skladování štěpek v klimatických podmínkách Lotyšské SSR je nutno ověřit zkušenosti získané ve Švédsku a jiných zemích.

Přechod k využívání dřevěných štěpek místo kusového dřeva si vyžádá zvýšení úrovně mechanizace výroby palivového dříví, takže v budoucnu odpadne málo produktivní a těžká ruční práce při těžbě dřeva i na hlavních skladech dřeva.

Ekologická nezávadnost palivového dříví je dána jednak tím, že dřevo neobsahuje síru a tedy nezaměřuje škodlivými exhalacemi ovzduší, jednak nízkou

I. Relativní výhřevnost různých druhů paliv

Druh paliva	Výhřevnost		Množství, nezbytné k náhradě 1 t měrného paliva
	kcal/kg	%	
1	2	3	4
Měrné palivo	7 000	100	1
Motorová nafta	10 200	145	0,69
Mazut	9 300	133	0,75
Zemní plyn (Dašavský)	11 800	169	0,59
Uhlí	5 000	71	1,4
Rašelina (briketovaná) = 40 %	2 500	35	2,8
Dřevo: relativní vlhkost 30 %	2 950	42	2,37
relativní vlhkost 40 %	2 440	35	2,87

II. Vlastní náklady na produkci palivových štěpek

Technologická varianta	Vlastní náklady		Minimální přípustná cena při náhradě jiných druhů paliv	
	rb/m ³	rb/t	rb/m ³	rb/t
1	12—18	15—23	14—21	18—24
2	15—20	19—25	18—23	22—27
3	7—10	9—12	9—11	11—13

kým obsahem popela (0,4—1,2 %). Popel může být využit v zemědělství jako hnojivo.

Hodnota nebo cena palivového dříví musí vyhovovat spotřebiteli i výrobci paliva.

Vlastní náklady na produkci palivových štěpek v Lotyšské SSR při rentabilitě 17 % jsou uvedeny v tabulce II (franko fůra vyrobených štěpek). Z údajů uvedených v tabulce II vyplývá, že palivové dříví zpracované ve formě štěpek je ekonomicky dostupné jak pro spotřebitele, tak i z hlediska výrobce.

Ve vědeckovýzkumném sdružení Silava bylo vyvinuto vzorové mechanizované topné zařízení spalující drcené větve (o výkonu do 250 kW). Při 40 % relativní vlhkosti paliva je výkon topného zařízení 215 kW. Proces zplyňování drcených větví a dřevěného odpadu v uvedené konstrukci topného zařízení a předsoušení pomocí topného plynu umožňuje zvýšit výhřevnost 1 kg odpadu o 30 %.

Jak již bylo řečeno, hlavní potíže při plném využití biomasy stromů vznikají v současné době při těžbě dřeva. Stroje pro komplexní mechanizaci těžby dřeva jsou v podstatě určeny pro zpracovávání kmenů stromů.

Komplexní strojové zpracování tenké kulatiny, větví a korun stromů je řešeno jejich drcením a následujícím tříděním tzv. zelených štěpek na tři frakce: zelenou tržní surovinu stromu, technologické štěpky a palivové štěpky.

Pro potřeby lesního hospodářství a zemědělství byl ve vědeckovýzkumném sdružení Silava vyvinut a sériově se vyrábí pneumatický třídící drtič a přívěsné zařízení pro automobily zajišťující nakládání a upevnění takového nekompaktního materiálu, jakým je spleť větví. V nejbližších letech bude rozšířena výroba pneumatických třídících drtičů, takže budou běžně používanými mechanismy v hospodářstvích zabývajících se těžbou dřeva.

Mnoho let je v pokusném hospodářství vědeckovýzkumného sdružení Silava využívána strojní sestava pro probírku s průměrným objemem kmene 0,11—0,13 m³, která se skládá ze stroje na kácení a ukládání stromů do svazků VMP-35 (výkonost 5,5 m³/normohodina), kolového přibližovacího traktoru LT-157 (10 m³/normohod.) nebo T-40L (5,5 m³/normohod.), nákladního automobilu s přívěsem pro odvoz stromů s korunami (4,9 m³/normohod.), odvětvovacího stroje LP-30B (5,5 m³/normohod.) a stacionárního zařízení pro zpracování tenkých stromů na tyčovinu, technologické štěpky a zelenou tržní část stromu (1,5 m³/normohod.). Pro zpracování koruny objemnějších stromů je používán pneumatický třídící drtič IPS-1,0 M (2,0 t/normohod.) nebo třídící zelených štěpek SZŠC-2 (3,0 t/normohod.) na výrobu technologických a palivových štěpek a zpracování zelené části stromu.

Pracovní náklady na technologický proces těžby a zpracování celého stromu se pohybují v rozmezí 1,1—1,3 normohod. na 1 t biomasy.

Podíl strojové práce činí v celém technologickém procesu 90—93 %.

Tržní produkce ve srovnání s tradiční technologií využití kmenového dříví se zvýšila o 30—35 % a v případě zpracování zelené části stromu na krmiva nebo extrakty o 60—65 %. Ve vědeckovýzkumném sdružení Silava byly vypracovány projekty dílen, technologická a normativní dokumentace pro zpracování zelené části stromu.

Využívaná technologie a strojní sestava pro kompletní zpracování téženého dřeva ve srovnání s jinými technologickými postupy nejlépe uspokojuje požadavky na využití celého stromu; snižují se ztráty a znečištění koruny, prudce klesají ztráty biologicky aktivních látek v zelené části stromu, zvyšuje se podíl strojové práce, je dosahováno vysoké produktivity a zároveň se snižují celkové vlastní náklady výroby.

