



LESNICTVÍ

2

ROČNÍK 37 (LXIV)
PRAHA
ÚNOR 1991
ISSN 0024-1105

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Vědecký časopis LESNICTVÍ

Redakční rada: ing. Vladimír Chalupa, DrSc. (předseda), doc. ing. Jiří Bartůněk, CSc., prof. ing. Mirjam Čech, CSc., ing. Ján Ilavský, CSc., doc. ing. Jan Kouba, CSc., ing. Jozef Konôpka, CSc., ing. Václav Lochman, CSc., prof. ing. Štefan Šmelko, DrSc., akademik Miroslav Vyskot.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Vladimír Chalupa, DrSc.

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1991

OBSAH

Podracká O., Červená M.: Změny ve fyziologických procesech semenáčků smrku obecného vyvolané dřevem dekomponovaným hnědou hnilobou	97
Marek M., Janouš D., Marková I.: Analýza parametrů fotosyntetické aktivity smrku ztepilého (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	109
Záhora J.: Mineralizace dusíku v humusovém půdním horizontu lužního lesa v Lednici na Moravě	117
Štěpánská L.: Rozvoj koruny smrkových kultur: simulace růstu	125
Vacek S., Lepš J.: Použití Leslieho matic pro predikci vývoje smrkových porostů pod vlivem imisí	133
Páv B.: Stanovení zásoby sadbového materiálu na plochách školky	151

Referát

Podrázský V.: Vliv vápnění na vlastnosti lesních půd a na odolnost lesních dřevin vůči působení imisí	161
---	-----

Aktualita

Příhoda A.: Sto let vývoje Mezinárodní unie výzkumných ústavů lesnických IUFRO	131
Čech M.: Pražská lesnická fakulta obnovena	183
Tesař V.: Průběh a výsledky 19. světového kongresu Mezinárodního svazu lesnických organizací IUFRO, 1990	186

CONTENTS

Podracká O., Červená M.: Changes in the physiological processes of Norway spruce seedlings induced with brown-rot decomposed timber	107
Marek M., Janouš D., Marková I.: Analysis of some parameters of the photosynthetic activity of Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	116
Záhora J.: Nitrogen mineralization in the humus soil horizon of the flood-plain forest at Lednice in Moravia	123
Štěpánská L.: Development of crown canopy of spruce cultures: growth simulation	131
Vacek S., Lepš J.: The use of Leslie's matrices for the prediction of development of spruce stands exposed to air pollution stress	148
Páv B.: Determination of the planting stock on three nursery areas	159

Review

Effect of liming on the properties of forest soils and on the resistance of forest woody species to the action of immissions	161
--	-----

ZMĚNY VE FYZIOLOGICKÝCH PROCESÍCH SEMENÁČKŮ SMRKU OBECNÉHO VYVOLANÉ DŘEVEM DEKOMPONOVANÝM HNĚDOU HNILOBOU

O. Podracká, M. Červená

PODRACKÁ, O. — ČERVENÁ, M. (Ústav ekologie lesa VŠZ, Brno): *Změny ve fyziologických procesech semenáčků smrku obecného vyvolané dřevem dekomponovaným hnědou hnilobou*, Lesnictví, 37, 1991 (2): 97–107.

V pískových kulturách s odstupňovaným množstvím pulverizovaného smrkového dřeva rozloženého hnědou hnilobou byly kultivovány semenáčky smrku obecného *Picea abies* (L.) Karst. Dřevo rozložené hnědou hnilobou vyvolalo u semenáčků změny základních růstových parametrů. Bylo-li substrátem samotné dekomponované dřevo, projevila se u semenáčků značná růstová inhibice, která se v průběhu pokusu prohlubovala. Směs minerální zeminy s dekomponovaným dřevem v poměru 1 : 1 působila na růst semenáčků trvale stimulačně, a to zejména u kořene, který reagoval na složení substrátu nejcitlivěji. V období vegetačního klidu došlo u variant 50 a 100 k významnému přesunu sušiny z nadzemní části semenáčků do kořenů. Projevem obsahu dekomponovaného dřeva v substrátu byly změny v morfologii kořenového systému. V samotném dekomponovaném dřevu bylo zaznamenáno zastavení růstu hlavního kořene a kořeny postranní byly krátké a tenké. 50 objemových procent dekomponovaného dřeva v substrátu vyvolalo bohaté větvení hlavního kořene, přičemž délka kořenů u této varianty byla vždy větší než u varianty kontrolní. Dekomponované dřevo v substrátu neovlivnilo obsah chlorofylu v asimilačních orgánech. Rovněž poměr mezi chlorofylem *a* a *b* se nezměnil. Dekomponované dřevo mělo příznivý vliv na odolnost semenáčků smrku vůči mrazu, což se projevilo větším procentem přežití semenáčků z variant 50 a 100.

97 humusové látky; obsah chlorofylu; růst semenáčků; smrk obecný

Důležitou součástí pěstební činnosti je přirozená obnova lesa. Jednou z limitujících podmínek přirozené obnovy lesa je vhodný stav půdy, kde se jako důležitý faktor projevuje přítomnost humusových látek. V lesích zůstává po těžbě dřeva nynějšími technologiemi značné množství těžebních zbytků (Pařez, 1978). Vyvíjející se semenáčky lesních dřevin se v rámci přirozené obnovy lesa dostávají do bezprostředního styku s rozloženou dřevní hnilobou, tato situace si přímo vynucuje studovat vliv humusových látek zastoupených v dekomponovaném dřevu na fyziologické procesy semenáčků. Podstatný dekompoziční potenciál v biocenóze lesa tvoří dřevokazné houby. Smrkové dřevo napadá především troudnatec pásovaný *Fomitopsis pinicola* (Swarz ex Fr) P. Karst., který byl v ČSFR nalezen na více než tisíci lokalitách (Kotlaba, 1984). Tato houba vyvolává hnědou hnilobu dřeva, v jejímž průběhu dochází nejen k rozkladu polysacharidické složky dřeva, nýbrž i lignin je atakován a mění se na zcela nové látky humusové povahy (Rypáček, 1966). V průběhu dekompozice narůstá podíl vysokomolekulární frakce huminových a hymatomelanových kyselin na úkor nízkomolekulárních fulvokyselin (Rypáček a Rypáčková, 1975; Červená a Rypáček, 1988).

Humusové látky lze definovat jako nesespecifické stimulatory, neboť postihují svými účinky od růstových hormonů a regulátorů prakticky všechny fyziologické procesy rostlin (Prát, 1964). Např. příznivě ovlivňují energetickou bilanci rostlin a umožňují rychlejší přísun iontů ke kořenům a ovlivňují jejich transport, distribuci a užití v rostlině (Tichý, 1981). Vytvářejí s minerálními ionty komplexy, ze kterých jsou rostlinami snadněji přijímány a lépe využívány (Gumiński a kol., 1983). Při déle-

trvajícím působení humusových kyselin se v rostlině zvyšuje intenzita fotosyntézy. Humusové látky zřejmě neovlivňují vlastní proces fotosyntézy přímo, ale jejich působení se projevuje spíše nepřímými cestami, např. zvýšením obsahu pigmentů v asimilačních orgánech (Červená, 1979).

Vlivem dekomponovaného smrkového dřeva na klíčení semen smrku, na růst a vitalitu semenáčků v rámci problematiky přirozené obnovy lesa ve smrkových porostech subalpinní zóny se zabýval Eichrodt (1970). Zjistil, že rozložené smrkové dřevo není pro semenáčky vhodným substrátem. Pomaleji rostou a jejich kořenový systém je tvořen mnohem tenšími kořeny a kořen hlavní brzy odumírá. Toto konstatování plně koresponduje s výsledky, které jsme při studiu vlivu humusových látek pocházejících z dekomponovaného dřeva na fyziologické procesy semenáčků lesních dřevin získali na Ústavu ekologie lesa Vysoké školy zemědělské v Brně a které jsou shrnuty v řadě publikací (např. Rypáčková, 1977; Penka a Červená, 1978, 1980, 1984; Červená, 1979, 1980, 1982).

V našich pokusech byly simulovány podmínky, vznikající v lesních ekosystémech při současném způsobu těžby, jehož důsledkem je hromadění velkého množství těžebních zbytků, které podléhají postupné dekompozici. Studium těchto jevů přináší nové poznatky, které lze s úspěchem uplatnit v lesnické praxi.

MATERIÁL A METODY

K pokusům sloužily semenáčky smrku obecného *Picea abies* (L.) Karst., ekotyp chlumní. Jako základní substrát byla použita jemnozerní písčitohlinitá zemina z B-horizontu okrové lesní půdy na granodioritu o známém chemickém složení (tab. I). V dalších pokusných variantách bylo k této minerální zemině přidáváno v odstupňovaném množství pulverizované smrkové dřevo, které bylo rozloženo houbou hnědé hniloby *Fomitopsis pinicola* (Swartz ex Fr.) P. Karst. Stupeň rozložení dřeva odpovídal podle analýz úbytku na jeho sušinu 50 až 55 %. Jeho chemická charakteristika je uvedena v tab. II.

Promísením minerální jemnozeme s odstupňovaným množstvím pulverizovaného dekomponovaného dřeva byly připraveny tři varianty substrátů, jejich složení a pH je uvedeno v tab. III. Těmito substráty byly naplněny polystyrénové kultivační nádoby o rozměrech 35 × 18 cm a hloubce 11 cm a 3. května 1984 do nich byla vyseta semena smrku obecného pocházející z jediného stromu. Nádoby byly umístěny v lesní laboratoři v těsné blízkosti Ústavu ekologie lesa Vysoké školy zemědělské v Brně – Soběšicích.

Vzhledem k tomu, že byly použity stejné kultivační substráty jako v předcházejících výzkumech v této problematice (Rypáčková, 1977; Penka a Červená, 1978; Červená, 1979), bylo možno vycházet z vysychacích křivek zjištěných pro tyto substráty (Cetl, 1953; Penka, 1956). Z nich byly odečteny hodnoty indikující zpomalení resp. zastavení růstu a podle toho bylo řízeno zalévání destilovanou vodou. Na začátku zimního období byly semenáčky chráněny před mrazem preventivní záálivkou, která měla zamezit rychlému vysychání substrátů. Později byly kultivační nádoby pro ochranu před promrzáním substrátu zahrnuté vrstvou sněhu.

Pokus trval od 3. 5. 1984 do 10. 6. 1985 a semenáčky byly odebírány průměrně jedenkrát za měsíc. V průběhu pokusu byla sledována teplota vzduchu a jeho vlhkost, teplota substrátu a intenzita světelného ozáření v % vztažena na volnou plochu.

U pokusných semenáčků byly sledovány tyto růstové charakteristiky: délka nadzemní části

I. Analýza minerální zeminy — An analysis of mineral soil

C [%]	N [%]	C : N	CaCO ₃ [%]	mg ve 100 g zeminy ¹		
				CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
0,32	0,036	8,9	0	5,6	7,2	6,0

mg per 100 g soil¹

II. Chemická charakteristika dekomponovaného smrkového dřeva — Chemical characteristics of decomposed spruce timber

Popel ¹ [%]	Část rozpustná ve vodě ² [%]	Holo-celulóza ³ [%]	Část rozpustná ⁴ v 0,1N NaOH [%]	Humusové kyseliny ⁵ [%]		
				humí-nová ⁶	hymato-melová ⁷	fulvo ⁸
1,03	6,15	16,20	19,10	4,2	3,6	11,3

ash¹, water-soluble part², holocellulose³, soluble part⁴, humus acids⁵, humic⁶, hymatomellic⁷, fulvic acids⁸

III. Pokusné varianty substrátů — Experimental variants of substrates

Označení varianty ¹	(obj. %) Jemnozeme ²	(obj. %) Dekomponované dřevo ³	pH	
			v H ₂ O	v KCl
0	100	0	4,5	3,8
50	50	50	4,3	3,7
100	0	100	4,8	4,5

variant designation¹, fine-textured soil (vol. %)², decomposed timber (vol. %)³

a kořene, jejich čerstvá hmotnost a sušina. Při studiu růstu bylo v každém termínu vybráno náhodným výběrem 10 semenáčků od každé pokusné varianty. Při odběru dne 18. 4. 1985 byl kromě ostatních měření zjištěn také počet uhynulých semenáčků během zimního období u jednotlivých variant a vyjádřen v procentech.

Pro stanovení obsahu chlorofylů *a* a *b* byla zvolena metoda, kterou uvádí Šesták (1966). Výpočet kvantit byl proveden podle dvojkomponentového systému (Vernon, 1960).

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny použitím párového *t*-testu a analýzou rozptylu jednoduchého a trojného třídění. Dále byla studována korelační závislost mezi délkou kořene a délkou nadzemní části pro jednotlivé varianty.

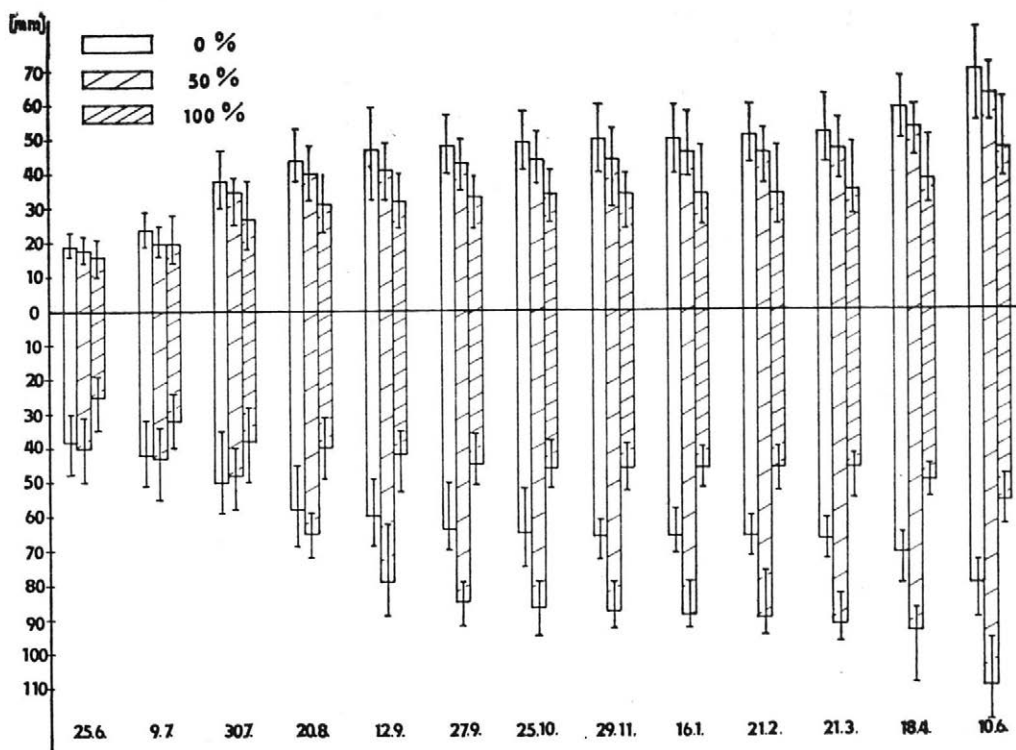
Pro všechny varianty byla provedena klasická intervalová analýza růstu na základě obsahu chlorofylů a vypočtena relativní růstová rychlost a čistý výkon asimilace.

VÝSLEDKY

Změny délky pokusných semenáčků v jednotlivých variantách během našeho experimentu jsou znázorněny na obr. 1. Již od prvního odběru, tj. 25. 6. 1984, se projevilo na délce kořenů působení dekomponovaného dřeva v substrátu. Na základě výsledků měření je možno konstatovat, že u varianty 100 byl růst kořenů přítomností dekomponovaného dřeva v substrátu inhibován, zatímco u varianty 50 působila směs pulverizovaného dřeva s minerální zeminou na délku kořenů ve srovnání s kontrolními semenáčky stimulačně.

Substráty s dekomponovaným dřevem vyvolaly zpomalení růstu nadzemních částí semenáčků. Ve všech termínech odběrů byla zjištěna největší délka nadzemní části u kontrolní varianty, jinými slovy stimulační vliv dekomponovaného dřeva ve směsi s minerální zeminou se v růstu nadzemního systému neprojevil.

Působení dekomponovaného dřeva v substrátu se projevilo rovněž snížením korelačního koeficientu vyjadřujícího závislost délky nadzemní části semenáčků smrku obecně



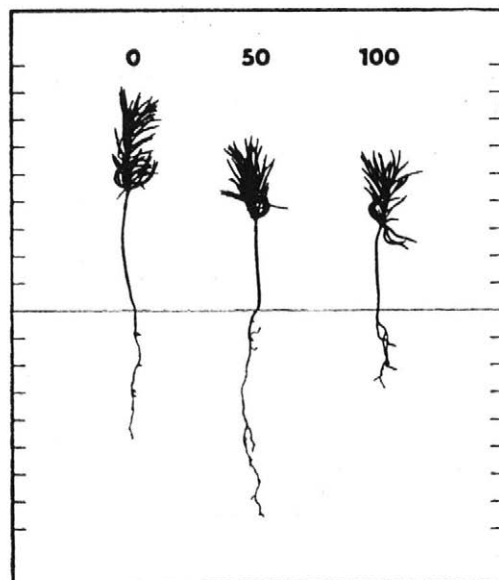
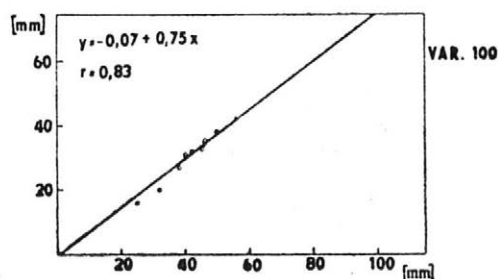
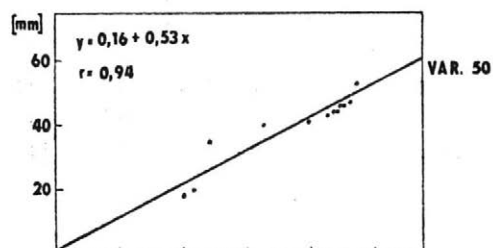
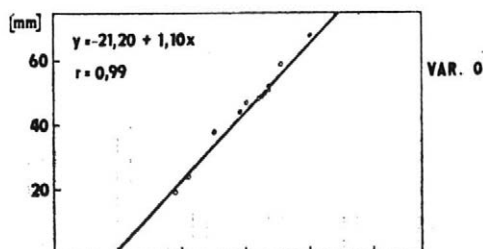
1. Délka semenáčků smrku (mm) z jednotlivých odběrů během prvního roku kultivace. Abscisa: termíny odběrů a pokusné varianty, ordináta: od nuly směrem nahoru délka nadzemní části semenáčků, od nuly dolů délka kořenů. Prázdné sloupce kontrola (varianta 0), řídké šrafované varianta 50, hustě šrafované varianta 100. The length of spruce seedlings (mm) in different measurements during the first year of cultivation. Abscissa: sampling dates and experimental variants; ordinate: from the zero upwards aboveground parts of seedlings are represented, from the zero downwards the root length. Open columns: control (variant 0), spaced hatching: variant 50, dense hatching: variant 100

ného na délce jejich kořenů (obr. 2). U kontrolní varianty se korelační koeficient blížil k 1, zatímco u varianty 50 i 100 dosáhl hodnot nižších. Vypočtené hodnoty korelačního koeficientu byly u všech variant statisticky průkazné, a proto lze vyloučit vliv náhodného výběru na sledovaný korelační vztah. Z regresních přímek charakterizujících zmíněnou korelaci mezi délkou kořenů a délkou nadzemní části semenáčků lze vyčíst, že ve srovnání s kontrolními semenáčky došlo u variant s obsahem dekomponovaného dřeva (zejména u varianty 50) k prodloužení kořenového systému na úkor nadzemní části.

Na obr. 3 jsou znázorněny typy kořenových systémů jednotlivých pokusných variant před ukončením vegetační sezóny 1984. V této době se již projevil charakteristický rozdíl ve stavbě kořenového systému v závislosti na obsahu dekomponovaného dřeva v kultivačním substrátu.

Uvedená morfologická stavba kořenového systému semenáčků smrku u jednotlivých variant zůstala zachována po celou dobu trvání pokusu a znaky typů kořenových systémů se projevily stále výrazněji. Získané výsledky svědčí o tom, že kořeny semenáčků smrku obecného v prvním roce růstu velmi citlivě reagují na přítomnost dřeva rozloženého hnědou hnilobou v kultivačním substrátu.

Na obr. 4 je možno srovnat rozdíly mezi pokusnými variantami v čerstvé hmotnosti



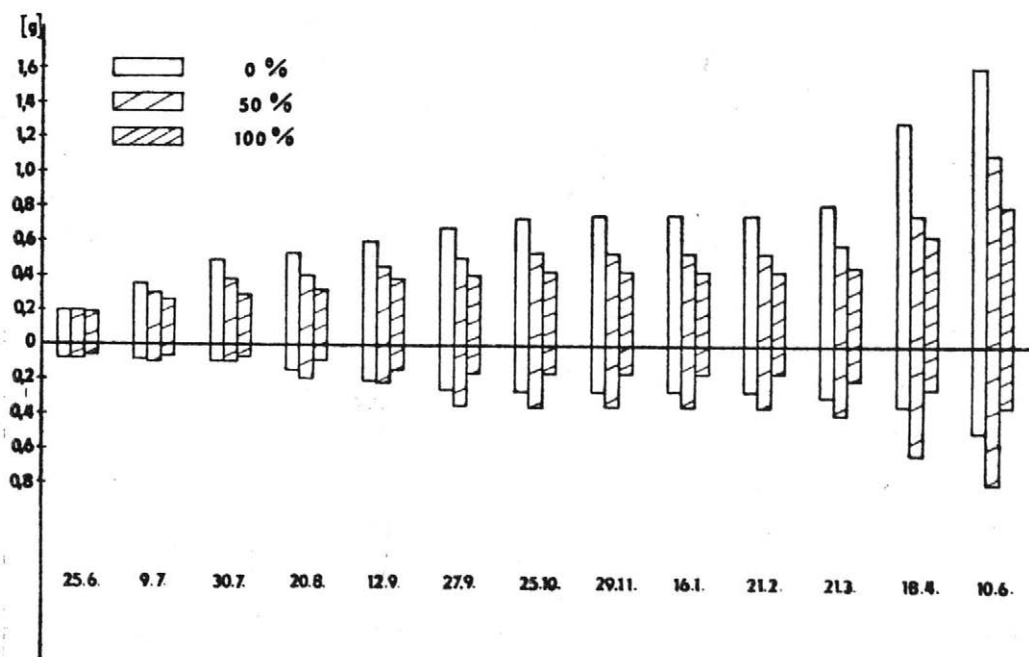
2. Regresní přímky a korelační koeficienty vyjadřující závislost délky nadzemní části semenáčků smrku na délce jejich kořenů. Abscisa: délka kořenů, ordináta: délka nadzemní části semenáčků. Nahore variant 0, uprostřed variant 50, dole variant 100 Regression lines and correlation coefficients representing the dependence of the length of spruce seedling aboveground parts on the length of their roots. Abscissa: root length, ordinate: length of seedling aboveground parts. Upper part of the figure: variant 0, middle part: variant 50, lower part: variant 100

3. Typy kořenových systémů a nadzemních částí semenáčků smrku před ukončením vegetační sezóny 1984. Měřítka v cm. První zleva variant 0, uprostřed variant 50 a napravo variant 100 The types of root systems and aboveground parts of spruce seedlings before the end of the 1984 vegetation season. The scale is in cm. Variant 0 is the first from the left, variant 50 is in the middle and variant 100 on the right

semenáčků. U kořenového systému se tyto rozdíly výrazně projeví na konci vegetačního období a jsou ve shodě s výsledky zjištěnými při měření délky kořenů.

U nadzemních částí byly rozdíly v čerstvé hmotnosti mezi variantami ještě zřetelnější. Čerstvá hmotnost nadzemní části byla nejvyšší u kontroly, u které byla nadzemní část také nejdelší ze všech variant. Na začátku nové vegetační sezóny 1985 se hodnota rozdílu čerstvých hmotností kořenů i nadzemních částí mezi jednotlivými pokusnými variantami ještě více prohloubila, z čehož lze usuzovat, že vliv dekomponovaného dřeva v substrátu je i v dalších letech růstu semenáčků nadále velmi významný.

Na rozdíl od nadzemních částí semenáčků, u kterých vlivem dekomponovaného dřeva v substrátu nedocházelo v sušině k žádným významným změnám, u sušiny koře-



4. Čerstvá hmotnost semenáčků smrku (g) z jednotlivých odběrů během prvního roku kultivace. Abscisa: termíny odběrů a pokusné varianty, ordináta: od nuly nahoru čerstvá hmotnost nadzemní části, od nuly dolů čerstvá hmotnost kořenů semenáčků. (Další viz text k obr. 1) The fresh weight of spruce seedlings (g) in different measurements during the first year of cultivation. Abscissa: sampling dates and experimental variants, ordinate: from the zero upwards the fresh weight of aboveground parts is represented, from the zero downwards the fresh weight of seedling roots. (For explanatory notes see Fig. 1)

nů se mezi jednotlivými pokusnými variantami projevily značné odlišnosti (obr. 5). Sušina kořenů se u varianty 100 koncem vegetační sezóny prudce zvýšila. U varianty 50 rovněž došlo ke zvýšení obsahu sušiny, ovšem později a nebylo tak výrazné.

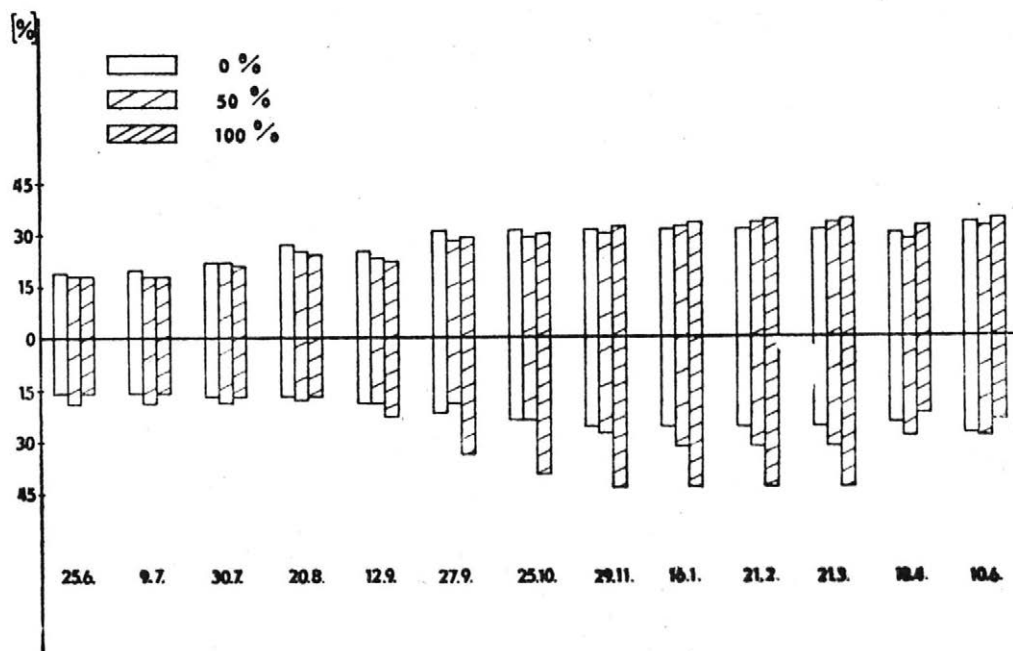
Poměr sušiny nadzemní části semenáčků k sušině jejich kořenů charakterizuje skutečnost, že semenáčky smrku, rostoucí v substrátech s dekomponovaným dřevem ukládají ke konci vegetační sezóny větší část vyprodukované sušiny do kořenů.

V průměrném přírůstku sušiny semenáčků smrku v přepočtu na jeden den se jednotlivé varianty substrátů značně odlišovaly, jak uvádí tab. IV.

Relativní růstová rychlost pokusných semenáčků v intervalech mezi odběry je znázorněna na obr. 6 (dolní polovina obrázku). Rozdíly mezi jednotlivými variantami nebyly velké, ale většinou dekomponované dřevo vyvolalo snížení rychlosti růstu.

Dekomponované dřevo v substrátu příznivě působilo na odolnost semenáčků smrku vůči mrazu. V tab. V jsou uvedeny počty zdravých a uhynulých semenáčků k datu 18. 4. 1985. Dekomponované dřevo v substrátu příznivě ovlivnilo přežití semenáčků smrku po vysokých mrazech.

Sezónní dynamika chlorofylu *a* a *b* v asimilačním aparátu je znázorněna na obr. 7. U všech pokusných variant měl průběh obsahu chlorofylu ve sledovaném období podobnou tendenci; křivky dosahovaly několika maxim a minim, která odpovídají degradaci asimilačních barviv v zimním období a jejich následné regeneraci v období vegetačním. U varianty 100 byly menší výkyvy této charakteristiky; grafické vyjádření sezónní dynamiky bylo plynulejší než u ostatních dvou variant. Pozoruhodné výsledky



5. Sušina semenáčků smrku z jednotlivých odběrů během prvního roku kultivace v procentech. Abscisa: termíny odběrů a pokusné varianty, ordináta: od nuly směrem nahoru sušina nadzemní části, od nuly dolů sušina kořenů semenáčků. (Další viz text k obr. 1) The dry matter of spruce seedlings in individual measurements during the first year of cultivation (%). Abscissa: sampling dates and experimental variants, ordinate: from the zero upwards the dry matter of aboveground parts is represented, from the zero downwards the dry matter of seedling roots. (For explanatory notes see Fig. 1)

IV. Průměrné denní přírůstky sušiny (absolutní) u semenáčků smrku přepočtené na 1 semenáček (nadzemní část + kořen) — Average daily (absolute) dry matter increments in spruce seedlings, converted per seedling (aboveground part + root)

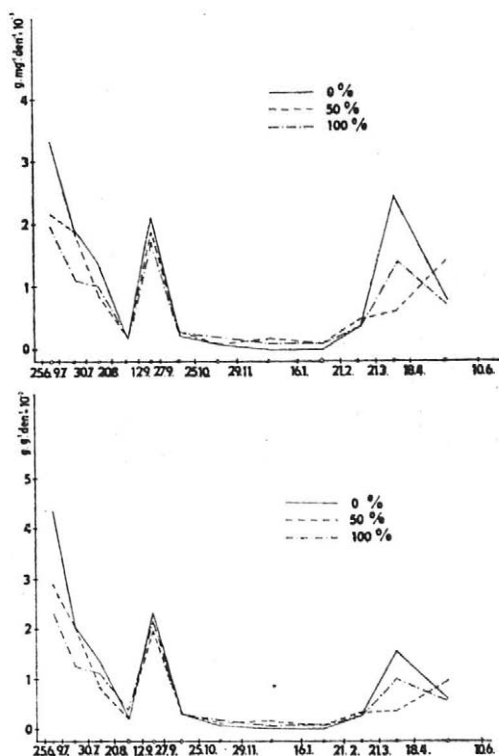
Varianta ¹	Přírůst sušiny v mg za den pro období ²					
	25. 6. — 20. 8. 84	20. 8. — 25. 10. 84	25. 10. 84 21. 2. 85	21. 2. — 18. 4. 85	18. 4. — 10. 6. 85	25. 6. 84 10. 6. 85
0	2,1	1,8	0,1	3,1	3,7	1,7
50	1,5	1,6	0,4	1,8	3,6	1,5
100	0,9	1,5	0,2	1,2	1,4	0,9

variant¹, dry matter increments in mg per day for the given season²

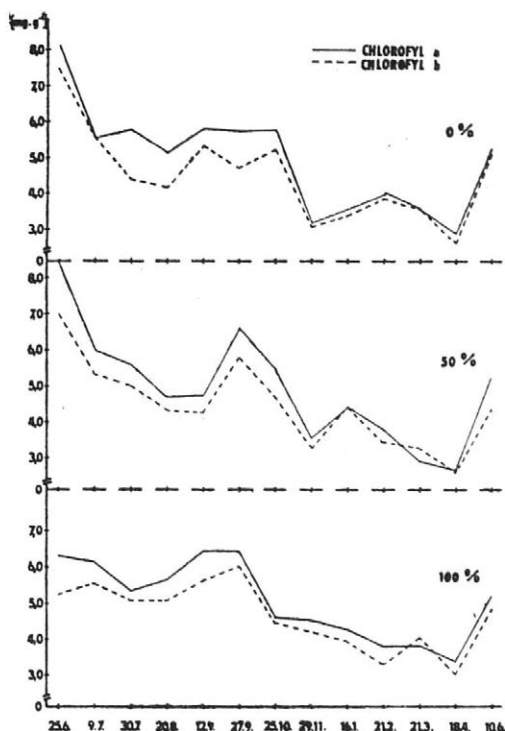
byly získány dne 21. 3. 1985, kdy u variant s dekomponovaným dřevem na rozdíl od varianty kontrolní byl obsah chlorofylu *b* vyšší než obsah chlorofylu *a*.