Literatura

- GOST 21769-76. Zelená drevesná chvojňaja. Techničeskije uslovija. Moskva, 1976, 6 s.
- SOLODSKIJ, F. T. — AGRANAT, A. L.: Obzornaja statja po sostavu chvoji sosny i jeli. In Ispol'zovanie živych elementov dereva. Naučn. tr. Leningrad. lesotecn. akad., 1969, č. 119, s. 33-35
- ŠČERBAK, F. N. — SOLODKIJ, F. T.: Zakonomernosti razvitija nauki i novoe lesobiochimičeskoe napravlenie. In Ispol'zovanie živych elementov dereva. Naučn. tr. Leningrad. lesotecn. akad., 1969, č. 19, s. 10-19
- SOLODKIJ, F. T.: Sposob prigotovlenija iz chvoji lečebnoj pasty, soderžaščej chlorofilla i karotina. Bjul. izobr., 1949, č. 8, s. 11
- SOLODKIJ, F. T. — AGRANAT, A. L.: Proizvodstvo chvojnoj chlorofillo-karotinovej pasty. Moskva—Leningrad, 1956, 31 s.
- AGRANAT, A. L. — BARANOVA, R. A. — RURYLEV, S. M. — SOLODKIJ, F. T.: Opisanije modernizirovannoj tehnologičeskoj schemy polučeniija chvojnoj chlorofillo-karotinovej pasty. In Ispol'zovanie živych elementov dereva. Naučn. tr. Leningrad. lesotecn. akad., 1969, č. 19, s. 70-72
- PRODNIEKS, A. P. — DROŽŽIN, J. D.: Polučenije lesobiochimičeskich produktov pri kompleksnoj pererabotke drevesnoj zeleni sosny i jeli. Moskva, 1974, 38 s.
- JAGODIN, V. I. — ANTONOV, V. I.: Kompleksnaja chimičeskaja pererabotka drevesnoj zeleni. Lesnoje chozjajstvo, 1982, č. 5, s. 72-73
- JAGODIN, V. I.: Osnovy chimiji i tehnologii pererabotki drevesnoj zeleni. Leningrad, 1981, 224 s.
- IEVIŇ, I. K. — GALVANS, U. I. — DAUGABIETIS, M. O. — BALOD, V. V. — SAUSINJA, E. J.: Kompleksnoje ispol'zovanie drevesiny pri rubkach uchoda (syr'jo, zagotovka, pererabotka). Lesnaja promyšlennost', 1976, 88 s.
- ORLOV, S. F. — IEVIŇ, I. K. — GUŠČELJUK, N. A. a kol.: Projektirovanije i primenenije special'nych aktivnych polupricepov v lesnom chozjajstve. Učebn. pomučka, Leningrad, LTA im. S. M. Kirova, 1979, 58 s.
- Les — sel'skomu chozjajstvu. Proizvodstvo i primenenije produktov pererabotki drevesnych othodov (pod vedenim A. J. Kalniša). Moskva, 1978, 192 s.
- GOST 21802-76. Pasta chvojňaja chlorofillo-karotinovaja. Techničeskije uslovija. Moskva, 1976, 12 s.
- GALVANS, U. I. — ALKONE, A. J. — BRUVERE, V. A. — POLIS, O. R.: Ispol'zovanie ekstraktnych vješčestv listjev i chvoji dereva. Ref. inform. Lesochimija i podsoška, 1977, č. 11, s. 3-4
- KEVIŇŠ, J. J.: Mechanizacija zagotovki drevesnoj zeleni i ščepy iz lesosečnych othodov. Riga, LatNIINTI, 1980, s. 63
- DAUGABIETIS, M. O. — IEVIŇ, I. K. — DRESKA, A. J.: Osnovy ispol'zovanja nadzemnoj biomasy dereva. In Naučnyje issledovanija dlja lesov buduščego. Sb. statěj VNIILM-M. Lesnaja promyšlennost', 1981, s. 125-133
- GOST 13797-78 (vitaminová moučka)
- IEVIŇ, I. K. — TIŠČENKO, A. I.: Les i energetika — Energochozjajstvo za rubežom. Příloha k časopisu Električeskije stanciji, č. 6, 1982, s. 42-43

Prof. Dr. tech. věd I. K. Ievič, generální ředitel vědeckovýrobního sdružení Silava

VÝZNAM LESNÝCH SPOLOČENSTEV A SUROVÉHO HUMUSU PRE DEGRADÁCIU PŮDY PODZOLIZÁCIU

Názory na pojem podzolizácia sa rozchádzali od začiatku vzniku pedológie ako vedného odboru. Len v uplynulom období sa sformovalo úzke chápanie tohto procesu. Rozumie sa pod ním deštrukcia všetkých minerálov vo vybiehlenom horizonte a posun produktov rozkladu s vytvorením akumuláčného ho-

rizontu. Za materské substráty podzolov sa považujú chudobné zrnitostne hrubšie materiály. Od vlastnej podzolizácie sa odlišuje lessivácia (termín zavedený Duchaufourom v roku 1951), čiže ilimerizácia (termín podľa Friedlanda z roku 1957), alebo aj argiluvácia, t. j. presun ílu vcelku, bez jeho de-

I. Niektoré rozdiely medzi podzolmi a ilimerizovanými pôdami

Charakteristika	Podzoly	Ilimerizované pôdy
Pôvodná vegetácia	prevažne ihličnatý les	listnatý les
Humusová forma	surový humus	mullové formy
Acidita (pH)	< 5	> 5
Profilová diferenciácia v kvalite ílu	áno	nie

štruktúrie. Delenie na pôdy ilimerizované a podzoly treba považovať za správne nielen z teoretického pedogenetického hľadiska, ale aj z hľadiska praktického ekologicko-produkčného, čo je dôležité najmä v lesnom hospodárstve, kde pôdne vlastnosti nie sú ešte ovplyvňované v takej miere ľudskou činnosťou ako v poľnohospodárstve.

Pod podzolovým pôdotvorným procesom rozumieme mobilizáciu, pohyb smerom nadol a akumuláciu železa, hliníka, mangánu, kyseliny kremičitej a organickej hmoty v pôdnom profile. Za dôležité rozdiely medzi týmito dvoma typmi možno považovať medzi iným znaky uvedené v tabuľke I.

Ako vidno z tabuľky, za veľmi aktívnu zložku pôdy treba považovať organizmy, resp. produkty ich rozkladu a vplyvu — humusové formy. Organizmy, podobne ako materský substrát, klímu a za určitých podmienok aj podzemnú vodu, radíme k pôdotvorným činiteľom. Tieto na rozdiel od podmienok (reliefu a čas), sú s pôdou spojené výmenou látok a energie. Pojem organizmov a ich spoločenstiev, biocenóz, je veľmi široký. Preto sa pri ich rozbere zameriame predovšetkým na lesný porast a na tvorbu, vlastnosti i charakteristiku surového humusu, ktorý je akýmsi atribútom podzolových pôd.

LESNÉ SPOLOČENSTVÁ

Z nespočetných kladných a záporných vplyvov, ktorými môže lesná vegetácia ovplyvňovať podzolizáciu, spomenieme napr. zmenšovanie preplachu pôdnych profilov desukciou vody koreňovými systémami, zadržiavanie zrážok v korunách, vytváranie humidnejšej mikroklimy, vytváranie rôznej synúzie podrastu atď. Dôležitý je aj kolobeh živín, ktorého intenzita má význam nielen pre brzdenie vertikálnej tranzlokácie látok, ale aj pre regradáciu podzolových pôd. Korene rastlín, najmä korene hlboko

koreniciach druhov, môžu totiž sprístupňovať spodinu a vynášať živiny do vrchných pôdnych vrstiev. Tejto otázky sa dotýkajú vo svojich prácach mnohí autori. Napríklad podľa Zonná (1954) sa dostane do pôdy v dubovom lese za 100 rokov desaťkrát viac zlúčenín ako v lese smrekovom s machovou vegetáciou.

Význam vegetácie pre podzolizáciu spočíva však predovšetkým v akosti dodávaných organických látok ako východiskovej hmoty pre tvorbu humusu. Podľa zloženia tohto rastlinného materiálu a podľa existujúcich podmienok rozkladu vznikajú totiž rôzne formy surového humusu, ktoré majú veľký vplyv na priebeh pôdneho vývoja. Je všeobecne známe, že opad ihličnatých drevín obsahuje veľa látok, ktoré brzdia jeho rozklad (taníny, tuky, živice, alkaloidy atď.).

Sokolov (1962) na základe rozsiahleho štúdia prichádza k záveru, že v súhrnnom zložení organických zlúčenín z hrabanky smreka a borovice, nezávisle od miesta ich rastu prevládajú skupiny ťažko hydrolyzujúcich zvyškov. Na ne pripadá 34,0—65,5 % obsahu uhlíka. Rozklad je brzdený aj malým obsahom živín v opade, ktoré sú v korelácii s chudobným materským substrátom. Vysoký obsah organických zlúčenín kyselinového charakteru, ktoré dodáva najmä borovica, smrek i ostatné ihličnany, je sprevádzaný mikrobiálne ťažko sa rozkladajúcimi látkami, ako je lignín, kutín atď. Wittich (1961), ktorý sledoval rýchlosť rozkladu opadu rôznych drevín, zistil, že závisí od pomeru C/N. Ak bol tento pomer väčší ako 30, bolo tempo rozkladu pomalšie. Takýto vysoký pomer majú všetky ihličnaté dreviny, ako to potvrdzujú aj údaje Höhného (1963). Kyslosť ich opadu sa pohybuje v rozmedzí pH 3,5—4,5.