Obsah dekomponovaného dřeva v substrátech se nikterak neprojevil na poměru chlorofylu *a* : *b*. Tato charakteristika se po celou dobu trvání pokusu prakticky neměnila, jak je patrné z tab. VI.

Další studovanou charakteristikou byl čistý výkon asimilace. Hodnoty jsou graficky vyjádřeny na obr. 6 (horní polovina). V průběhu první vegetační sezóny se jednotlivé



6. Čistý výkon asimilace semenáčků smrku během prvního roku kultivace u jednotlivých pokusných variant (ordináta nahoře) a relativní růstová rychlost (ordináta dole). Abscisa: časové intervaly a jejich středy, ke kterým byly hodnoty vztaženy. Plně vytaženo varianta 0, čárkovaně varianta 50 a čerchovaně varianta 100 Net assimilation rate of spruce seedlings during the first year of cultivation in individual experimental variants (upper ordinate) and relative growth rate (lower ordinate). Abscissa: time intervals and their medians, to which the values were related. Solid line: variant 0, dashed line: variant 50 and dot-and-dash line: variant 100



7. Obsah chlorofylů a a b v asimilačních orgánech semenáčků smrku v mg na g sušiny (ordináta) v jednotlivých odběrech během prvního roku kultivace. Abscisa: termíny odběrů. Plná čára chlorofyl a, čárkovaná chlorofyl b. Horní obrázek varianta 0, prostřední varianta 50 a dole varianta 100 The content of chlorophylls a and b in the assimilating organs of spruce seedlings in mg per g dry matter (ordinate) in different measurements during the first year of cultivation. Abscissa: sampling dates. Solid line: chlorophyll a, dashed line: b. Upper graph: variant 0, middle graph: variant 50 and lower graph: variant 100

varianty v čistém výkonu asimilace od sebe příliš nelišily, i když nastalo určité snížení u variant s obsahem dekomponovaného dřeva v substrátu oproti kontrole. Avšak v začátku nové vegetační sezóny se rozdíly mezi variantami projeví výrazněji.

DISKUSE

Přítomnost dekomponovaného dřeva v substrátu vyvolala, u semenáčků smrku změny v základních růstových parametrech. Bylo-li jako substrát použito samotné dekomponované dřevo, působilo na délkový růst semenáčků i nárůst čerstvé hmotnosti inhibičně. Diference mezi variantou 0 a 100 v délce kořenů byly statisticky významné na hladině $P_{0,01}$ při všech odběrech, v délce nadzemní části od 30. 7. 1984. Samotné dekomponované dřevo snížilo statisticky významně i čerstvou hmotnost semenáčků na

V. Počet uhynulých a zdravých semenáčků smrku k 18. 4. 1985 — The number of withered and healthy spruce seedlings on the 18th April 1985

Varianta ¹	Celkový počet semenáčků ²		Procento uhynutí ⁵
	zdravých ³	uhynulých ⁴	
0	429	625	59,1
50	786	412	34,5
100	520	172	25,0

variant¹, total number of seedlings², healthy³, withered⁴, percent withering⁵

VI. Poměr chlorofylu *a* k chlorofylu *b* v asimilačních orgánech semenáčků smrku v průběhu prvního roku růstu — The chlorophyll *a* : *b* ratio in the assimilating organs of spruce seedlings during the first year of growth

Odběr ¹		Varianta ²		
		0	50	100
25. 6.	rok ³ 1984	1,09	1,21	1,21
9. 7.		1,00	1,12	1,11
30. 7.		1,32	1,12	1,06
20. 8.		1,23	1,09	1,11
12. 9.		1,09	1,11	1,15
27. 9.		1,22	1,12	1,07
25. 10.		1,11	1,16	1,02
29. 11.		1,03	1,09	1,07
16. 1.	rok ³ 1985	1,03	1,00	1,06
21. 2.		1,04	1,09	1,11
21. 3.		1,00	0,90	0,90
18. 4.		1,08	1,04	1,12
10. 6.		1,05	1,20	1,07

sampling¹, variant², year³

hladině významnosti $P_{0,01}$. Tyto výsledky téměř beze zbytku odpovídají zjištěním z výše uvedených prací. Jinak reagovaly semenáčky na směs dekomponovaného dřeva s minerální zeminou. Ta působila u kořenového systému na délkový růst i nárůst čerstvé hmotnosti stimulačně, zatímco u nadzemní části byl růst oproti kontrole mírně zpomalen. Difference v délce kořenů varianty 0 a 50 byly statisticky významné při hladině $P_{0,01}$ od 12. 9. 1984, čerstvá hmotnost kořenového systému byla u varianty 50 při všech odběrech vždy významně vyšší než u kontroly při hladině $P_{0,01}$. K podobným výsledkům o stimulaci růstu kořenů u varianty 50 dospěla i Červená (1979). Naproti tomu u délky nadzemní části byly difference mezi variantou 0 a 50 statisticky nevýznamné, ale čerstvá hmotnost semenáčků varianty 50 byla již od prvního odběru významně nižší než u kontroly na hladině $P_{0,01}$. To je v souladu se závěry předcházejících prací (např. Červená,

1979; Penka a Červená, 1984), kde byl zjištěn stimulační efekt dekomponovaného dřeva v substrátu u délkového růstu až ve třetím roce.

Procentické zastoupení sušiny v semenáčcích smrku pěstovaných v substrátech s dekomponovaným dřevem ve srovnání s kontrolou (varianta 0) prakticky nezměnilo během vegetační sezóny. Obsah dekomponovaného dřeva v substrátu způsobil přesun sušiny z nadzemní části do kořene v období vegetačního klidu. Tuto skutečnost lze dát do souvislosti s odolností semenáčků vůči suchu. Rypáčková (1977) zjistila, že nadzemní části semenáčků smrku pěstované v takových substrátech vydávaly ke konci vegetačního období vodu rychleji než semenáčky pěstované v minerální zemině.

Přítomnost dekomponovaného dřeva v substrátu mění také morfologii kořenového systému. Na obr. 3 je vidět, že 50 objemových procent dekomponovaného dřeva v substrátu vyvolalo bohatší větvení hlavního kořene a celý kořenový systém byl delší. To zcela souhlasí s tím, co na jiném rostlinném materiálu zjistil Sladký (1959). Jestliže však semenáčky byly kultivovány v samotném dekomponovaném dřevu, hlavní kořen brzo zastavil svůj růst a vytvořené postranní kořeny byly mnohem tenší než v ostatních variantách. Ke shodným výsledkům u semenáčků smrku dospěl také Eichrodt (1970).

Zjištěný obsah chlorofylů byl o něco vyšší než bývá pro jehličnany uváděno. Tak např. Kolovskij (1963) uvádí 0,3 až 0,6 % chlorofylu v sušině, Lyr a spol. (1967) 0,3 až 1,0 % pro všechny dřeviny. Horntvedt (1983) zjistil u adultních jedinců smrku v jedno- a dvouletém jehličí 2 až 3 mg chlorofylu na 1 g sušiny. Při procentickém vyjádření obsahu chlorofylu se námi naměřené hodnoty pohybují okolo 1 % podle stáří semenáčků, s výjimkou prvního odběru, kdy činily 1,5 % u všech variant. Zvýšení obsahu chlorofylu lze vysvětlit tím, že semenáčky byly kultivovány ve stínu. To by podporovaly analýzy, které prováděl Paule (1977). V jehličí zastíněných jedlí naměřil až o 84 % vyšší obsah chlorofylu ve srovnání s těmi, které rostly na plném slunci. Rovněž Červená (1979) uvádí u semenáčků smrku obecného, pěstovaných ve stínu, zvýšený obsah chlorofylu v asimilačních orgánech.

Poměr chlorofylu $a : b$ se po celou dobu pokusu prakticky neměnil. Koch (1976) u smrku nenalezl žádné rozdíly v poměru obou chlorofylů, ať bylo jehličí různě staré, nebo sbíráno v různou roční dobu. Přítomnost dekomponovaného dřeva v kultivačním substrátu tento poměr také neovlivnila.

Literatura

- CETL, I.: Návrh jednoduché metody k zjišťování odolnosti vůči suchu. Čs. biologie, 2, 1953, s. 361–369.
- ČERVENÁ, M.: Růstová reakce semenáčků smrku ztepilého na produkty hnědé hniloby dřeva. [Kandidátská dizertační práce]. VŠZ, Brno 1979.
- ČERVENÁ, M.: Některé fyziologické reakce semenáčků smrku na přítomnost dřeva rozloženého hnědou hnilobou. In: Zborník referátov z konferencie mladých vedeckých pracovníkov a aspirantov v lesníctve, VŠLD Zvolen, 1980, s. 253–259.
- ČERVENÁ, M.: Inhibiční vliv dřeva rozloženého hnědou hnilobou na klíčení semen lesních dřevin. In: Sborník referátů z konference mladých vědeckých pracovníků v lesnictví, VŠZ Brno, 1982, s. 34–43.
- ČERVENÁ, M. — RYPÁČEK, V.: Formation of humus substances in the course of wood decomposition by fungi. Drev. Výsk., 118, 1988, s. 1–14.
- EICHRODT, R.: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung in subalpinen Fichtenwald. Bhf. Z. Schweiz. Forstvereins, 45, 1970, s. 1–122.
- GUMIŃSKI, S. — SULEJ, J. — GLABISZEWSKI, J.: Influence of sodium humata on the uptake of some ions by tomato seedlings. Acta Soc. bot. Pol., 2, 1983, s. 149–164.
- HORNTVEDT, R.: Seasonal variations in dry weight, chlorophyll and soluble carbohydrate content of Norway spruce needles (*Picea abies*) L. (Karst.). Medd. Nor. inst. skogforsk., 38, As, 1983, s. 1–14.
- KOCH, W.: Blattfarbstoffe von Fichte (*Picea abies*) L. (Karst.) in Abhängigkeit vom Jahresgang, Blattalter und Typ. Photosynthetica, 10, 1976, s. 280–290.

- KOLOVSKIJ, R. A.: Charakteristika podrosta kedra i pichy pod pologom lesa i na vyrubke v severnych otrogach zapadnogo Sajana. Tr. Inst. Lesa Dreves., 60, 1963, s. 26–35.
- KOTLABA, F.: Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů (*Polyporales*) v Československu. Praha, Academia, 1984.
- LYR, H. — POLSTER, H. — FIEDLER, H. J.: Gehölzphysiologie. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1967.
- PAULE, L.: Content of pigments in assimilatory organs of silver fir. (*Abies alba* Mill.). Biológia, Ser. A. Bot., 32, 1977, s. 729–737.
- PÁŘEZ, J.: Základy pro určení kvantitativních ztrát dřeva při těžbě ve smrkových a borových porostech. Lesnictví, 24, 1978, s. 51–67.
- PENKA, M.: Hodnocení půdní vody z biologického hlediska metodou vysychacích křivek. Čs. biologie, 5, 1956, s. 105–116.
- PENKA, M. — ČERVENÁ, M.: Vliv dřeva dekomponovaného hnědou hnilobou na odolnost semenáčků smrku vůči suchu. In: Struktura, funkce a produktivita modelových lesních ekosystémů ovlivňovaných uvědomělou antropickou činností, VŠZ Brno, 1978, s. 277–282.
- PENKA, M. — ČERVENÁ, M.: Fyziologické procesy v lesních ekosystémech. [Závěrečná zpráva výzkumného úkolu VI-2-2. 6]. LF VŠZ Brno, 1980.
- PENKA, M. — ČERVENÁ, M.: Changes in growth resistance of young spruce seedlings (*Picea abies*) L. (Karst.) in dependence on the content of decomposed wood in substrate. Folia Dendrol., 11, 1984, s. 37–59.
- PRÁT, S.: Humus a jeho význam. Praha, nakl. ČSAV, 1964.
- RYPÁČEK, V.: Biologie holzzerstörender Pilze. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1966.
- RYPÁČEK, V. — RYPÁČKOVÁ, M.: Brown rot of wood as a model for studies of lignocellulose humifications. Biologia Plant., 17, 1975, s. 452–457.
- RYPÁČKOVÁ, M.: Vliv dřeva dekomponovaného hnědou hnilobou na odolnost mladých semenáčků smrku vůči suchu. In: Fotosyntéza a vodný režim dřevin. In: Sborník referátů dendrofyziol. semináře, Modra-Piesky, 1977, s. 92–98.
- SLADKÝ, Z.: The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. Biologia Plant., 1, 1959, s. 142–150.
- ŠESTÁK, Z.: Základní metody studia a stanovení chlorofylů. In: Šesták, Z. a spol.: Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Praha, Academia, 1966, s. 335–366.
- TICHÝ, V.: Mineral nutrition of plants as related to the soil organic matter. III. Iron uptake, distribution and utilization in maize. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brunensis, č. 3–4 (Biologia), 1981, s. 197–206.
- VERNON, L. P.: Spectrophotometric determination of chlorophylls in plant extracts. Analyt. Chem., 32, 1960, s. 1144–1150.

Došlo 3. 11. 1989

PODRACKÁ, O. — ČERVENÁ, M. (Institute of Forest Ecology, University of Agriculture, Brno, Forest Management Institute, Brno): *Changes in the physiological processes of Norway spruce seedlings induced with brown-rot decomposed timber*, Lesnictví, 37, 1991 (2): 97–107.