Vytvorením kyslého krytu z nadložného humusu sa podporuje aj vývoj acidofilnej vegetácie, najmä rodov *Erica*,

Vaccinium, rôznych machov (*Leucobryum*) a lišajníkov. Tieto rastliny a ich zvyšky vylučujú rôzne antibiotiká, čím sa brzdi vývoj väčšiny baktérií. Mimo toho sa pri nízkych hodnotách pH značne zhoršujú životné podmienky mikroorganizmov. Na rozklade sa zúčastňujú len huby (prevažne *Basidiomycetes*). Prebieha preto pomaly a nedokonale, vznikajúce kyseliny sú len sčasti nasýtené bázami. Hartmann (1952) nazýva takúto tvorbu humusu aumycetickou. Niektoré huby, najmä plesne produkujú antibiotické látky, ktoré brzdia činnosť ostatných pôdných organizmov. Nedochádza k premiešaniu organickej substancie s minerálnou pôdou, ale vzniká ostro ohraničená vrstva surového humusu. Mikroorganizmy, ktoré ešte pôsobia v takýchto nepriaznivých podmienkach, rozkladajú len ľahko rozložiteľné časti organických pletív, kdežto ťažšie rozložiteľné látky zostávajú, alebo sa humifikujú len pomaly. Veľkú úlohu tu hrajú energetické pomery, ako ukázal vo svojich pokusoch Novák (1965). Tým možno zrejme veľmi dobre vysvetliť, prečo niektoré, hlavne listnaté dreviny s vysokým pomerom C/N, pomerne rýchlo humifikujú.

Vplyvom vegetácie sa teda môže vývoj podzolu brzdiť alebo podporovať. V humidnejšej klíme, na chudobnom priepustnom substráte pod ihličnatým lesom s acidofilnou synúziou podrastu, alebo pod vresovištnou vegetáciou, smeruje vývoj pôdy k ustáleniu dynamickej rovnováhy, ktorá je charakterizovaná vytvorením podzolu. Treba podčiarknuť, že vývoj smeruje k podzolu len vtedy, keď sú splnené všetky uvedené kritériá. Ak tieto podmienky nie sú splnené, môže sa rovnováha k nemu len posunúť. Napr. vplyvom priaznivej bylinnej vegetácie, ktorej opad sa v mnohých prípadoch vyrovná čo do množstva opadu porastu alebo ho aj predčí, môže sa ustáliť dynamická rovnováha na niektorom predstupní podzolov (podzolované a nenasytené pôdy). Týmto chceme zároveň poukázať aj na to, akej chyby sa môžeme dopustiť, keď mechanicky prenášame poznatky o jednotlivých drevinách, prípadne iných zložkách geobiocenózy na celé lesné vegetačné spoločenstvá.

SUROVÝ HUMUS

Väčšina pôdoznalcov považuje dlhodobé pôsobenie surového humusu (moru, hrubého humusu) za jednu z hlavných príčin podzolizácie. Surový humus sa

vyskytuje všade tam, kde sa nachádzajú podzoly, hoci opačné tvrdenie vysloviť nemožno. Jeho vysoká acidita spôsobuje, že produkty rozkladu organických látok prechádzajú v nízkomolekulové a vysokomolekulové organické kyseliny, ktoré dávajú podnet k silnému vyluhovaniu vrchnej pôdnej vrstvy, a tým k vzniku podzolového horizontu. Hoci ihličnaté dreviny inklinujú k jeho tvorbe, táto sa neviaže vždy len na ihličnatý les a na vresovištnú vegetáciu, ale môže byť vyvolaná aj listnatým lesom, keď náročnejšie dreviny rastú na pôdach chudobných na živiny. Náchylnosť drevín na tvorbu surového humusu sa zväčšuje aj so vzdalovaním od ich optimálnych stanovištných podmienok.

Duchaufour (1960) rozoznáva dve hlavné príčiny spomalenia cyklu živín, a tým aj vzniku moru: vonkajšiu príčinu, ktoré súvisí s nepriaznivou klímou, vo všeobecnosti veľmi chladnou (mor boreálny a subalpínsky), a príčinu vnútornú, súvisiacu s nepriaznivým zložením vegetačných zvyškov (mor atlantický). Obe príčiny sa prirodzene môžu kombinovať, avšak najčastejšie je jedna z nich rozhodujúca. Franz (1960) zdôrazňuje hromadenie humusu v pôdach s chladnou klímou, ktorá podmienuje dlhý zimný odpočinok pôdných organizmov. V iných svojich prácach poznamenáva, že zvyšky niektorých rastlín (ihličie, dubové a bukové listie) sú zle stráviteľné pre mikroorganizmy, čo môže pôsobiť na vznik surového humusu najmä v rovnorodých lesných porastoch. Podľa Bornebuscha (in Novák, Káš, Nosek 1959) vzniká mor hlavne činnosťou členovcov. Z klimatických činiteľov môžu podporovať vznik surového humusu aj suché a výslnné stano- vištia.

Charakteristickým morfológickým znakom je zloženie vrstvy H, ktorá má prevažne melinový charakter a ostré ohraničenie od horizontu Ep (H = prakticky A₀), kým mydát buď úplne chýba, alebo je len nepatrne vyvinutý. Hrubka horizontu A₀ sa pohybuje od 5 do 20 cm, jeho pH = 3,5–4,5, C/N = 30–40 a stupeň nasýtenia (hodnota V) dosahuje maximálne 10 %. Výmenná kyslosť v KCl môže klesnúť až na pH = 2,8–3,0. Vysoký pomer C/N sa často udáva ako typická charakteristika moru, čo tesne súvisí aj s nedostatkom vyvinutými biologickými procesmi, spôsobenými prevahou húb nad baktériami a aktinomycétami. Podľa Sokolova (1962) sú vrstvy pôdy, priľiehajúce k spodným vrstvám surového humusu, značne obohatené organickými

látkami v porovnaní s mulovými formami.

Duchaufour (1960) v súhlase s dvoma príčinami vzniku rozoznáva dva typy moru, ktoré sa chovajú veľmi rozdielne:

a) Aktívny, alebo náchylný k aktívnosti jednoduchým zlepšením vonkajších nepriaznivých podmienok, napr. holorubom (humus severský a subalpínsky).

b) Neaktívny, vytvorený acidofilnou vegetáciou, ktorá vzdoruje akejkolvek aktivácii zlepšením mikroklimy (atlantické humusy). Jeho vlastnosti možno zlepšiť iba mechanickými a chemickými prostriedkami. Toto delenie by sme mohli nazvať delením zonálnym alebo geografickým. V našich podmienkach

sa osvedčilo triedenie Kubiennova (1953), ktorý nadviazal na Müllerove práce a ktoré sa v zásade zhoduje aj s klasifikáciou (rozdelením) Ehwalda (1956). Surový humus sa v týchto prácach delí v podstate na typický, plstovitý (drvinový) a mazľavý (meli-nový). Dôležitým diagnostickým znakom je síce aj vlhkosť stav, ale delenie založené na ňom nie je objektívne správne.

Za najrozšírenejšiu formu humusu v slovenských lesoch možno označiť formu mullovú, čo plne súhlasí s malým rozšírením podzolov. Surový humus sa vyskytuje predovšetkým v kyslom rade a z ostatných skupín čiastočne vo Fp, AF, FA a AcP, čo vyplýva zo stanovitého a typologického prieskumu slovenských lesov.