The seedlings of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. were cultivated in sand cultures with differentiated amounts of pulverized brown-rot decomposed spruce timber. Brown-rot decomposed timber induced in the seedlings changes in the basic growth parameters. If only decomposed timber was used as a substrate, the growth of seedlings was largely inhibited, and this inhibition increased during the trial. A mixture of mineral soil and decomposed timber at the ratio of 1 : 1 permanently stimulated the seedling growth: it stimulated first of all the growth in the root part, the response of which to the substrate composition was most sensitive. In the resting period, a significant shift of dry matter from the aboveground parts of seedlings to the roots occurred in variants 50 and 100. The presence of decomposed timber in the substrate was manifested as changes in the root system morphology. In decomposed timber as the only component of substrate, the growth of main root was inhibited completely and the lateral roots were short and thin. Fifty volume percent of decomposed timber used in the substrate induced the rich branching of main root; the roots of this variant were always longer than the roots of the control variant. The decomposed timber in substrate did not influence the chlorophyll content in assimilating organs. Neither did the chlorophyll *a* : *b* ratio change. Decomposed timber increased the resistance of spruce seedlings to frost; this was manifested in the higher percent survival of seedlings grown in variants 50 and 100.

humus substances; chlorophyll content; seedling growth; Norway spruce

Adresy autorů:

Ing. Oldřiška Podracká, Ústav hospodářské úpravy lesů, pracoviště Vrázova 1, 616 00 Brno,
RNDr. Marie Červená, CSc., Ústav ekologie lesa VŠZ, 644 00 Brno — Soběšice

UPOZORNĚNÍ PRO PŘÍSPĚVOVATELE A ČTENÁŘE ČASOPISU LESNICTVÍ

Pro lepší zpřístupnění výsledků československého výzkumu zahraničním odběratelům rozhodla redakční rada časopisu Lesnictví počínaje ročníkem 1991 uveřejňovat rozšířené, podrobně zpracované (s odkazy na tabulky a obrázky), souhrny v angličtině. Od ročníku 1992 budou tyto souhrny podmínkou pro přijetí příspěvku do tisku.

Proto žádáme autory našeho časopisu, aby příspěvky zasílané do redakce vybavili kratším souhrnem, který bude publikován v češtině, a dále delším souhrnem v rozsahu 2,5 až 3 rukopisných stran), který bude přeložen do angličtiny. Autor může k příspěvku přiložit i souhrn v angličtině, popř. pouze anglický terminologický slovníček.

Doufáme, že toto opatření se setká s příznivým ohlasem jak u autorů, tak i u čtenářů našeho časopisu.

Redakce časopisu

ANALÝZA VYBRANÝCH PARAMETRŮ FOTOSYNTETICKÉ AKTIVITY SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.)

M. Marek, D. Janouš, I. Marková

MAREK, M. — JANOUŠ, D. — MARKOVÁ, I. (Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Brno): *Analýza vybraných parametrů fotosyntetické aktivity smrku ztepilého (Picea abies (L.) Karst.)*. Lesnictví, 37, 1991 (2): 109–116.

Rozdílné podmínky pro distribuci fotosynteticky aktivní radiace (FAR) v korunové vrstvě jsou příčinou funkční stratifikace fotosyntetické produkce. Parametry fotosyntetické aktivity jsou výrazně vertikálně diferencované. Tato vertikální diferencovanost se odráží nejen v absolutních hodnotách některých charakteristik (např. rychlost fotosyntézy), ale i v rozdílné výkonnosti a adaptaci jednotlivých sledů reakcí, které jsou součástí fotosyntézy. Nejvyšší fotosyntetická aktivita je soustředěna do svrchních částí korun. Tato fotosyntetická aktivita je výsledkem účinnosti s jakou pracuje karboxylační aparát jehlic. Dokonalá adaptace na stín, která je zvláště výrazná u jehlic spodní korunové zóny, je příčinou dostatečného využívání FAR i velmi nízkých intenzit. Procesy spojené s fixací oxidu uhličitého jsou však u nich méně účinné než u svrchních částí korun. Vertikální topografie fotosyntetické aktivity v korunách smrku ztepilého ukazuje na rozdílnou adaptaci fotochemické a biochemické složky fotosyntézy na radiační poměry v koruně.

fotosyntetická charakteristika; biochemie fotosyntézy; smrk ztepilý

Lesní hospodářství stojí v současnosti před závažnými úkoly, které vyplývají především z důsledků zvýšeného imisního zatížení a z požadavků společnosti kladené na funkce lesa. Řešení těchto problémů souvisí s intenzifikací všech hospodářských činností v lese. Intenzifikace se nevyhne ani těm oborům lesnické činnosti, které obecně shrnujeme pod pojem „biologické lesnické disciplíny“. Především to platí pro obor pěstování lesa, který by se měl více přiblížit ekologickým požadavkům, tzn. měl by více využívat poznatků systémové a produkční ekologie.

V oboru pěstování lesa to znamená studovat funkční stránku produkčních procesů lesních dřevin. Získané znalosti mohou být vodítkem k rozpracování pěstebních přístupů, které plně respektují zákonitosti fyziologické podstaty produkce lesních porostů.

Jedním z přístupů k řešení této problematiky je studium fotosyntetické aktivity porostů lesních dřevin, která je podstatou tvorby nové biomasy. Údaje o fotosyntetické aktivitě porostů lesních dřevin, a jehličnanů zvláště, jsou však dosud nedostatečné (Linder, 1979). Ke studiu fotosyntetické aktivity lesních dřevin jsou vhodné gazometrické metody, které jsou založeny na stanovení výměny oxidu uhličitého asimilačním aparátem rostlin a okolní atmosférou. Při použití vhodných matematických modelů jsou výsledky gazometrických metod využitelné i pro interpretaci dílčích procesů fotosyntézy, jako jsou například biochemické děje (von Caemmerer a Farquhar, 1981).

Tento příspěvek je součástí rozsáhlých studií vertikální topografie fotosyntetické charakteristiky v korunách vzrostlých jedinců smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Výzkumy probíhají současně s obvyklým hodnocením pěstebních opatření na stálých výzkumných pěstebních plochách.

Výsledky byly získány na výzkumném stacionáru Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech. Zřízení stacionáru v této oblasti je součástí dlouhodobého projektu vědecko-realizačního sdružení, který je zaměřen na sledování negativních vlivů průmyslových emisí na lesy Beskyd. Výzkumný stacionár je určen souřadnicemi $49^{\circ}30'17''$ s.š. a $18^{\circ}32'28''$ v.d. a leží na horském hřebeni v nadmořské výšce 943 m. Geologickým podkladem je druhohorní godulský pískovec, na němž jsou vyvinuty písčitohlinité středně hluboké půdy. Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek v této oblasti činí 1400 mm a průměrná roční teplota je $4,5^{\circ}\text{C}$ (Atlas podnebí Československé republiky, 1958). Porost na stacionáru je tvořen smrkovou monokulturou vysazenou v roce 1958. Průměrná výška porostu je 16 m, průměrná výčetní tloušťka činí 14,2 cm (údaje z roku 1988). V roce 1986 bylo v porostu založeno pět výzkumných ploch. Plochy byly vybrány, vytýčeny a podrobně změněny pracovníky katedry pěstění a zakládání lesa VŠZ v Brně. V roce 1987 byla ve třech plochách uskutečněna úrovnňová probírka, při které bylo zredukováno 17 % celkové zásoby dřevní hmoty.

Pro ekofyziologické výzkumy byly na stacionáru postaveny dvě dřevěné měřicí věže (obr. 1). První věž je postavena na kontrolní ploše a druhá na ploše s vykonanou probírkou. Věže jsou umístěny tak, aby bylo možné pracovat se skupinou stromů, která obsahuje stromy jednotlivých sociálních tříd porostu (tj. typicky nadúrovnňový, úrovnňový a podúrovnňový strom).

Od roku 1988 se na výzkumném stacionáru pravidelně měří fotosyntetická aktivita, mikroklima korun, distribuce asimilačního aparátu, architektura korun a procesy tvorby dřeva. Měří se v průběhu čtrnáctidenních expedic v každém měsíci vegetační sezóny, tj. čuběn až říjen. (Podrobnosti viz Kratochvílová et al., 1989; Marek, 1990 a Marek et al., 1989b). V tomto příspěvku jsou uvedeny výsledky z roku 1988 získané na ploše s vykonaným pěstebním zásahem.

Hlavní pozornost je soustředěna na korunovou vrstvu sledovaného porostu, rozdělenou do tří korunových zón, které jsou vymezeny morfologickými a funkčními parametry (Norman a Jarvis, 1974). Základem pro vymezení korunových zón byla stanovená distribuce FAR v průběhu dne a vegetační sezóny (Kratochvílová et al., 1989). První korunová zóna byla vymezena terminálem nejvyššího stromu a 83 % střední výšky studované skupiny. Střední korunová zóna má spodní hranici v 63 % střední výšky stromů a spodní korunová zóna byla vymezena spodní hranicí korunové vrstvy v 50 % střední výšky stromů ve sledované skupině.

Stanovení fotosyntetické aktivity v průběhu vegetační sezóny nesmí být ovlivněno ontogenetickým vývojem jehlic. Proto se měření uskutečňují na jehlicích předcházejícího roku, neboť ty už jsou fyziologicky vyspělé (Troeng a Linder, 1982). K měření byl použit přenosný gazometrický systém LI-6200 (LI-COR., USA), který umožňuje práci v korunách stromů bez oddělení měřeného letorostu od mateřského stromu. (Podrobný popis Marek a Lomský, 1987; Marek et al., 1988; Marek et al., 1989a).

Z měření v průběhu roku zde uvádíme výsledky konané v měsíci srpnu 1988, zejména závislosti rychlosti fotosyntézy na měnící se koncentraci oxidu uhličitého v intercelulárním prostoru jehlic, tzv. CO_2 -křivky fotosyntézy. Ostatní parametry prostředí byly během měření udržovány na stejné úrovni (tab. I). Měřilo se v intervalu koncentrací CO_2 od 0 do $1000\text{ cm}^3(\text{CO}_2)\text{ m}^{-3}$, dosahovaným umělým dosycováním gazometrického systému LI-6200 potřebným množstvím CO_2 (zdroj tlaková láhev s čistým CO_2). Pro tyto účely má systém LI-6200 ventil, který umožňuje otevření systému a doplnění potřebným množstvím CO_2 . CO_2 -křivky fotosyntézy se měřily při konstantním příkonu zářivé energie, použitím umělého zdroje (reflektor s vysokotlakou výbojkou 1000 W).

Výsledky závislosti rychlosti fotosyntézy (P_N) na koncentraci CO_2 byly zpracovány s využitím matematického modelu (Thornley, 1976; Kotvalt a Háek, 1987), který popisuje závislost P_N na CO_2 nerovnoosou hyperbolou a má fyziologicky interpretovatelné parametry: $P_{N\text{max}}$ ($\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) maximální rychlost fotosyntézy, Γ_c ($\text{cm}^3(\text{CO}_2)\text{ m}^{-3}$)- CO_2 kompenzační bod, tj. koncentrace oxidu uhličitého, při které jsou procesy příjmu a výdeje CO_2 v rovnováze, g_m ($\text{mmol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) – vodivost mezofylu pro CO_2 , ϕ (bezrozměrný) – parametr konvexity, tj. rychlost nasycení CO_2 -křivky fotosyntézy. (Podrobnosti Marek, 1983). Hlavní výhodou uvedeného modelu, který byl zapracován do uživatelského programu FOTOS (Pirochťová a Marek v tisku), je možnost zpracovávat data získaná v reálných podmínkách, která ne vždy plně pokrývají celý interval sledované závislosti a často jsou ve formě „shluků bodů“. Uživatelský program FOTOS z těchto shluků bodů vytvoří plnou funkční závislost a podle výše uvedeného modelu umožní výpočet důležitých parametrů fotosyntetické charakteristiky. Takto vypočtené CO_2 -křivky fotosyntézy byly dále využity pro hlubší analýzu procesů fixace CO_2 . Byl použit model von Caemmerera a Farquhara (1981), který vychází z předpokladu, že rychlost fotosyntézy je limitována kinetikou enzymu ribulosa-1,5-bisfosfát karboxyláza/oxygenáza (RuBPCO) při nízkých koncentracích CO_2 a rychlosti podmíněnou regenerací akceptoru CO_2 (ribulosa bisfosfátu, RuPB) při vysokých koncentracích CO_2 . Převod měřené rychlosti fotosyntézy letorostu na rychlost karboxylace uvedeného

I. Přehled mikroklimatických parametrů v asimilační komoře pro jednotlivá měření fotosyntetické aktivity smrku ztepilého a jednotlivé korunové zóny – Microclimatic characteristics in an assimilation chamber for the measurements of photosynthetic activity in Norway spruce and for the tree crown layers

Parametr ¹	Počet měření ²	Korunová zóna ³		
		svrchní ⁴	střední ⁵	spodní ⁶
Fotosynteticky aktivní radiace [$\mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$] ⁷	70	700 ± 11	696 ± 16	710 ± 21
Relativní vlhkost [%] ⁸	70	72,8 $\pm 2,0$	70,4 $\pm 1,8$	74,4 $\pm 2,4$
Teplota listu [$^{\circ}\text{C}$] ⁹	70	22,5 $\pm 0,7$	20,5 $\pm 0,8$	22,3 $\pm 0,5$

parameter¹, number of measurements², tree crown layer³, upper⁴, middle⁵, lower⁶, photosynthetically active radiation⁷, relative humidity⁸, leaf temperature $^{\circ}\text{C}$ ⁹

enzymu je založena na výpočtu kompenzačního bodu CO_2 , Γ_{C}^* (Laisk, 1977). Tento parametr se liší od klasického CO_2 kompenzačního bodu Γ_{C} tím, že je zahrnut pouze výdej CO_2 na světlo, neboli „denní respirace“ (R_{D}'), tedy pouze procesy disimilace odlišné od fotorespiračního cyklu (bližší vysvětlení Marek, 1983). Hodnoty Γ_{C}^* a R_{D}' byly stanoveny v srpnu 1989 pro jednotlivé korunové zóny přímo v terénu. Podle vztahu mezi rychlostí fotosyntézy (P_{N}) a intercelulární koncentrací oxidu uhličitého (C_{i}) při nízkých hodnotách FAR tj. 360, 230 a 140 $\mu\text{mol kvant m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Jednotlivých hodnot FAR bylo dosahováno rozdílnou vzdáleností mezi zdrojem světla a asimilační komorou, ve které byl uzavřen měřený letorost. Křivky závislosti P_{N} a C_{i} jednoho letorostu změřené při třech hodnotách FAR se protínají v jednom bodě, který určuje hledanou hodnotu Γ_{C}^* a R_{D}' (Brooks a Farquhar, 1985).

Hodnoty Γ_{C}^* a R_{D}' byly stanoveny pro pět letorostů v každé korunové zóně v pěti opakováních pro každý letorost. Z Γ_{C}^* a R_{D}' byly vypočteny rychlosti karboxylace enzymu RuBPCO. Výpočet vychází z rovnice pro rychlost fotosyntézy (Brooks a Farquhar, 1985):

$$P_{\text{N}} = V_{\text{C}} - 0,5 V_{\text{o}} - R_{\text{D}}',$$

kde: V_{C} je rychlost karboxylace enzymu RuBPCO, V_{o} je rychlost oxidace tohoto enzymu

pro karboxylaci oxidu uhličitého, při které je karboxylace RuBPCO rovna jeho oxidaci platí, že: $V_{\text{C}} = 0,5 V_{\text{o}}$. Rychlost fotosyntézy pak může být vyjádřena: $P_{\text{N}} = V_{\text{C}} \cdot (1 - \Gamma_{\text{C}}^* \cdot C_{\text{i}}) - R_{\text{D}}'$. Rovnice je základem pro výpočet rychlosti karboxylace RuBPCO, jsou-li známy hodnoty Γ_{C}^* , R_{D}' , C_{i} a P_{N} . Na základě těchto hodnot je možné vypočítat i další složky zúčastněné v procesech fixace oxidu uhličitého (Brooks a Farquhar, 1985):

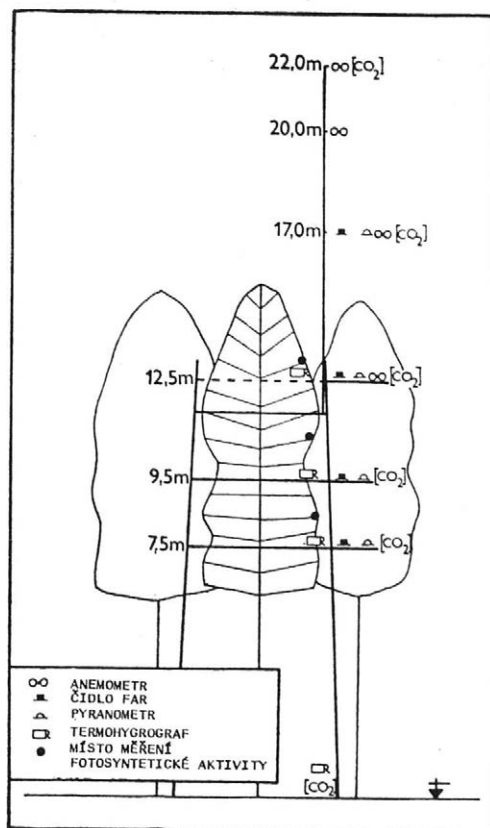
1. rychlost regenerace akceptoru CO_2 tj. RuBP: $V_{\text{r}} = (1 + F) \cdot V_{\text{C}}$,
kde: $F = 2 \Gamma_{\text{C}}^* / C_{\text{i}}$,

2. rychlost tvorby glycinu: $V_{\text{g}} = F \cdot V_{\text{C}}$.