Literatúra

DUCHAUFUR, P.: Lessivage et podzolization. Revue forestière française, 1951, s. 647-652

DUCHAUFUR, P.: Précis de pedologie. Paris Masson et Cie, 1960

EHWALD, E.: Über einige Probleme der forstlichen Humusforschung insbesondere die Entstehung und die Einteilung der Waldhumusformen. Leipzig, 1956

FRANZ, H.: Feldbodenkunde. Verlag Georg Fromme et Co, Wien - München, 1960

FRIEDLAND, V. M.: Opodzolivaniye i illimerizacija. DAN, SSSR, t. 115, no 5, 1957

HARTMANN, F.: Forstökologie. Fromme — Verlag, Wien, 1952

HÖHNE, H.: Untersuchungen über die Pufferkraft und das C/N — Verhältnis der Streu von Waldbodenpflanzen, Sträuchen und Bäumen. Arch. F. Forstw., 12, s. 842-863, 1963

KUBIENA, W.: Bestimmungsbuch und Systemetik der Böden Europas. Stuttgart, 1953

NOVÁK, B.: Vztah látkové a energetické přeměny organických látek při humifikaci. Přednáška, II. Mezinárod. půd. konf. Praha, 1965

NOVÁK, V. — KÁŠ, V. — NOSEK, J.: Živěna půdní. SZN, Praha, 1959

WITTICH, W.: Der Einfluß der Baumart auf den Bodenzustand. Allg. Forstszchr., 16, 2, 2, s. 41-45, 1961

ZONN, S. V.: Vlijanie lesa na počvu. Izd. AN SSR, Moskva, 1954

*Ing. Eduard Bublinc, CSc., Pobočka pre výskum lesných ekosystémov
CBEV-SAV, Stúrova 4, 960 53 Zvolen*

HOSPODÁRNÝ ZPŮSOB VYUŽÍVÁNÍ DŘEVNÍHO ODPADU

Při příležitosti praxe studentů lesnické fakulty VŠZ z Brna v roce 1982 byla uskutečněna také návštěva 4. mezinárodní výstavy Interforst v Mnichově. Zde byly získány poznatky hlavně ze zpracování dřevních odpadů v kombinaci s různými typy štěpkovacích strojů a spalovacích kotlů na dřevo a dřevní odpad. Tato část expozice tvořila asi 1/3 exponátů na volných plochách.

BIKETOVÁNÍ DŘEVA

Následkem napětí v zásobování naftou v minulých letech bylo vzpomenu na dřevo jako na alternativní zdroj energie. Poněvadž však dřevo samotné je příliš cenná surovina, aby byla použita pouze na vytápění, zabýval se projekt využitím dřevního odpadu, kůry a biomasy, ale i starého dřeva na palivo ve formě kompaktních a lehce manipulovatelných dřevěných briket.

První briketovací lisy jsou známy již z 20. let. Jakost briket nebyla však následkem mírného tlaku při lisování, který činil pouze 460 MPa, příliš dobrá. Nyní pracují moderní lis s tlakem 1200 MPa. Je též obecně známo, že v poválečných letech byl topný olej jako nosič energie pro vytápění místností levný, takže briketování dřeva nebylo ekonomické. Přesto se však, a to zejména ve Švýcarsku, dále pracovalo na dalším vývoji briketovacích lisů, takže již v 60. letech se dostávaly na trh vysoce jakostní lis. Tyto lisy byly především dodávány velkým dřezozpracujícím podnikům, které měly možnost tímto způsobem uskladnit již suchý dřevní odpad a piliny na malém prostoru jako palivo pro zimu. Dalším odbytištěm byly země třetího světa, kde byly např. lisovány jako materiál pro vytápění slupky oříšků podzemnice olejné.

Přestože suchý dřevní odpad jako zdroj krytí vlastní potřeby topné energie jednotlivých podniků není zanedbatelný, je z hlediska celonárodního hospodaření s energií nepatrný. Z toho důvodu musíme brát v úvahu také ostatní zdroje biomasy. O biomase se mluvilo velice často v tom smyslu, že je to v podstatě přeměněná sluneční energie. To je sice správné, ale pro objasnění tohoto stanoviska musíme dodat, že biomasa je sice nahromaděná sluneční energie, ale „zabalená“ do vody. Máme přitom na mysli např. mokrou kůru, která při vysoušení může obsahovat až 100 %

vody. Poněvadž je známo, že hodnota výhřevnosti závisí na dvou faktorech — na obsahu vody a na hustotě topné látky — požaduje se po správném briketovacím zařízení více než pouze briketovací lis.

PŘEDNOSTI DŘEVĚNÝCH BRIKET

1. Brikety vyráběné v briketovacím zařízení mají specifickou hustotu od 1,2–1,4 kg na dm³, to znamená, že ve vodě klesají.

2. Každý druh dřeva nebo dřevního odpadu a kůry je možno zlisovat použitím vysokého tlaku a vysoké lisovací rychlosti bez použití pojiva na vysoce jakostní brikety.

3. Zhuštění objemu činí podle druhu materiálu až 1 : 15.

4. Brikety je možno během léta uskladnit na nejmenším prostoru.

5. Když jsou brikety chráněny před přímým stykem s vodou, jsou dlouhodobě skladovatelné, aniž by ztratily pevnost.

6. Na rozdíl od uhlí a uhelných briket nešpiní.

7. Mají vysokou výhřevnost, podle druhu materiálu 14 654 až 20 934 kJ . kg⁻¹ (suché dřevo 16 000 kJ . kg⁻¹, uhlí 10 000–30 000 kJ . kg⁻¹).

8. Pro vysokou hustotu a konzistenci se dřevěné brikety spalují rovnoměrněji a téměř bez popílku (0,2–0,5 % popílku). U briket z kůry činí podíl popílku asi 2 %, u hnědého uhlí 5–7 %.

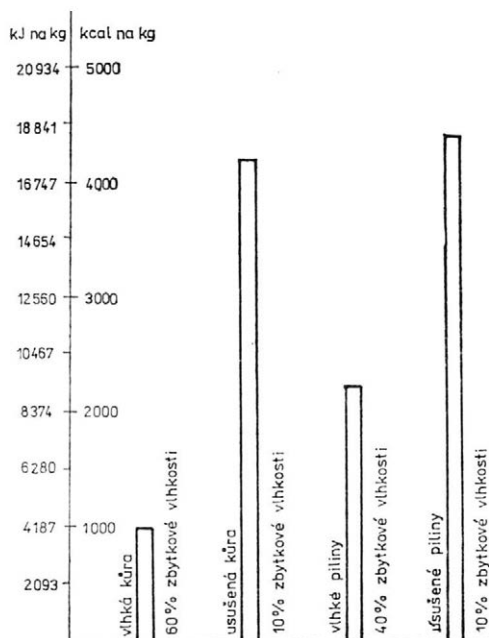
9. Při srovnání s dmýchacími dřevěnými hoblinami (trískami) jsou dřevěné brikety při spalování o 20–30 % účinnější.

10. Dřevěné brikety při hoření neznečišťují okolí, protože neobsahují síru.

11. Dřevěné brikety jsou nejvýhodnější pro zplynování dřeva.

Jak již známe z příslušné odborné literatury, hodnoty výhřevnosti dřeva, popř. kůry, značně závisí na zbytkové vlhkosti (obr. 1). Je zde nutno uvést dva typické příklady.

Mokrá kůra s vlhkostí 60 %, počítáno na celkovou hmotnost, má výhřevnost pouze 4187 kJ . kg⁻¹. Když kůru vysušíme, jak je to pro briketování také nutné, na 10–12 % zbytkové vlhkosti, rychle stoupne hodnota výhřevnosti přes 16 746 kJ . kg⁻¹. O něco příznivější situace je u pilin, které mají hned z počátku nižší zbytkovou vlhkost (v našem případě cca 40 %) a vykazují výhřevnost



1. Porovnání hodnot výhřevnosti

cca 9000 kJ.kg⁻¹. Vysušením je možno dosáhnout výhřevnosti přes 16 747 kJ.kg⁻¹. Když máme na zřeteli oba tyto příklady a uvážíme, jaká spalovací zařízení se dnes nabízejí na trhu pro vlhkou kůru a pro vlhké štěpky, docházíme k závěru, že po nadměrném plýtvání s ropou je již předem naprogramováno další plýtvání dřevem.

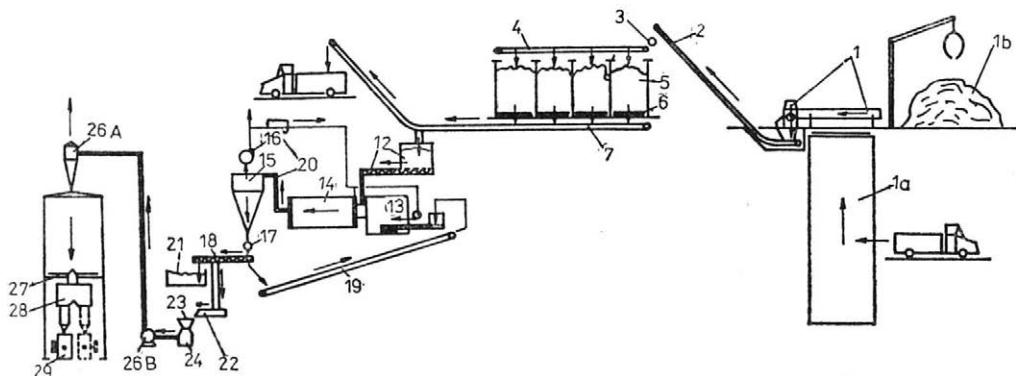
Abychom získali brikety s velkou výhřevností a snadno prodejné (vysoká hustota, vysoká pevnost, hladkost a nedrobnost povrchu), je důležitým předpokladem správné ekonomické vysoušení.

Zpracování vlhkého materiálu na briketovací zařízení se skládá z několika operací: předdrcení, meziskládky, sušení pilin, jemného štěpkování a briketování.

Obr. 2 znázorňuje princip a schéma postupu univerzálně použitelného a plně mechanizovaného zařízení. Pro průběžný provoz tohoto zařízení je zapotřebí dostatečné množství meziskládek.

Počínaje od zásobníku na kůru (1a), který je vybaven dávkovacím dopravníkem, mělo by být podle velikosti zařízení uskladněno nejméně 10–50 m³ kůry. Zásobování těchto bunkrů na kůru se provádí buď dopravními auty, nebo když se zařízení nachází u pily, pak se kůra dopravuje dopravníky přímo od odkornovacích strojů. Pozice 1b znázorňuje na tomto obraze biomasu ve formě větví a vršků stromů, ev. odpadové dřevo a dřevo již použité (staré). Tento materiál je nejlépe dopravovat jeřábem na přírodní žlab předdrcovacího stroje (1).

Jestliže jde o biomasu ve formě štěpek, pak se doporučuje další zásobník s mechanickým vyprazdňovacím zařízením. U předdrcovacího zařízení nepoužíváme sekací nůž, ale štěpkovačku systému Spoerri. Toto štěpkovací zařízení má tu přednost, že při zpracování starého dřeva, kde není možno zabránit výskytu větších kovových předmětů, se nepoškodí. Stroje na předdrcování pracují zpravidla bez použití síťových filtrů. Velikost štěpek, které tímto způsobem získáme, se liší podle zpracovávaného materiálu, horní velikost štěpek se však pohybuje přibližně od 20–40 mm délky, 2–5 mm tloušťky a přibližně 6–7 mm šířky, spodní velikost štěpek odpovídá pilinám. Další výhodou této štěpkovač-



2. Plně automatizované briketovací zařízení

ky je to, že spotřebuje méně energie a získáme štěrky ve formě jemných vláken. Po předdrcení se štěrky dopravují pomocí žlabového řetězového dopravníku (2) přes bubnový odlučovač kovů (3) a pomocí žlabového řetězového dopravníku, který je umístěn nad bunkry (4) do bunkrů (5). Podélný dopravník (4) má právě uprostřed bunkrů elektromechanické, na dálku ovladatelné šoupátkové zařízení, aby bylo možno štěrky dopravit do určitého bunkru. Do bunkrů se ukládají oddělené štěrky s kůrou a jehličím nebo z odpadového dřeva. Pomocí mechanického zařízení (6), které bunkry vyprazdňuje, je možno žlabovým řetězovým dopravníkem dopravovat do sušicího zařízení (7) směs štěpek v určitém poměru. Aby toto zařízení mohlo být pohotově použitelné, je zde možnost použít separátního nakládání hrubých a vlhkých štěpek (např. drcené kůry jako materiálu pro zahradnické účely). Při otevřeném šoupátku se dostávají hrubé štěrky ze žlabového řetězového dopravníku (7) do dávkovacího bunkru (12) a posunujícím šnekem do bubnové sušičky. V generátoru horkého plynu (13) spodním spalováním suchých štěpek se získává plyn pro sušení. Ve vlastní sušičce, bubnové sušičce s trojím tahem (14), se suší hrubé štěrky na požadovanou konečnou vlhkost, a to rovnoměrně, se zbytkovou vlhkostí cca 12 %.

Rovnoměrného prosušení dosáhneme tím, že proudem vzduchu, který působí hlavní ventilátor (16), lehčí štěrky které také rychleji prosychají, jsou sušičkou rychleji protahovány a těžší částice jsou pomocí zabudované lopatky stále znovu házeny do horkého proudu vzduchu a současně dopravovány dále. Sušička je ovládána pomocí termočlánku, instalovaného v hlavním ventilátoru a množství se řídí dávkováním vlhkých štěpek. V hlavním cyklónu (15) se oddělují štěrky a vysušující vzduch a přes turniketový uzávěr (jamkové kolo) se usušené štěrky dostávají z podtlaku cyklónu do dopravního šneku (18). Tento dopravní šnek rovněž přivádí potřebné množství (cca 12–15 %) třísek pro výrobu horkého plynu, a to zpětným dopravním pásem (19) do bunkru. Prodloužením dopravního šneku (18) je pak možno (21) odděleně odebírat vysušené štěrky. V normálním případě se však dostávají hrubé štěrky přes dávkovací zařízení (22) se zabudovaným odlučovačem kovů a písku do jemné mléčieho mlýnu (24).

Jemný mlýn pracuje na stejném principu štěpkování — systém Spoerri —

má však zabudovaný filtr (síta), aby bylo možno dosáhnout přesnější velikosti částic pro briketování. Jemný materiál je pak dopravován odsávacím ventilátorem přes cyklón (26) do sila na jemné štěrky. Vynášecí hlavní sila ve formě přesně regulovatelné vynášecí frézy dopravuje jemné štěrky do dávkovacího bunkru (20). Tento dávkovací bunkr je vybaven regulátorem hladiny a může tedy, aniž by závisel na tlaku v hlavním silu, vlastní hmotností materiálu přivádět průběžně přesné množství štěpek do briketovacího lisu.