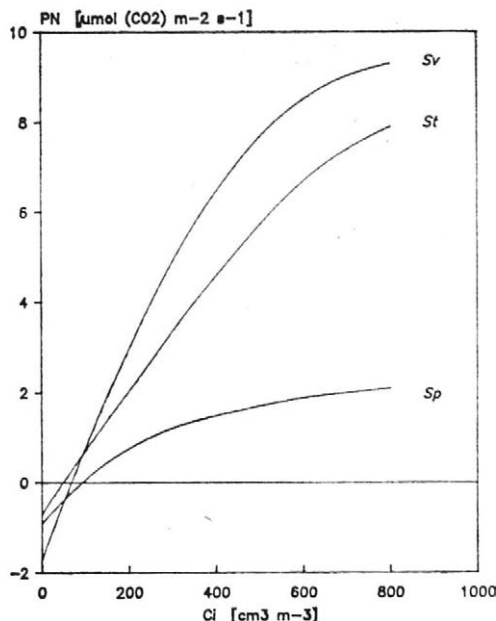
Vypočtených parametrů je možné použít i pro stanovení fotochemických reakcí fotosyntézy. Aktuální rychlost přenosu elektronů (J_{a}), která je výsledkem fotochemických reakcí vyplývající z procesů zachytu kvant zářivé energie chlorofylovými centry, je (Farquhar a kol., 1980; Shavit, 1980):

$$J_{\text{a}} = 4,5 \frac{C_{\text{i}} + 7 \Gamma_{\text{C}}^* / 3}{C_{\text{i}} - \Gamma_{\text{C}}^*} \cdot (P_{\text{N}} - R_{\text{D}}').$$

Rychlost karboxylace, která je limitována transportem elektronů z fotochemických reakcí, je (von Caemmerer a Farquhar, 1981): $J_{\text{ac}} = J_{\text{a}} \cdot (4,5 + 10,5 \Gamma_{\text{C}}^* / C_{\text{i}})$. Uvedené vztahy byly použity pro zpracování výsledků měření závislosti rychlosti fotosyntézy na intercelulární koncentraci CO_2 pro tři korunové zóny smrku ztepilého.



1. Schema měřicí věže a uspořádání měřišť —
Diagramme of an measuring tower and location
of measuring devices



2. Závislost rychlosti fotosyntézy (P_N) na inter-
celulární koncentraci CO_2 ve vnitřním prostoru
jehlic (C_i). Sv - svrchní korunová zóna; St -
střední korunová zóna; Sp - spodní korunová
zóna. Podmínky měření jsou v tab. I; uvedené
závislosti jsou vypočtené s pomocí matematického
modelu (Thornley, 1976; Kotvalt a Hák,
1987) — A dependence of photosynthesis rate
(P_N) on the intercellular concentration of CO_2
inside the needles (C_i). Sv - upper layer;
St - middle layer; Sp - lower layer. The con-
ditions of measurements are presented in Tab.
I; the dependences were calculated from a ma-
thematical model (Thornley, 1976; Kotvalt
and Hák, 1987)

VÝSLEDKY A DISKUSE

Závislost mezi P_N a C_i je odlišná pro jednotlivé korunové zóny (obr. 2). Závislosti jsou vypočteny s využitím matematického modelu (Thornley, 1976; Kotvalt a Hák, 1987), platnost vypočtených křivek je určena indexem determinace, který je pro každou křivku blízký hodnotě jedna. P_N při saturační koncentraci CO_2 (P_{Nmax}) je výsledkem kapacity regenerace RuBP (von Caemmerer a Farquhar, 1981). Assimilační aparát jehlic v různých korunových zónách má odlišný potenciál pro fixaci oxidu uhličitého (obr. 2), neboť hodnoty P_{Nmax} jsou výrazně odlišné pro sledované korunové zóny. Vzhledem k tomu, že letorosty v koruně jsou vystaveny značným rozdílům v množství dopadající FAR (Kratochvilová et al., 1989), a tedy jsou i různou měrou adaptovány na světelné prostředí, výkonnost procesů zahrnutých do fixace CO_2 je značně rozdílná (Björkman, 1981). To je možné dokumentovat hodnotami Γ_c (tab. II). Počáteční sklon závislosti P_N na C_i odpovídá hodnotám vodivosti mezofylu g_m (Ludlow a Jarvis, 1971; Peisker, 1976), která je výrazem aktivity enzymového aparátu fixace CO_2 . Pozice letorostu v koruně je spojena s výraznými rozdíly v hodnotách g_m (tab. II). g_m letorostů ze spodní korunové zóny činí 34 % a g_m letorostů svrchní a střední koro-

II. Parametry fotosyntetické charakteristiky stanovené v srpnu 1988 — The photosynthetic characteristics determined in August 1988

Γ_c [$\text{cm}^3 (\text{CO}_2) \text{m}^{-3}$]	— kompenzační CO_2 koncentrace ¹
Γ_c^* [$\text{cm}^3 (\text{CO}_2) \text{m}^{-3}$]	— kompenzační CO_2 koncentrace při absenci fotorespirace ²
g_m [$\text{mmol} (\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$]	— vodivost mezofylu pro CO_2 ³
R_D , V_c , RuBP_t , GLYC_t [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]	— rychlost denní respirace, rychlost tvorby ribulosa bisfosfátu a spotřeby glycinu ⁴
J_a , J_{ac} [$\mu\text{e m}^{-2} \text{s}^{-1}$]	— aktuální rychlost přenosu elektronů, rychlost karboxylace limitovaná přenosem elektronů ⁵

	Γ_c	Γ_c^*	g_m	R_D	V_c	RuBP_t	GLYC_t	J_a	J_{ac}
Svrchní zóna ⁶	56,2	33,33	23,7	1,07	7,39	9,36	1,97	44,9	7,61
Střední zóna ⁷	48,1	48,1	14,6	0,65	5,00	6,65	1,65	32,1	5,1
Spodní zóna ⁸	79,3	63,3	8,1	0,12	2,08	3,32	1,23	16,3	2,13

compensation CO_2 concentration¹, compensation CO_2 concentration at photorespiration absence², mesophyll conductivity of CO_2 ³, day respiration rate, rate of ribulose biphosphate production and glycine consumption⁴, actual rate of electron transfer, electron-transfer limited carboxylation rate⁵, upper layer⁶, middle layer⁷, lower layer⁸

nové zóny je 55 %. Obdobné hodnoty g_m pro smrk ztepilý uvádí Helms (1976), Kull a Koppel (1987). Velikost reakcí listového mezofylu, které kontrolují fotosyntetickou aktivitu, má výraznou vertikální diferenciaci. Obdobné výsledky o vertikální distribuci hodnot g_m v koruně stromů uvádí Troeng a Linder (1982) pro letorosty borovice lesní.

Model fotosyntézy publikovaný autory von Caemmerer a Farquhar (1981) byl vybrán pro popis a hodnocení parametrů fotosyntetické aktivity. Model vychází z kinetických rovnic enzymových reakcí a vytváří vhodné spojení mezi popisem biochemických procesů fotosyntézy a gazometrickým sledováním ekofyziologie fotosyntézy. Model je založen na stechiometrii karboxylace a elektronového transportu. Parametry nutné pro aplikaci modelu je možné získat přímo v terénu s využitím gazometrických metod a používaného přenosného systému pro měření fotosyntézy LI-6200. V tab. II jsou shrnuty výpočty parametrů modelu pro hodnotu C_i , odpovídající obvyklému množství CO_2 ve vzduchu, tj. $330 \text{ cm}^3 (\text{CO}_2) \text{m}^{-3}$. Hodnoty C_i jsou však rozdílné pro jednotlivé korunové zóny, což je výsledek rozdílných reakcí průduchů v jednotlivých částech korun. Průduchy ovlivňují množství CO_2 , které se difuzí dostává do jehlic. Pro dané experimentální podmínky (tab. I) a koncentraci CO_2 ve vnější atmosféře $330 \text{ cm}^3 (\text{CO}_2) \text{m}^{-3}$ činí odpovídající hodnoty C_i pro spodní, střední a svrchní korunovou zónu 210, 250 a $290 \text{ cm}^3 \text{CO}_2 \text{m}^{-3}$. To znamená, že průduchový aparát jehlic spodní korunové zóny omezuje difuzi CO_2 z vnější atmosféry. Výsledkem je pak nižší hodnota C_i . Hodnoty Γ_c^* jsou srovnatelné s údaji pro jiné dřeviny (Laisk, 1977; Wang, 1988). Poloha letorostu v koruně se odráží v rozdílných hodnotách Γ_c^* (tab. II). Vyšší fotosyntetická produkce letorostů ze svrchní korunové zóny je spojena s větším podílem uvolněného CO_2 na světle. To je důsledek rozdílu v hromadění sacharidů, které jsou primárními produkty fotosyntetické fixace. Vyšší fotosyntetická produkce vede ke zvýšené tvorbě sacharidů. Tím je vytvořen substrát, který je ihned zčásti spotřebováván procesy respirace (tj. glykolýzy a oxidativní fosforylace).

Jsou-li pro dané letorosty z jednotlivých korunových zón známy hodnoty Γ_c^* a R_D , pak je možné výše popsaným postupem vypočítat rychlost karboxylace enzymu RuBPCO pro jednotlivé hodnoty C_i a jim příslušející P_N (Obr. 2, tab. II). Takové výpočty jsou využitelné pro biochemickou interpretaci gazometrických měření. Hodnoty

rychlosti karboxylace (V_c) pro jednotlivé korunové zóny jsou rozdílné (tab. II). Björkman et al. (1972) uvádí výrazné rozdíly v karboxylační aktivitě RuBPCO u rostlin rostoucích při nízkých a vysokých ozářeních. Obdobná situace je u letorostů jednotlivých korunových zón, které jsou vystaveny působení rozdílných hodnot FAR. Karboxylační aktivita enzymu RuBPCO klesá s klesající polohou letorostu v koruně. Stanovené hodnoty V_c pro dané C_1 a FAR jsou srovnatelné s výsledky pro letorosty smrku Sitky (Wang, 1988). Na základě výše uvedených způsobů stanovení hodnot Γ_c^* , R_D' a V_c je možné pro jednotlivé hodnoty C_1 a jim příslušející P_N (tab. II) vypočítat vybrané parametry Calvinova a fotorespiračního cyklu (Brooks a Farquhar, 1985). Rychlost tvorby a spotřeby RuBP činí 126, 133 a 159 % rychlosti karboxylace V_c u letorostů svrchní, střední a spodní korunové zóny. Rychlost tvorby a spotřeby glycinu, konečného produktu fotorespiračního cyklu (Marek, 1983), tvoří 26 %, 33 % a 59 % rychlosti karboxylace asimilačního aparátu jehlic ze svrchní, střední a spodní korunové zóny. Karboxylační aparát jehlic svrchní korunové zóny využívá tedy efektivnější primární akceptor pro karboxylační reakce. Pouze 26 % akceptoru je blokováno pro fotorespiraci, a tedy je využito pro děje vedoucí k fixaci CO_2 . Adaptace na stín, která je zřejmá u asimilačního aparátu spodní korunové zóny, se výrazněji neodráží v účinnosti využívání primárního akceptoru oxidu uhličitého pro tvorbu nové biomasy.

Fotosyntéza je složitý fyziologický proces, který se skládá z celé řady dílčích procesů. Tyto procesy jsou sdruženy do dvou hlavních reakčních bloků, které jsou spojeny se zachytem kvanta zářivé energie Slunce, s využitím této energie k tvorbě energetických a redukčních ekvivalentů s následnou fixací molekuly CO_2 . Procesy zachytu FAR jsou v konečném důsledku hodnoceny aktuálním tokem elektronů J_a (tab. II). Hodnoty J_a pro dané experimentální podmínky byly 8,1, 8,8 a 11,8krát vyšší než rychlost fotosyntézy pro letorosty svrchní, střední a spodní korunové zóny. Přebytek elektronů, který vzniká na rozhraní fotochemických a biochemických reakcí fotosyntézy je pak využíván pro jiné procesy než fixaci CO_2 (von Caemmerer a Farquhar, 1981). Tyto výsledky dokumentují zjevný nepoměr mezi dokonalou adaptací asimilačního aparátu jehlic spodní korunové zóny na radiační prostředí a schopnosti enzymatického aparátu Calvinova cyklu fixovat CO_2 . Vypočtené hodnoty J_a jsou srovnatelné s publikovanými výsledky jiných autorů (von Caemmerer a Farquhar, 1981; Wang, 1988). Rychlost karboxylace limitovaná tokem elektronů J_{ac} (tab. II) činí 17, 16,8 a 13 % celkové rychlosti toku elektronů J_a pro asimilační aparát jehlic svrchní, střední a spodní korunové zóny. Tyto hodnoty dokumentují zvýšený podíl limitace fotosyntézy karboxylačními reakcemi jehlic spodní korunové zóny. J_{ac} letorostů spodní korunové zóny je 3,5krát nižší než u jehlic svrchní korunové zóny.

Výše uvedená analýza vybraných parametrů fotosyntézy je vhodným příkladem možnosti současné ekofyziologie. Všechny parametry jsou založeny na výsledcích získaných v reálném porostu. Rozbor stanovených parametrů ukazuje na výraznou vertikální topografii fotosyntetické aktivity. Koruna stromu je ve vertikálním směru značně heterogenním systémem fotosyntetické aktivity jako celku i jednotlivých složek fotosyntetického děje, které jsou výrazem lokální adaptace asimilačního aparátu na fotosynteticky aktivní radiaci.

ZÁVĚR

Nové přístupy v oboru pěstování lesa, které jsou zaměřeny na poznávání produkční aktivity a efektivnější využívání produkčního potenciálu lesních dřevin, jsou nemyslitelné bez pochopení funkčních základů produkce. Metody současné ekofyziologie produkčních procesů dovolují zkoumat výše uvedené vztahy přímo v lesních porostech bez

destrukce studovaného materiálu. Fotosyntetická aktivita lesních dřevin, která je základem produkce nové biomasy, je doposud málo prostudovaná. Výsledky studií fotosyntetické aktivity mohou být velice vhodně interpretovatelné pro potřeby pěstování lesa. Analýzy fotosyntetické aktivity, jejich distribuce v korunové vrstvě porostu a reakce na vnější vlivy (působení pěstebních zásahů, dopadu průmyslových imisí) se stávají základem hodnocení produkční aktivity porostů lesních dřevin se zvláštním zřetelem na výnosotvorné prvky. Poznání funkčních základů produkčních procesů a změn, ke kterým dochází pod vlivem konkrétních fytotechnik, dává předpoklady pro skutečnou intenzifikaci pěstební činnosti a pro zvýšené využití produkčního potenciálu lesních dřevin k tvorbě nové biomasy.

Literatura

- BJÖRKMANN, O.: Response to different quantum flux densities. In: Physiological plant ecology. I. Response to the physical environment. s. 57–108, D. L. Lange, P. S. Nobel, H. Ziegler (eds.). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1981.
- BJÖRKMANN, O. – BOARDMAN, N. K. – ANDERSON, J. M. – THORNE, S. W. – GOODCHILD, D. J. – PYLIOTIS, N. A.: Effect of light intensity during growth of *Atriplex patula* on the capacity of photosynthetic reactions, chloroplast components and structure. Carnegie Inst. Wash. Year Book, 71, 1972, s. 115–135.
- BROOKS, A. – FARQUHAR, G. D.: Effect of temperature on the CO_2/O_2 specificity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and the rate of respiration in the light. Estimates from gas-exchange measurements of spinach. *Planta*, 165, 1985, s. 397–406.
- VON CAEMMERER, S. – FARQUHAR, G. D.: Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta*, 153, 1981, s. 376–387.
- FARQUHAR, G. D. – VON CAEMMERER, S. – BERRY, J. A.: Biochemical model of photosynthetic CO_2 assimilation in leaves of C_3 species. *Planta*, 149, 1980, s. 78–90.
- HELMS, J. A.: Factors influencing net photosynthesis in trees: An ecological viewpoint. In: Tree physiology and yield improvement. s. 55–73, M. G. R. Cannel, F. T. Last (eds.). Oxford Press, London-New York-San Francisco, 1976.
- KOTVALT, V. – HÁK, R.: Method for mathematical estimation of CO_2 response curve parameters based on closed system measurement. *Photosynthetica*, 21, 1987, s. 91–95.
- KRATOCHVÍLOVÁ, I. – JANOUŠ, D. – MAREK, M. – BARTÁK, M. – ŘÍHA, V.: The production activity of mountain cultivated Norway spruce stands under the impact of air pollution. I. General description of problems. *Ekológia*, 8, 1989, s. 407–419.
- KULL, O. – KOPPEL, A.: Net photosynthetic response to light intensity of shoots from different crown positions and age in *Picea abies* (L.) Karst. *Scand. J. For. Res.*, 2, 1987, s. 157–166.
- LAISK, A. K.: Kinetika fotosyntézy i fotodýchání C_3 -rastení. Nauka, Moskva, 1977.
- LINDER, S.: Photosynthesis and respiration in conifers. A classified reference list – 1891–1977. *Stud. for. succ.*, 149, 1979, 149 s.
- LUDLOW, M. M. – JARVIS, P. G.: Photosynthesis in Sitka spruce *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. I. General characteristics. *J. Appl. Ecol.*, 8, 1971, s. 925–953.
- MAREK, M.: Fotosyntéza – základ produkce lesních porostů. *Lesnictví*, 29, 1983, s. 634–642.
- MAREK, M.: Produkční procesy lesních dřevin z funkčního hlediska v kontextu problematiky vlivu imisní zátěže na lesní porosty. *Zpravodaj VRS Beskydy*, 3, 1990, s. 51–60.
- MAREK, M. – LOMSKÝ, B.: Vliv odlišných forem hnojení amonným dusíkem na fotosyntetickou produktivitu různých proveniencí smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). *Lesnictví*, 33, 1987, 109–120.
- MAREK, M. – KRATOCHVÍLOVÁ, I. – JANOUŠ, D. – ZACH, P.: Responses of spruce stands to impacts of air pollution. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Bohemoslovacae Brno*, XXII, 10, 1988, s. 47.
- MAREK, M. – JANOUŠ, D. – KRATOCHVÍLOVÁ, I.: Topografie fotosyntetické aktivity v korunách mladých jedinců jedle obrovské (*Abies grandis* (Dougl.) Lindl.). *Lesnictví*, 35, 1989a, s. 395–403.
- MAREK, M. – BARTÁK, M. – PIROCHTOVÁ, M.: Vertical topography of photosynthetic activity and crown structure in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Bohemoslovacae Brno*, 11, 1989b, 36 s.
- NORMAN, J. M. – JARVIS, P. G.: Photosynthesis in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). III. Measurements of canopy structure and interception of radiation. *J. Appl. Ecol.*, 11, 1974, s. 375–398.

- PEISKER, M.: Ein Modell der Sauerstoffabhängigkeit photosynthetischen CO₂ Gaswechsels von C₃ Pflanzen. Kulturpflanzen, 24, 1976, s. 231—235.
- PIROCHTOVÁ, M. — MAREK, M.: Metoda matematického vyhodnocování fotosyntetické aktivity lesních dřevin. Lesnictví (v tisku).
- SHAVIT, N.: Energy transduction in chloroplasts: Structure and function of the atepase complex. Annual Review of Biochemistry, 49, 1980, s. 111—138.
- THORNLEY, J.H.M.: Mathematical Models in Plant Physiology. Academic Press, London-New York-San Francisco, 1976.
- TROENG, E. — LINDER, S.: Gas exchange in a 20-year old stand of Scots pine. II. Variation in net photosynthesis and transpiration within and between trees. Physiologia Plantarum, 54, 1982, s. 15—23.
- WANG, Y.: Crown structure, radiation, absorption, photosynthesis and transpiration. PhD Thesis, University of Edinburgh, 1988, 181 s.

Došlo 7. 11. 1989

MAREK, M. — JANOUŠ, D. — MARKOVÁ, I. Institute of Systematic and Ecological Biology, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno): *Analysis of some parameters of the photosynthetic activity of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.)*, Lesnictví, 37, 1991 (2): 109—116.

Differentiated conditions of the distribution of photosynthetically active radiation (PAR) in tree crown layer are a reason of the functional stratification of photosynthetic produce. The parameters of photosynthetic activity are markedly differentiated in vertical direction. This vertical differentiation is reflected not only in the absolute values of some characteristics (e.g. photosynthesis rate), but also in different performance and adaptation of individual sequences of reactions which are part of photosynthesis. The highest photosynthetic activity is concentrated in the upper layers of tree crowns. This photosynthetic activity is a result of the effectiveness of needle carboxylation apparatus. Perfect adaptation to shadow, which is markedly characteristic of the needles of the lower layer of tree crowns, underlies the sufficient utilization of PAR of very low intensities. But the processes of carbon dioxide fixation are less efficient than those in the upper layers of tree crowns. The vertical topography of photosynthetic activity inside the tree crowns of Norway spruce demonstrates different nature of the adaptation of photochemical and biochemical components of photosynthesis to the radiation conditions in the tree crown.

photosynthetic characteristics; biochemistry of photosynthesis; Norway spruce

Adresa autorů:

RNDr. ing. Michal Marek, CSc., ing. Dalibor Janouš, RNDr. Irena Marková, Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Poříčí 3b, 603 65 Brno

MINERALIZACE DUSÍKU V HUMUSOVÉM PŮDNÍM HORIZONTU LUŽNÍHO LESA V LEDNICI NA MORAVĚ

J. Záhora

ZÁHORA, J. (Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Brno): *Mineralizace dusíku v humusovém půdním horizontu lužního lesa v Lednici na Moravě*, Lesnictví, 37, 1991 (2): 117–123.

V práci uvádíme výsledky studia změn v koncentracích vodorozpustného amoniakálního dusíku, amoniakálního dusíku extrahovaného 1 % roztokem K_2SO_4 a nitrátového dusíku během 42denních inkubačních pokusů v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě. Na základě těchto změn byly počítány rychlosti amonifikace a nitrifikace při ovlhčení půdních vzorků na 30 % a 60 % maximální vodní kapacity (MVK). V průběhu inkubačního pokusu byly zjištěny výrazné rozdíly v mineralizaci organického dusíku mezi ovlhčením půdy na 30 % a 60 % MVK. Celková mineralizace dusíku ($NH_4-N + NO_3-N$) v půdním horizontu A byla o 108 % vyšší při ovlhčení na 60 % MVK než při vlhkosti 30 % MVK. Produkce NO_3-N představovala asi 90 % z celkového minerálního N při 60 % MVK, ale jen asi 50 % při 30 % MVK.

dusík v půdě; mineralizace dusíku; amoniakální N; nitrátový N

Primární produkce ekosystému je do značné míry závislá na množství přístupných, minerálních forem dusíku. Většina půdního dusíku (asi 98 %) je vázána v organických formách. Rychlosti mineralizace a celkové hodnoty uvolněného minerálního dusíku dávají z ekologického hlediska obraz o produkční schopnosti stanoviště.

Návrat organicky vázaného dusíku do rostlinami přijatelných anorganických sloučenin probíhá dvěma hlavními procesy. Procesem amonizace je půdní organický dusík přeměňován na dusík amoniakální a tento procesem nitrifikace na dusík nitrátový. Tyto procesy přeměn jsou obstarávány specializovanými mikroorganismy. Amoniakální a nitrátová forma dusíku je tedy výchozím zdrojem dusíkaté výživy rostlin (Clark a Rosswall, 1981; Ůlehlová, 1983).

V práci uvádíme poznatky o mineralizaci organického dusíku během 42 denních inkubačních modelových pokusů s půdními vzorky z humusového horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě. Srovnáváme procesy mineralizace dusíku při ovlhčení vzorků na 30 a 60 % maximální vodní kapacity (MVK). 30 % MVK odpovídá vlhkostnímu stavu půdních vzorků pod hodnotou bodu vadnutí (sací tlak zeminy vyšší než 1,5 MPa) v přirozeném půdním prostředí. 60 % MVK odpovídá vlhkostnímu stavu půdních vzorků v oblasti polní vodní kapacity (sací tlak zeminy asi 0,03 MPa) v přirozeném půdním prostředí (Klimo a Prax, 1985).

Lužní les v oblasti tzv. Lednického luhu byl a je dlouhodobě studován z mnoha hledisek jako ekosystémový projekt jednak v rámci Mezinárodního biologického programu, jednak v rámci programu UNESCO Člověk a biosféra a současně jako součást státního plánu základního výzkumu (Penka et al., 1985).

MATERIÁL A METODA

CHARAKTERISTIKA STANOVIŠTĚ

Lužní les v Lednici na Moravě je situován v porostu 623a₂ v oblasti „Horní Les“, lesního závodu Židlochovice, asi 2 km severně od Lednice (48° 48' 22" N, 16° 46' 32" E, nadmořská výška je 161 m).

I. Půdní vlastnosti horizontu A (1–8 cm) lužního lesa v Lednici na Moravě (Klimo a Prax, 1985) — The soil properties in the A horizon (1–8 cm) of the floodplain forest at Lednice na Moravě (Klimo and Prax, 1985)

Půdní vlastnost ¹		Rozmezí hodnot ²
pH		5,5–6,8
humus	(%)	16,0–21,0
Ca	(mg.kg ⁻¹)	570,0–2860,0
K	(mg.kg ⁻¹)	80,0–250,0
P	(mg.kg ⁻¹)	40,0–170,0
celkový N ³	(mg.kg ⁻¹)	5000,0–8000,0
přístupný N ⁴	(mg.kg ⁻¹)	140,0–260,0

soil property¹, range², total nitrogen³, available nitrogen⁴

Porost tvoří stromové, keřové a bylinné patro a je charakterizován jako *Fraxino-Ulmetum* (Oberdorfer, 1953).

Klima pokusné oblasti je suché s mírnými zimami. Průměrná roční teplota je 9 °C a průměrný roční úhrn srážek je 524 mm.

Půdní vlastnosti studované lokality popsali Klimo a Prax (1985). Půdy vznikly na aluviálních naplaveninách řeky Dyje, je možno je označit jako půdní typ vega (Kubiena, 1953). Mají jílovitohlinitý charakter (obsah celkového jílu je 60–64 %), mocnost 100–200 cm a v podloží jsou zvodnělé písčokřemíkové terasy. Reakce půd je mírně kyselá až neutrální, forma humusu je mullová a obsah humusu ve vrchních vrstvách je v průměru 16–21 %. Některé vlastnosti horních vrstev půdy uvádí tab. I. (Klimo a Prax, 1985).

Horizont A₀ (0–1 cm) půdního profilu sestává z opadu a mullu, dále následuje velmi slabý fermentační horizont A_{0min}, který tvoří přechod k humusovému horizontu A (1–8 cm). A horizont je tvořen tmavě šedou jílovitou zeminou drobtovitě struktury. V hloubce 8–50 cm se nachází horizont A(B) — šedohnědá jílovitá půda.

POUŽITÉ METODY

Na popsané lokalitě byly v dubnu 1987 náhodně z různých míst odebrány zásobní půdní vzorky tak, aby co nejlépe vystihovaly heterogenitu horizontu A. Vzorky byly na vzduchu vysušeny a suché zhomogenizovány a uskladněny. Byla zjištěna maximální vodní kapacita vzorků (63,7 % hmotnostní vlhkosti). Jedná se v podstatě o maximální kapilární vodní kapacitu zjištěnou podle Nováka (Dykyjová a kol., 1989). Vzhledem k tomu, že při tomto způsobu odběru a následné homogenizaci je původní kapilarita vzorku porušena, je v názvu vynecháno „kapilární“.

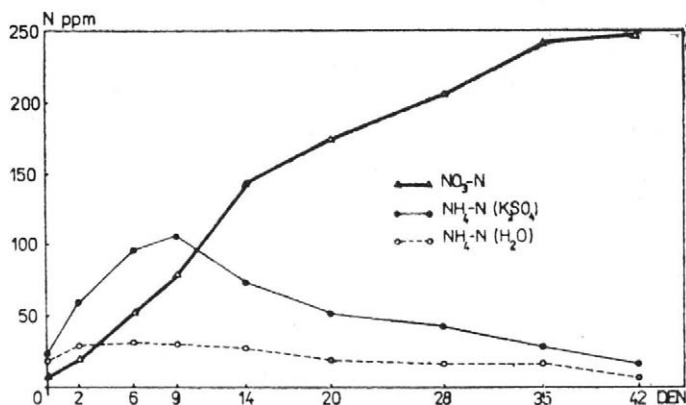
Ze zásobních půdních vzorků bylo k jednomu inkubačnímu pokusu odváženo 32 podvzorků po 20 g. V prvním inkubačním pokusu byly podvzorky ovlhčeny na 30 % a ve druhém na 60 % maximální vodní kapacity (MVK). 30 % maximální vodní kapacity odpovídá 19,1 % hmotnostní vlhkosti půdy a 60 % MVK odpovídá 38,2 % hmotnostní vlhkosti půdy. Podvzorky byly inkubovány za laboratorní teploty (vlhkost byla v průběhu pokusu udržována konstantní). Analýzy byly prováděny 2., 6., 9., 14., 20., 28., 35. a 42. den po zahájení inkubace. V daný den byly k analýzám vzaty čtyři podvzorky. Každý z nich byl rozdělen na poloviny, z jedné poloviny byl získán výluh s H₂O na stanovení vodorozpustného amoniakálního dusíku a ze druhé výluh s 1 % roztokem K₂SO₄ na stanovení vázaného NH₄-N a NO₃-N.

Amonné ionty byly stanovovány kolorimetrickou metodou po reakci s Nesslerovým činidlem (Javorský a kol., 1987), dusičnanové také kolorimetricky, metodou se salicylanem sodným (Horáková a kol., 1968).