Při briketování se používají osvědčené a vysoce jakostní lisy — systém Spoerri — které pracují na konusovém (kuželovém) principu a bez jakéhokoliv použití pojiv.

Volné vysušené štěrky se pomocí vertikálního šneku předhušťují a přivádějí do briketovacího lisu. Raznice lisu, poháněná elektromotorem přes speciální plochý řemen a těžké setrvačníky přes výstředník a křížák, pěchuje předem zhuštěný materiál velkou rychlostí a pod velmi vysokým tlakem do kónického lisovacího nástroje. Kuželovitost lisovací formy, stejně jako zvláštní tvar čelní strany raznice lisu, působí tlakem zevně i zvenčí na lisovaný materiál, a tím se vytváří u briket rovnoměrná hustota. Teplo, které vzniká následkem vysokého tlaku se odvádí regulovatelným chladicím systémem. Poněvadž lisovací zařízení podléhá přirozenému opotřebení, je opatřeno rychle a lehce vyměnitelnými vložkami.

Nejprve vychází z briketovacího lisu stlačený materiál ve formě nepřerušovaného výlisku a prochází chladicím úsekem dřívě, než jsou brikety přiříznuty na odpovídající spotřebitelskou délku. V chladicím úseku se vytvrzují přírodní pryskyřice, které předtím následkem tlaku a teploty zkapalněly a dodají briketám vysokou pevnost. O jakosti briket spolurozhoduje také délka chladicího úseku. Pro další použití nebo pro prodejní účely mohou být pak hotové dřevěné brikety dodávány buď volné (např. v kontejnerech), nebo předem balené.

V zásadě rozlišujeme u dřevěných briket dva druhy prodeje, které jsou určovány trhem a kapacitou zařízení, popř. velikostí lisu. Jsou to jednak tzv. komínové dřevěné brikety od průměru cca 60 mm až do 110 mm a o délce cca 250–300 mm (obdobně jako štípaná polínka pro kachlová kamna nebo pro otevřené krby), jednak dřevěné brikety pro pece s průměrem od 40 do 75 mm (nebo

těž větším), ale o délce pouze asi 50—100 mm vhodné pro nasypání.

Jednodušší a s ohledem na investice podstatně výhodnější, ale přesto v průmyslu použitelnou variantou pro přípravu a briketování vlhkého materiálu je nahrazení dávkovacího a dopravního zařízení, které je zde relativně nejnákladnější, nakladačem s lopatkovými koly (který je stejně v mnoha podnicích k dispozici). V obou případech má být výkon stroje volen tak, aby byl zajištěn hospodárny provoz, a tím dosaženo rychlé amortizace. Z toho důvodu má být u provozních zařízení předdrcování, sušení a drcení na jemno zajištěn jedno až dvousměnný provoz a briketování má být v provozu asi hodinu (v nočních směnách je to možné též bez dozoru obsluhy).

PROVOZNÍ NÁKLADY NA BRIKETOVÁNÍ V RAKOUSKU

Cena za brikety musí být nižší než cena hnědého uhlí, v Rakousku je max. 40 ŠS/10 kg ve fóliových balících. Ve

výzkumu se připravuje briketizace lesních těžebních zbytků s úkolem realizace do konce roku 1983.

Příklad:

1. Při využívání suchého dřevního odpadu s kapacitou 5—10 t při dvousměnném provozu je cena strojní technologie 300 000—500 000 ŠS.

2. Při využívání mokré kůry s podílem 80 % kůry a 20 % dřevního odpadu se sušením na 35 %. Rentabilita při práci 2—3 lisů při denní kapacitě 20—30 t při dvou směnách. Cena strojní technologie je 8—12 mil. ŠS. Cena 1 kg briket činí 3,50—4,0 ŠS, cena 1 kg hnědého uhlí 4,50 ŠS.

V rakouském dřevařském průmyslu je od roku 1980 využíváno na osmi závodech spalování dřevních odpadů zpracováváných briketizací.

V NSR jsou dva závody, kde je pro briketizaci využívána kůra a štěpky z odpadů při parkových úpravách od roku 1981. Od roku 1981 se ve výzkumu pracovalo na briketizaci zelených lesních štěpek s úkolem dokončení výzkumu do konce roku 1983.

Literatura

SPOERRI: Briketování dřeva, projekt SB — 18. 9. 1981, Induplan Chemie

Ing. Radomír Ulrich, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

SEMINÁŘ K HOSPODAŘENÍ V CHRÁNĚNÉ KRAJINNÉ OBLASTI ŠUMAVA

Ústav krajinné ekologie ČSAV v Českých Budějovicích spolu s Českým výborem komitétu pro životní prostředí ČSVTS a Domem techniky ČSVTS v Č. Budějovicích uspořádal 23.—24. října 1984 v Českých Budějovicích dvoudenní republikovou konferenci k problému hospodaření v Chráněné krajinné oblasti Šumava v rámci cílového úkolu ČSAV Optimalizace hospodaření v krajině. CHKO Šumava vyhlášena v roce 1963 na výměře 1630 km² je jednou z málo antropogenní činností člověka postižených oblastí ve střední Evropě, v níž ještě mohou být včas stanoveny preventivně zásady optimálního přístupu ke krajině, dnes stále více poškozené především dálkovým přenosem škodlivin v ovzduší, ale i místní průmys-

lovou, zemědělskou, rekreační a jinou činností člověka druhé poloviny dvacátého století.

Podobná jednodenní konference byla již uskutečněna v roce 1982 se záměrem získat informace o hospodaření všech uživatelů v CHKOŠ. Ze závěrů tohoto setkání, jehož se zúčastnili odpovědní zástupci, byl publikován Sborník I. Pro účastníky konference v roce 1984 byl předem připraven Sborník II, který po dlouhé přípravě jednotlivých týmů pro různé obory činnosti zpracoval formou tezí určité závěry, tj. návrh způsobů hospodaření, které by odstranilo tzv. střety nejen v rámci vnitřních záměrů hospodaření, nýbrž především vyjasnilo určité vztahy mezi jednotlivými uživateli šumavské krajiny s přihlédnutím k jejich

ekonomickým možnostem. Tato situace byla zhodnocena reálně, zejména ve vyžádaných koreferátech vyzvaných odborníků a v dalších diskusních příspěvcích. Účast na konferenci byla mimořádně velká, předložené příspěvky mají být během roku 1985 publikovány ve Sborníku III se závěry pro vypracování určitého tzv. Ekoprogramu CHKOŠ, dosud ojedinělého toho druhu vzhledem k velikosti území ve dvou krajích, Jihočeském a Západočeském, jejichž zástupci se rovným dílem a svědomitě podíleli na přípravě konference. Zemědělský tým vypracoval návrh Zemědělského hospodaření v CHKO Šumava-západ a Hospodaření oborového podniku Šumava v CHKO Šumava-Jih. Lesnický tým vyslovil zásady své budoucí činnosti ve společném referátu Lesy a lesní hospodářství CHKO Šumava. Podobně byly koncipovány další příspěvky Vodní hospodářství, Průmysl a těžba surovin v CHKO Šumava, Výstavba rekreace a doprava, Ochrana přírody a Ochrana čistoty ovzduší v CHKO Šumava. Po krátkém shrnutí dosavadní činnosti byly pro jednotlivé obory činnosti heslovitě

vysloveny určité závěry pro konkrétní krátkodobá opatření, kterými je možno ekologicky zlepšit dosavadní způsoby zasahování do šumavské přírody bez velkých materiálových, finančních a pracovních nákladů, ovšem se svědomitým přístupem, pro dlouhodobá opatření obecnější platnosti, která vyžadují nový přístup k plánování a realizaci a nakonec pro ty zásahy, které jsou ideálně optimální, avšak z ekonomického hlediska, které stále bude převažovat, málo proveditelné až neproveditelné. Je dobře znát tyto cíle pro maximální ekologickou optimalizaci hospodaření, avšak je nutno také reálně hodnotit možnosti, mezi nimiž je mimo jiné na Šumavě obtížná situace v nedostatku pracovních sil v hlavních odvětvích činnosti, a to jak v zemědělství, tak v lesním hospodářství této pohraniční oblasti. Jestliže se však Šumava má stát vzhledem ke své dosavadní zachovalosti tzv. kostrou evropského stabilizačního systému, pak stojí za námahu věnovat problému ekologické optimalizace hospodaření v CHKOŠ maximální pozornost.

Ing. Miroslav Landa, CSc., Ústav krajinné ekologie ČSAV, Na sádkách 702, České Budějovice

NEKRASOVA T. P.: PYLCA A PYLCOVOJ REŽIM CHVOJNYCH SIBIRI. 1983, NOVOSIBIRSK

Monografia uvádza originálne experimentálne výsledky autorky a syntetizuje široké spektrum súčasných poznatkov z oblasti embryológie, morfológie a anatómie, fyziológie a biochemie peľových zŕn vybraných základných druhov ihličnatých drevín (*Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Larix*) a brezy (*Betula pendula* Roth), na ktoré nadväzuje biologické štúdiá zvláštnosti mechanizmu opelenia s uvedením použitých metód výskumu, čo chýba iným prácam týkajúcim sa zákonitosti opelenia. Práca je prvým prehľadom najdôležitejších literárnych údajov z uvedenej problematiky lesných drevín. Obsah monografie je prehľadne rozdelený do siedmich kapitol. Prvé dve kapitoly sú venované morfogénne samčích reprodukčných orgánov, charakteru priebehu mikrosporigenézy až po sformovanie a vývin mikrospór pri jednotlivých vybraných ihličnatých dre-

vinách vo vzťahu k tepelným podmienkam a iným klimatickým faktorom, ako i popisu fenológii kvitnutia s dôrazom na črty a zvláštnosti kvitnutia jednotlivých druhov.

Kapitola tretia — Charakteristika peľu — zaoberá sa morfológiou peľových zŕn, a to zvláštnosťou formovania sporodermu, rozmermi peľových zŕn a ich druhovou premenlivosťou, čo ilustruje tabuľka číselných údajov významných morfológických znakov. Morfológickú heterogennosť a polymorfizmus peľových zŕn potvrdzujú aj poznatky o ich biochemizme. Kapitola sumarizuje literárne údaje o biochemickom zložení peľu získane hlavne v 70. rokoch. Nepriňaša poznatky posledných rokov.

Cenným je súhrn údajov obsiahnutých v ďalších kapitolách. Tieto koncentrujú poznatky o produkcii peľu v lese, v mladých porastoch, v semen-

ných sadoch a metódy jej zistenia, o mechanizme šírenia peľu, jeho transporte na väčšiu vzdialenosť, o dôležitosti koncentrácie peľu, času opelenia a ich efektívnosti a významnosti v poľnohospodárskom procese. Uvedené sú metódy masového doopelenia za cieľom zvýšenia semennej produkcie, technológie zberu peľu a najvhodnejší čas, ako i spôsob uskladnenia peľu.

V tomto istom zmysle pojednáva o peľi a peľovom režime brezy posledná kapitola. Zároveň rozoberá a uvažuje o jeho korelácii s periodičnosťou plodnosti brezy a výskytom partenokarpie.

Peľový režim drevín je analyzovaný v súvislosti s jeho úlohou v semennej

produkcií, významnosti peľu ako nositeľa genetickej informácie a komponenta vplývajúceho na štruktúru populácie.

Textová časť každej kapitoly je doplnená kresbami, tabuľkami a grafmi, ktoré názorne ilustrujú jej obsah. V závere monografie nájdeme rozsiahly bibliografický prehľad.

Monografia svojou obsahovou náplňou je určená okruhu záujemcov o štúdium biológie peľu. Možno ju doporučiť pracovníkom v oblasti genetiky, šľachtenia a semenárstva lesných drevín. Opísané metodické postupy dávajú možnosť ich interpretácie v šľachtiteľskej a semenárskej praxi.

Ing. Mária Gabriela Ostrolucká, CSc., CBEV SAV, Arborétum Mlyňany,
Ústav dendrobiológie, Vieska nad Žitavou, 951 52 Slepčany

SYMPOZIUM O BRÍZÁCH. 1982, EDINBURGH

Ve dňoch 24.—26. 9. 1982 sa konalo v Edinburghu sympóziu o brízach, z nehož vyšiel v roku 1984 zborník, prínášajúci veľmi cenné informácie o brízach po všetkých stránkach, užitočné pre pestovanie, ochranu i štúdium bríz z najrôznejších hľadísk i u nás. Zborník došiel do knižnice Čs. botanickej spoločnosti v Prahe. Vyšiel ako 85. zväzok, časť 1/2, Proceedings, Section B (Biological sciences) published by the Royal Society of Edinburgh, issued 29.10.1984, edited by D. M. Henderson and D. Mann, má 213 strán. Sympóziu pořádala Kráľovská botanická záhrada a Botanická spoločnosť v Edinburghu.

Úvodný referát jednal o rodu *Betula* v pleistocéne, špeciálne na Britských ostrovoch. Ďalšie príspevky sa zaoberali taxonmi a vnútrodruhovou variabilitou druhu *Betula pendula*, *B. pubescens* a *B. nana*, jejich reprodukčnou kapacitou apod., cytologiu širokého druhu *Betula alba* L., ekológiu bríz, vzťahu bríz k včelám, jejich fyziológiu, otázkami výživy atď.

Špeciálny a zcelo nový je podrobný zber epifytov na brízach, fyto-sociologické zpracovanie lišejníkov na rôznych častiach stromu i mechorostu na kmenech bríz na Britských ostrovoch. Lišejníky a mechorosty jsou ukazateli

vzdušné vlhkosti a lišejníky citlivě reagují na znečištění ovzduší průmyslovými imisemi. Na Britských ostrovech probíhá mapování různého stupně znečištění ovzduší podle čtyř typů lišejníků (převíslých, keříčkovitých, lupenitých a korovitých) s velmi jednoduchou metodikou, podle které může pracovat i školní mládež.

Fytopatologie a mykologie zaujmou referáty o výskytu dřevních hub, mykorrhizních symbiontů i veškerých houbových patogenů na brízach; ochrany bríz se týkají i referáty o hmyzu ve vztahu k brízám a o virózám blízkých chorobách bríz. Bezprostřední význam pro praxi má referát o brízach v kultuře. Závěrečný referát poskytuje informace o hospodářském využití bríz v minulosti a současnosti.

I když sympóziu bylo zaměřeno převážně na Britské ostrovy, většina zveřejněných poznatků má obecnou platnost. Pěstování bríz a s tím související otázky ochrany, výchovy a využití bríz nabývá v poslední době na významu i u nás, především v imisních oblastech, při rekultivacích důlních hald, některých typů výsypek apod., v sadovnictví, při ozeleňování sídlišť atd. Kdo se zabývá brízami z jakéhokoli hlediska, najde ve zborníku ze sympózia mnoho cenných informací.