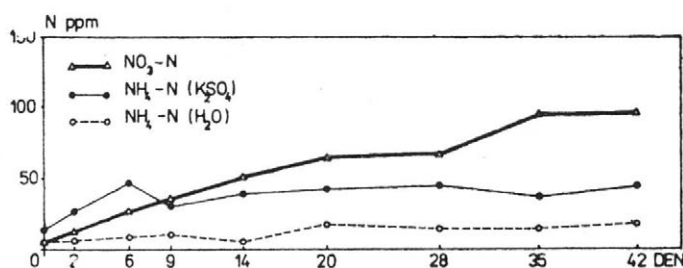
VÝSLEDKY

Obr. 1 znázorňuje změny v obsahu amoniakálního dusíku vodorozpustného a vytěsněného 1 % roztokem K₂SO₄ a nitrátového dusíku v půdním horizontu A během 42

1. Změny v koncentracích vodorozpustného $\text{NH}_4\text{-N}$, výměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 60 % MVK — Changes of water soluble $\text{NH}_4\text{-N}$, exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubation at 60 % WHC



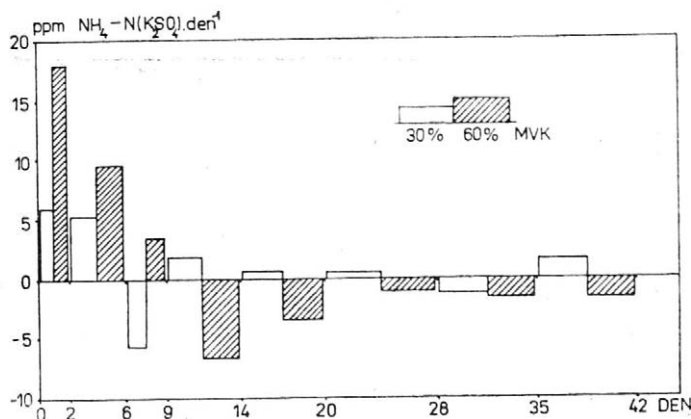
2. Změny v koncentracích vodorozpustného $\text{NH}_4\text{-N}$, výměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 30 % MVK — Changes of water soluble $\text{NH}_4\text{-N}$, exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubation at 30 % WHC



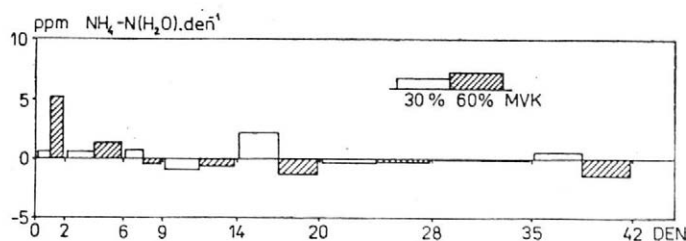
denního inkubačního pokusu při ovlhčení na 60 % maximální vodní kapacity (dále jen MVK). Nejvyšší koncentrace amoniakálního dusíku extrahovaného 1 % roztokem K_2SO_4 byla zaznamenána 9. den inkubace a to 106 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$. U vodorozpustného amoniakálního dusíku nedošlo k obdobnému výraznému zvýšení jako u vázaného $\text{NH}_4\text{-N}$ (6. den bylo naměřeno 29 ppm, 9. den 32 ppm a 14. den 30 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$). Během celého období docházelo v půdním roztoku k hromadění nitrátů. Nejvyšší koncentrace nitrátového dusíku byla zaznamenána poslední, 42. den inkubace (245 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$).

Obr. 2 uvádí změny v obsahu stejných minerálních forem dusíku jako na obr. 1 v tomtož půdním horizontu během 42 denního inkubačního pokusu při polovičním ovlhčení na 30 % MVK. Nejvyšší koncentrace amoniakálního dusíku extrahovaného 1 % roztokem K_2SO_4 byla naměřena 6. den inkubace a to 46 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$. Toto maximum nebylo nijak výrazné v porovnání s hodnotami zaznamenanými 20., 28. a 42. den inkubace (ve stejném pořadí: 41, 44 a 44 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$). Koncentrace vodorozpustného amoniakálního dusíku se od 20. dne do konce inkubace udržovala v rozmezí 13–16 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$. Stejně jako při ovlhčení na 60 % MVK vzrůstá i v tomto případě do 42. dne koncentrace nitrátového dusíku až na hodnotu 93 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$.

Obr. 3 znázorňuje změny v produkci či úbytcích vázaného $\text{NH}_4\text{-N}$ ve sledovaných obdobích během inkubace přepočítané na 1 den při dvou různých vlhkostních režimech 30 % a 60 % MVK. Při ovlhčení na 60 % MVK můžeme vylišit období zvýšené produkce $\text{NH}_4\text{-N}$ do 9. dne inkubace s maximem během prvních dvou dnů (17,9 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹). Poté se produkce $\text{NH}_4\text{-N}$ v půdních vzorcích snižuje. Největší úbytky byly naměřeny mezi 9. a 14. dnem při ovlhčení na 60 % MVK ve výši 6,6 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ a odpovídají období nejvyšší produkce nitrátového dusíku (obr. 5). V podmín-



3. Denní produkce či úbytky výměnného $\text{NH}_4\text{-N}$ v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 30 % a 60 % MVK – Daily production and/or decrease of exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubations at 30 % and 60 % WHC



4. Denní produkce či úbytky vodorozpuštěného $\text{NH}_4\text{-N}$ v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 30 % a 60 % MVK – Daily production and/or decrease of water soluble $\text{NH}_4\text{-N}$ in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubations at 30 % and 60 % WHC

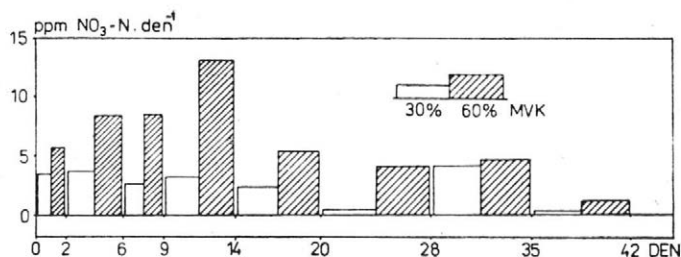
kách ovlhčení na 30 % MVK byla nejvyšší produkce také v prvních dvou dnech inkubace a to 5,9 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹. Úbytky byly naměřeny ve dvou obdobích, mezi 6. a 9. dnem 5,8 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ a mezi 28. a 35. dnem 1,4 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹.

V obr. 4 můžeme porovnat produkce a úbytky vodorozpuštěného amoniakálního dusíku v průběhu téhož pokusu. Produkce a úbytky $\text{NH}_4\text{-N}$ při ovlhčení na 60 % MVK se pohybovaly v rozmezí od 5,1 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ (1. a 2. den pokusu) až do -1,4 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ (35.–42. den). Produkce a úbytky vodorozpuštěného $\text{NH}_4\text{-N}$ se při polovičním ovlhčení pohybovaly v rozmezí od 2,1 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ (14.–20. den) až do -1,0 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$.den⁻¹ (v předcházejícím období t.j. mezi 9. a 14. dnem).

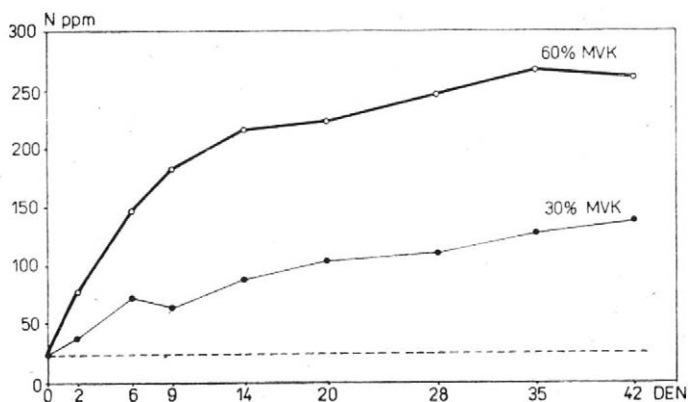
Na obr. 5 je porovnávána denní rychlost produkce nitrátového dusíku při dvou různých vlhlostních režimech 30 % a 60 % MVK. Až do 35. dne inkubace je denní rychlost produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ při ovlhčení na 60 % MVK vyšší než maximální denní produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ při ovlhčení na 30 % MVK (3,9 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$.den⁻¹). Podobných hodnot dosahuje nitrifikace u obou vlhlostí pouze v období od 28. do 35. dne inkubace, ovšem denní produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ při 60 % ovlhčení půdy je v tomto období již za maximem. Nejvyšší produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ 12,9 ppm.den⁻¹ byla zaznamenána mezi 9. a 14. dnem inkubace při ovlhčení na 60 % MVK. Nejmenší produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ byla v období mezi 35. a 42. dnem pokusu a to jak při 60 % MVK (0,9 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$.den⁻¹), tak při 30 % MVK (0,2 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$.den⁻¹).

Obr. 6 uvádí změny v obsahu celkového minerálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) jednak při 60 % MVK, jednak při ovlhčení na 30 % MVK. Během inkubačního pokusu vzrostl obsah celkového minerálního dusíku za 42 dní při 30 % vlhkosti o 113,7 ppm N, při ovlhčení na 60 % MVK pak až o 236,2 ppm N za 42 dní, tedy o 108 % více. Přes tyto výrazné rozdíly v celkové produkci je srovnatelný nárůst obsahu celkového minerálního dusíku mezi 9. a 42. dnem pokusu. V tomto 33 denním období se obsah celkového

5. Denní produkce $\text{NO}_3\text{-N}$ v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 30 % a 60 % MVK — Daily production of $\text{NO}_3\text{-N}$ in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubations at 30 % and 60 % WHC



6. Změny v koncentracích celkového minerálního dusíku ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) v průběhu inkubace v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě při 30 % a 60 % MVK — Changes of total mineral nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) concentrations in soil samples (A horizon) of the floodplain forest at Lednice na Moravě during incubations at 30 % and 60 % WHC



minerálního dusíku zvětšil při ovlhčení na 30 % MVK o 75,1 ppm N a při dvojnásobném ovlhčení o 77,6 ppm N. Podstatný rozdíl v celkovém množství zmineralizovaného dusíku ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) je dán v našem případě různou rychlostí mineralizace v prvních 9 dnech inkubačního pokusu.

DISKUSE

V předchozí práci (Úlehlová a Záhora, 1988) jsme upozornili na závažnost poznání dynamiky přeměn dusíku pro výživu lesních porostů v závislosti na změnách hlavních ekologických faktorů právě v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě.

Rozklad a mineralizace organické hmoty umožňuje zpřístupněním minerálních živin souběžnou vysokou aktivitu syntézy nových organických látek. Produkce amonných iontů (amonifikace) jako dominantní proces v každém ekosystému tedy není jediným faktorem, který určuje hladinu $\text{NH}_4\text{-N}$ v půdním roztoku v daném časovém okamžiku. Část $\text{NH}_4\text{-N}$ produkovaná procesem amonifikace může být imobilizována do biotických složek ekosystému (mikroorganismy, půdní fauna, rostliny) a přeměněna opět na organický dusík, část může být fixována v jílových minerálech (McBeth, 1917) nebo v neživé organické hmotě půdy, část může volatilizovat v plynné formě do vzduchu, část se může vázat v půdním sorpčním komplexu a konečně část může být nitrifikována (Úlehlová, 1983). Při hodnocení dosažených výsledků musíme tedy uvažovat celkovou a čistou mineralizaci (Bielek, 1984).

Zjistíme-li například, že v období do 6. dne od začátku inkubace vzrostl obsah vázaného $\text{NH}_4\text{-N}$ o 78 ppm při vlhkosti 60 % MVK a při 30 % MVK pouze o 28 ppm, nemůžeme ještě jednoznačně tvrdit, že při nižší vlhkosti probíhají amonifikační procesy

v tomto období inkubace pomaleji, protože naměřené hodnoty jsou výsledkem výše jmenovaných, souběžně působících a pro nás v podstatě neoddělitelných procesů. Ovšem zjištění, že při 60 % MVK došlo současně k nárůstu obsahu nitrátového dusíku o 47 ppm a při 30 % MVK pouze o 20 ppm, nás k tomuto tvrzení do jisté míry opravňuje.

Aktuální obsah $\text{NO}_3\text{—N}$ v půdním vzorku je rovněž výsledkem působení několika současně probíhajících procesů. Dobré provzdušnění půdních vzorků během pokusu by mělo zabránit ztrátám dusíku procesem denitrifikace. Do teoretických úvah patří také „asimilační nitrátová redukce“ nebo imobilizace, při níž jsou nitráty asimilovány do protoplasmatických struktur živých organismů. Tato metabolická cesta nezpůsobuje významné ztráty dusíku ze systému, pouze dusík dočasně váže v bílkovinách mikroorganismů (Úlehlová, 1983).

Z výsledků pokusu vyplývá, že se při vlhkosti 60 % MVK výrazně stimuluje nitrifikace. Zatímco při vlhkosti 30 % MVK došlo ke zvýšení obsahu nitrátového dusíku během 42 dnů inkubace o 88 ppm $\text{NO}_3\text{—N}$, při 60 % ovlhčení to bylo již o 238 ppm $\text{NO}_3\text{—N}$ za 42 dní, tedy o 170 % více. Čistá amonifikace posuzovaná podle změn obsahu $\text{NH}_4\text{—N}$ extrahovaného 1 % roztokem K_2SO_4 dosáhla při ovlhčení na 60 % MVK maxima 9. dne inkubace a poté se snížila tak, že se na konci pokusu prakticky nelišila od výchozích hodnot. Naproti tomu při 30 % MVK vzrostl obsah $\text{NH}_4\text{—N}$ od počátku do konce inkubace o 26 ppm $\text{NH}_4\text{—N}$ (za 42 dní). Dále můžeme zjistit, že od 28. dne inkubace při ovlhčení na 30 % MVK bylo k dispozici více amonných iontů než při ovlhčení na 60 % MVK. Znamená to tedy, že je-li půda lužního lesa ovlhčena jen na 30 % MVK je proces nitrifikace potlačen.

Vodorozpuštěný $\text{NH}_4\text{—N}$ byl do 14. dne inkubace při 30 % MVK zjištěn v rozmezí 5–9 ppm $\text{NH}_4\text{—N}$, avšak při 60 % MVK v rozmezí 27–31 ppm $\text{NH}_4\text{—N}$, tedy v rozmezí asi čtyřikrát vyšším. V tomto období pak obsah $\text{NO}_3\text{—N}$ vzrostl při 30 % MVK o 43 ppm $\text{NO}_3\text{—N}$ a při 60 % MVK až o 134 ppm $\text{NO}_3\text{—N}$ (za prvních 14 dní pokusu). Tedy při zhruba třikrát větší produkci nitrátového dusíku za současně spotřeby amoniakálního dusíku byla udržována přibližně čtyřikrát větší koncentrace vodorozpuštěného $\text{NH}_4\text{—N}$ v roztoku při ovlhčení na 60 % MVK než při ovlhčení polovičním. Z výše uvedených skutečností je patrný významný rozdíl v počáteční rychlosti mineralizace (do 14. dne inkubace) při dvou různých vlhkovostních režimech 30 % a 60 % MVK.

Při hodnocení produkce celkového minerálního dusíku neuvádíme hodnoty obsahu nitritového dusíku v půdních vzorcích. Pelíšek (1978) zjistil z terénních odběrů velmi nízkou hladinu koncentrace $\text{NO}_2\text{—N}$ v půdě lužního lesa v Lednici na Moravě a to v rozmezí 0,1–0,4 ppm $\text{NO}_2\text{—N}$. Rovněž Záhora (1985) uvádí z terénních odběrů v těchto půdách podobné rozmezí obsahu $\text{NO}_2\text{—N}$ (0,2–1,0 ppm). Vzhledem k tomu, že nitritový dusík je v průběhu nitrifikace pouze přechodná forma tj. intermetabolit, a k tomu, že se v lesních půdách vyskytuje v nízkých množstvích, je při kalkulaci celkového minerálního dusíku zanedbán.

Z obr. 6, který představuje změny v aktuálních koncentracích celkového minerálního dusíku ($\text{NH}_4\text{—N} + \text{NO}_3\text{—N}$) v půdním horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě, vyplývá, že za 42 dní inkubačního pokusu bylo vyprodukováno v případě 60 % MVK 236,2 ppm minerálního dusíku, zatímco v případě 30 % MVK pouze 113,7 ppm minerálního N, což je zhruba poloviční množství. Z obr. 6 ale také vyplývá, že podstatné rozdíly v produkci minerálního dusíku v obou případech vznikly v prvních 14 dnech inkubace. Toto zjištění je důležité z metodického hlediska. Z uvedených výsledků vyplývá, že množství vody v půdě určuje výkonnost půdních mikroorganismů. Pro úplnost uvádíme srovnání údajů o celkovém minerálním dusíku z přímých terénních odběrů. Pelíšek (1974) zjistil množství přístupného dusíku na této lokalitě v rozmezí 7–38 ppm, zatímco Klimo (1974) rovněž z přímých terénních odběrů uvádí pro celkový minerální dusík vyšší rozmezí 140–260 ppm.