CENY ČSAZ ZA VÝZKUMNÉ PRÁCE

Předseda ČSAZ akademik Karel Kudrna předal dne 3. června 1985 tři ceny Československé akademie zemědělské za vynikající výzkumné práce v odvětví zemědělství, potravinářského průmyslu a lesního a vodního hospodářství ukončené v roce 1984. Ceny převzali:

Dr. Petr Verner, CSc., s kolektivem spoluřešitelů z Výzkumného ústavu potravinářského průmyslu Praha za přínos výzkumného úkolu Ochrana zásob zemědělských produktů a potravin před škůdci.

Ing. Bartolomej Sedláček a Ing. Michal Šottník z Výzkumného a šlechtitelského ústavu semenných okopanin a průmyslových plodin Bučany za vyšlechtění nově jednoklíčkové odrůdy cukrovky 'Slovhila'.

Kolektiv řešitelů z Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady, pod vedením Ing. Václava Lochmana, CSc. za výsledky výzkumného úkolu Vodohospodářské a ekologické působení lesů s ohledem na hospodářské zásahy.

Tiskové oddělení ČSAZ, Těšnov 65, 110 01 Praha 1

Podepsáno k tisku 8. 8. 1985.

Vyskot M.: Asimilační aparát a vitalita smrku	753
Chalupa V.: Rozmnožování osiky (<i>Populus tremula</i> L.) a topolů [<i>Populus nigra</i> L., <i>P. alba</i> L., <i>P. euramericana</i> (Dode) Guin.] in vitro a růst stromů vzniklých in vitro	785
Mráz K.: Vodní režim půdy a sumární vodní bilance dubového a smrkového porostu za vegetační období	803
Červinková H., Kysela F., Temmllová B.: Použití gama-záření ^{241}Am k detekci hnilob smrku	817

Aktuality

Ievič I. K.: Komplexní zpracování a využití biomasy stromů	835
Bublinec E.: Význam lesných spoločenstiev a surového humusu pre degradáciu pôdy podzolizáciou	838
Ulrich R.: Hospodárny spôsob využívání dřevního odpadu	842
Landa M.: Seminář k hospodaření v Chráněné krajinné oblasti Šumava	845
Ostrolucká M. G.: Nekrasova T. P.: Pyľca a pyľcovej režim chvojnych Sibiri. 1983, Novosibirsk	846
Příhoda A.: Sympóziom o brízach. 1982, Edinburgh	847

СОДЕРЖАНИЕ

Выскот М.: Ассимиляционный аппарат и жизнестойкость ели	783
Халупа В.: Размножение осины (<i>Populus tremula</i> L.) и тополей (<i>Populus nigra</i> L., <i>P. alba</i> L., <i>P. euramericana</i> (Dode) Guin.) ин витро и рост деревьев, возникших ин витро	799
Мраз К.: Водный режим почвы и суммарный водный баланс дубовых и еловых насаждений за вегетационный период	816
Червинкова Г., Кисела Ф., Теммлова Б.: Данные в области применения гамма-облучения ^{241}Am для обнаружения гнили у ели	833

Новости

Иевинь И. К.: Комплексная переработка и утилизация биомассы деревьев	835
Бублинец Ф.: Значение лесных сообществ и сырового гумуса в деградировании почвы из-за оподзоливания	838
Улрих Р.: Экономный способ утилизации древесных отходов	842
Ланда М.: Семинар о ведении хозяйства в Охраняемой природной области Шумава	846
Остролуцка М. Г.: Некрасова Т. П.: Пыльца и пыльцевой режим хвойных Шумава	845
Пржигода А.: Симпозиум о березах. 1982, Эдинбург	847

CONTENTS

Vyskot M.: The Assimilatory Apparatus and Vitality of Norway Spruce	784
Chalupa V.: In vitro Propagation of Aspen (<i>Populus tremula</i> L.) and Poplars [<i>Populus nigra</i> L., <i>P. alba</i> L., <i>P. euramericana</i> (Dode) Guin.] and the Field Growth of in vitro Propagated Trees	800
Mráz K.: Water Regime of Soil and Total Water Balance of Oak and Spruce Stand in the Vegetation Period	816
Červinková H., Kysela F., Temmllová B.: Information on the Use of ^{241}Am Gamma-Radiation for Detection of Spruce Rots	834

Topical News

Ievin I. K.: Complex Processing and Utilization of Tree Biomass	835
Bublinec F.: Significance of Forest Associations and Raw Humus for Degradation of Soil by Podzolization	838
Ulrich R.: Economic Way of Utilization Wood Waste	842
Landa M.: Seminary for Management of the Šumava Protected Region	845
Ostrolucká M. G.: Nekrasova T. P.: Pollen and Pollen Regime of Conifers in Siberia. 1983, Novosibirsk	846
Příhoda A.: Symposium on Birches. 1982, Edinburgh	847

INHALT

Vyskot M.: Assimilationsapparat und Vitalität der Fichte . . .	En 784
Chalupa V.: Vermehrung der Aspe (<i>Populus tremula</i> L.) und der Pappeln [<i>Populus nigra</i> L., <i>P. alba</i> L., <i>P. euramericana</i> (Dode) Guin.] in vitro und das Wachstum der in vitro entstandenen Bäume . . .	801
Mráz K.: Bodenwasserhaushalt und Gesamtwasserbilanz eines Eichen- und eines Fichtenbestandes in der Vegetationszeit . . .	En 816
Červinková H., Kysela F., Temmllová B.: Erkenntnisse aus der Anwendung der Gammastrahlung ²⁴¹ Am zur Detektion von Fichtenfäulen . . .	834

Aktualitäten

Ievin I. K.: Komplexe Verarbeitung und Verwertung der Baumbiomasse . . .	835
Bublinec F.: Bedeutung von Waldgesellschaften und Rohhumus für die Bodendegradation durch Podsolisierung . . .	838
Ulrich R.: Ökonomische Methode der Holzabfallverwertung . . .	842
Landa M.: Seminar zum Bewirtschaften des Landschaftsschutzgebietes Šumava (Böhmerwald) . . .	845
Ostrolucká M. G., Nekrasova T. P.: Pyltsa a pyltsovoi rezhim khvoynykh Sibiri. 1983, Novosibirsk . . .	846
Příhoda A.: Symposium über Birken. 1982, Edinburgh . . .	847

LESNICTVÍ č. 10/1985

je tradičně věnováno hospodářské úpravě lesů:

Vyskot M.: In memoriam prof. Václava Korfa
Halaj J., Grék J., Sequens J.: Zásobové úrovne nových rastových tabuliek hlavných drevín
Hubač K., Pánek F., Kundrík F.: Objemové tabuľky pre jaseň
Kouba J.: Stanovení celkové objemové produkce lesů
Simon J.: Chyba stanovení zásoby relaskopickou metodou vzniklá sloučením etází smíšeného listnatého porostu
Vysloužil J.: Význam hospodářského lesa pro rozvoj rekreace

Aktuality

Nymburský B., Tomeš Z., Žlábek J.: Vědeckotechnický rozvoj v činnosti Lesprojektu
Bortel V.: Hospodářská úprava lesův SSR v 8. pětiočnicki
Král E.: Bitterlich W.: Myšlenka relaskopu. Relativní měření v lesnictví. 1984, Anglie

Lesnictví č. 10/1985 stojí 12,— Kčs. Objednávky přijímá

Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Slezská 7, 120 56 Praha 2
Poštovní novinová služba, Jindřišská 14, 110 00 Praha 1

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, závod 01 — AOT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Kubánská 1539, 708 72 Ostrava-Poruba. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, závod 01, administrace vývozu tisku, Kafkova 19, 160 00 Praha 6. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2.