Modelové inkubační pokusy s mineralizací dusíku v důležitém humusovém horizontu A lužního lesa v Lednici na Moravě jsme prováděli proto, abychom lépe porozuměli současným půdotvorným procesům, abychom poznali ekologii jednotlivých procesů zúčastňujících se přeměn dusíku v půdě a abychom získali teoretický základ pro případné modelování těchto procesů podle aktuální vlhkosti půdy na stanovišti.

Literatura

- BIELEK, P.: Dusík v půdě a jeho premeny. Příroda, Bratislava 1984. 60 s.
- CLARK, F. E. — ROSSWALL, T.: Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull., 33, 1981, 714 s.
- DYKÝJOVÁ, D. a kol.: Metody studia ekosystémů. 1. vyd. Academia Praha 1989. 692 s.
- HORÁKOVÁ, M. — LISCHKE, P. — GRÜNWARD, A.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 1. vyd. SNTL Praha 1968. 389 s.
- JAVORSKÝ, P. a kol.: Chemické rozborů v zemědělských laboratořích. 1. vyd. MZV ČSR Praha 1987. 287 s.
- KLIMO, E.: Spatial Variability of Chemical Properties in the Topsoil of the IBP Study Plot in the Floodplain Forest near Lednice in Moravia. In: Ecosystem study on floodplain forest in southern Moravia. Czechoslovak IBP Report č. 4. Univ. Agric., Brno 1974, s. 321–329.
- KLIMO, E. — PRAX, A.: Soil conditions. In: Penka, M. a kol.: Floodplain forest ecosystem. 1. vyd. Academia Praha 1985. 466 s. (s. 61–79).
- KUBIENA, W.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Enke — Verlag, Stuttgart 1953, 392 s.
- McBETH, I. G.: Fixation of ammonium by soils. J. Agric. Res., 9, 1917, s. 141–155.
- OBERDORFER, E.: Der europäische Auenwald. Beitr. natur. Forsch. S-WDtsch. Karlsruhe, 12/1. 1953. s. 23–70.
- PELÍŠEK, J.: Nutrient dynamics in the soil of a floodplain forest ecosystem in south Moravia. In: Ecosystem study on floodplain forest in southern Moravia. Czechoslovak IBP Report č. 4. Univ. Agric., Brno 1974, s. 305–321.
- PELÍŠEK, J.: Dynamika režimu dusíku v půdách lužních lesů jižní Moravy. Acta Univ. agric., 47, 1978, 1–4, s. 73–81.
- PENKA, M. — VYSKOT, M. — KLIMO, E. — VAŠÍČEK, F.: Floodplain forest ecosystem. 1. vyd. Academia Praha 1985. 466 s.
- ÚLEHLOVÁ, B.: Rozkladači, rozkladné procesy a minerální koloběhy v travních ekosystémech. [Doktorská práce.] Brno 1983. ČSAV — ÚEFT. 231 s.
- ÚLEHLOVÁ, B. — ZÁHORA, J.: Přeměny minerálního dusíku v půdě lužního lesa v Lednici na Moravě. In: Biogeochemický cyklus dusíku. ČSVTS — ÚPŽPVPZ a ÚÚG Praha 1988. s. 22–30.
- ZÁHORA, J.: Formy dusíku v půdním prostředí lužního lesa. [Diplomová práce.] Brno 1985. VŠZ lesnická fakulta. 61 s.

Došlo 3. 11. 1989

ZÁHORA, J. (Institute of Systematic and Ecological Biology, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno): Nitrogen mineralization in the humus soil horizon of the floodplain forest at Lednice in Moravia. Lesnictví, 37, 1991 (2): 117–123.

In the present paper the results are presented of the investigation of changes in the concentrations of water-soluble ammonia nitrogen, 1 % K_2SO_4 solution extracted ammonia nitrogen and nitrate nitrogen which took place in the soil horizon A of the floodplain forest at Lednice na Moravě during 42-day incubation trials. Ammonification and nitrification rates after increasing the moisture content of soil samples to 30 % and 60 % of maximum water capacity (MVK) were calculated on the basis of these changes. In the course of incubation trial great differences in organic nitrogen mineralization were observed between the variants of 30 % and 60 % MVK. Total nitrogen mineralization ($NH_4-N + NO_3-N$) in the soil horizon A was higher by 108 % in the soil samples with the moisture content of 60 % MVK, in comparison with the moisture content of 30 % MVK. NO_3-N production made about 90 % of the total mineral N at 60 % MVK, but only 50 % at 30 % MVK. soil nitrogen; nitrogen mineralization; ammonia N; nitrate N

Adresa autora:

Ing. Jaroslav Záhora, Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Květná 8, 603 65 Brno

Vážení přátelé

Překladatelské oddělení ÚVTIZ, jediné překladatelské středisko pokrývající všechny obory zemědělství a potravinářství v ČSFR, spojuje dlouholeté zkušenosti překladatelské praxe s odbornou kvalifikací ve všech oblastech zemědělství.

Překladatelské oddělení ÚVTIZ zajistí pro Vás překlady vědeckých zpráv, norem, odborných článků, metodik, reklamních textů, korespondence, technické dokumentace a dalších specializovaných textů.

Překladatelské oddělení ÚVTIZ zajistí i jazykovou přípravu Vašich pracovníků.

Překladatelské oddělení ÚVTIZ je tu pro Vás a jeho pracovníci se těší na spolupráci s Vámi.

Sazebník překladů	za 1 normostranu
z češtiny do cizího jazyka	80 Kčs
z cizího jazyka do češtiny	60 Kčs
z cizího jazyka do cizího jazyka	100 Kčs

Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství

Praha 2

Slezská 7 120 56

Telefon: 25 55 59

L. Štěpánská

ŠTĚPÁNSKÁ, L. (Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Brno): *Rozvoj koruny smrkových kultur: simulace růstu*. Lesnictví, 37, 1991 (2): 125–131.

Uplatnění simulace růstu a vývoje smrkové kultury přispívá k řešení problematiky zakládání a pěstování smrkových porostů na imisních holinách. Zájmová oblast se nachází na území LZ Rožnov pod Radhoštěm, v pásmu ohrožení imisemi B, nadmořská výška 1020 až 1140 m. Je rozdělena do tří lokalit podle stanovištních podmínek. V práci je pomocí počítačového programu zpracováno biometrické měření z 15 zkusných ploch. Výsledkem je pravděpodobná doba zapojení kultury na jednotlivých plochách a grafické znázornění horizontálních projekcí korun stromů. Je posouzena závislost délky doby zapojení kultury na rozestupu stromů a v závěru je navržena hustota kultury vhodná pro zájmovou oblast z hlediska vypěstování stabilního porostu.

smrková kultura; hustota porostu; simulace růstu koruny; imisní oblast

Škodlivý vliv průmyslových exhalací na přírodní ekosystémy se v současné době projevuje ve většině vyspělých zemí. Zhoršující se podmínky prostředí se staly jedním z určujících faktorů rozvoje lesního hospodářství. Lesní dřeviny jsou vystavovány imisnímu tlaku, kterému zejména v podhorských a horských oblastech podléhají na rozsáhlých plochách. Vytvářejí se imisní holiny s rychle se zhoršujícími stanovištními podmínkami, na kterých se obnova původního lesního ekosystému stává velmi obtížným úkolem. Imise se tak staly novým faktorem stanoviště, a proto už nepostačuje využití pouze empirických poznatků o pěstování lesa předávaných z generace lesníků na generaci. Jednou z možností, jak získat obraz o budoucím vývoji lesního ekosystému pod vlivem nových podmínek prostředí, je využití matematického modelování. Pomocí simulace růstových procesů je možné s předstihem usuzovat na reakce lesních dřevin a na základě těchto předpokladů vytvořit co nejvýhodnější podmínky pro zdárný vývoj porostu.

Problematickou růstových modelů lesních porostů se zabývá mnoho autorů. Účelem jejich studií je zejména prostorové znázornění struktury porostu pomocí počítačové grafiky a využití výhod počítačového zpracování pro modelování vlivu různých faktorů prostředí na strukturu porostu a jeho vývoj. Řada autorů se věnuje hodnocení vlivu struktury porostu na propustnost sluneční radiace či na produkční procesy (Kuuluvainen a Pukkala, 1987; Kellomäki et al., 1986). Jiní autoři sestavují růstové modely na základě matematických vztahů, jejichž výsledkem je předpokládaná hodnota některé hlavní porostní charakteristiky v daných časových periodách (Nyström a Gemmel, 1988).

Cílem předkládané práce je pomocí nové metodiky přispět k řešení problematiky zakládání smrkových kultur v oblastech ovlivněných imisemi. Na základě jednoduché simulace růstu koruny pak určit vhodný rozestup sazenic při zalesňování. V modelu jsou využity výhody plošného grafického znázornění, které vycházejí z tradičních lesnických přístupů (Badoux a Klocke in Assmann, 1969), tj. map korunových projekcí stromů. Pomocí jednoduchých matematických vztahů je simulováno rozrůstání korun stromů do šířky. Při posuzování výsledků je přihlíženo jak ke grafickému zobrazení, tak k číselným údajům.

Terénní šetření bylo uskutečněno ve smrkové kultuře (stáří 4 až 6 let) založené na imisní holině v západní části Moravskoslezských Beskyd na území LZ Rožnov pod Radhoštěm, LS Bečvy. Zájmová oblast se nachází v pásmu ohrožení imisemi B. Zkusné plochy byly založeny na třech lokalitách ležících v hřebenové partii. Údaje o stanovištních podmínkách na jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následujícím schématu.

Lokalita	Nadmořská výška [m]	Sklon [°]	Expozice	SLT
Tanečnice	1020—1080	12—20	J	6K1
Čertův mlýn	1040—1140	15—26	JZ	6K1, 6A4
Zmrzlý	1015—1060	15—18	S	6K1

Pro hodnocení stavu kultur v dané oblasti bylo v roce 1987 provedeno terénní šetření. Údaje byly získávány na zkusných plochách kruhového tvaru založených podle metody Katedry zakládání a pěstění lesa LF VŠZ v Brně. Tyto plochy byly v terénu vytyčeny tak, aby každá z nich představovala různou hustotu porostu a polohu z hlediska mezoreliéfu terénu. Na zkusných plochách bylo zaměřeno vždy 30 jedinců. Jejich poloha byla určena pomocí úhlové stupnice měřického stolku umístěného ve zvoleném středu plochy a pomocí pásma. Tímto způsobem byly získány polární souřadnice jednotlivých stromů — vzdálenost od středu a středový úhel ve stupních. Pro každého jedince byly zjišťovány tyto údaje: celková výška (v cm), šířka koruny ve dvou na sebe kolmých směrech (v cm). Roční výškové a boční přírůsty byly měřeny na sedmi jedincích, jejichž biometrické charakteristiky dosahovaly pro danou plochu průměrných hodnot.

Údaje z 15 ploch, které mají charakter hromadných dat, byly zpracovány na mikro-počítači Sharp MZ 800 pomocí programu v jazyce Basic, který byl pro tento účel vypracován v rámci práce SVOČ pod pracovním názvem „Program pro zpracování biometrických měření kultury smrku na zkusných plochách kruhového typu“ v roce 1988. Cílem simulace bylo získat informace o pravděpodobném vývoji kultury v nejbližších následujících letech, zejména z hlediska rozrůstání korun do šířky a vytváření korunového zápoje.

Pro složitost a rozsáhlost dané problematiky byly pro účely simulace přijaty některé zjednodušující předpoklady:

1. Horizontální projekce tvaru korun stromů je znázorněna kružnicí s průměrem rovným aritmetickému průměru změřených šířek koruny.
2. Jak při výpočtu, tak při grafickém znázornění je použita délka bočních přírůstů a větve jsou tedy považovány za vodorovné.
3. Pro posouzení zápoje porostu byl zaveden koeficient zapojení, jehož hodnota je určena jako poměr plochy, kterou cloní horizontální projekce korun stromů, a plochy kruhu představujícího danou zkusnou plochu. Takto stanovený koeficient zapojení udává kolik procent plochy opsané dané skupině stromů je v půdorysu cloněno korunami stromů. Vzhledem k nepravidelnému rozmístění stromů bylo hodnocení zápoje kontrolováno okulárně pomocí grafického výstupu. Koeficient zapojení většiny zapojených ploch dosahoval 70—90 %.
4. Velikost průměrných bočních přírůstů se vyvíjí lineárně podle přímky s obecnou rovnicí $y = ax + b$, kde koeficient a je nazýván trendem velikosti bočních přírůstů nebo zkráceně trendem. Pomocí trendu je možné stanovit pravděpodobný přírůst na větvích v jednotlivých letech pro každou zkusnou plochu.

Každá skupina třiceti stromů je zpracovávána samostatně a výpočet probíhá v několika fázích.

Přehled symbolů použitých při výpočtu (pro jednu zkusnou plochu)

Symbol	Název	Jednotka
PP	poloměr kruhové zkusné plochy	cm
PL	obsah kruhové zkusné plochy	cm ²
UH_i	středový úhel i -tého stromu	stupně
VZ_i	vzdálenost i -tého stromu od středu kruhové zkusné plochy	cm
$SI_{i,t}$	průměrná šířka koruny i -tého stromu v roce t	cm
$VY_{i,t}$	výška i -tého stromu v roce t	cm
$R_{i,t}$	poloměr koruny i -tého stromu v roce t	cm
SK_t	obsah plochy cloněné korunami stromů v roce t	cm ²
RU_t	průměrný boční přírůst v roce t	cm
z_t	koefficient zapojení v roce t	%

První část programu je nazvaná „vstup plochy“. Probíhá zde výpočet velikosti kruhové plochy s poloměrem dané zkusné plochy:

$$PL = \pi \cdot PP^2$$

Zároveň se obvod zkusné plochy zobrazí na obrazovce počítače. Následuje cyklus kroků pro zobrazení mapy průmětů korun jednotlivých stromů na ploše. Po převedení polárních souřadnic na pravouhlé se na obrazovce zobrazují postupně průměty korun jednotlivých stromů znázorněné kružnicí o poloměru $R_{i,t}$ pro i -tý strom v roce t :

$$R_{i,t} = \frac{SI_{i,t}}{2}$$

Obsah plochy cloněné korunami stromů v roce t určuje vztah:

$$SK_t = \sum_{i=1}^{30} \pi \cdot R_{i,t}^2$$

Druhou část výpočtu tvoří podprogram nazvaný „přírůst“. Probíhá zde výpočet koeficientu zapojení:

$$z_t = \frac{SK_t}{PL}$$

V další části programu je metodou nejmenších čtverců stanoven trend velikosti bočních přírůstků. Pomocí tohoto trendu lze odvodit pravděpodobnou velikost bočního přírůstu v následujících letech. Poloměr kruhu cloněného korunou i -tého stromu v roce $t+1$ je stanoven podle rovnice:

$$R_{i,t+1} = R_{i,t} + RU_t$$

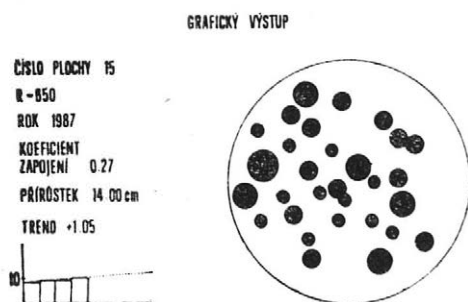
Je možné zvolit také režim zpracování O - očíslování stromů jejich pořadovými čísly, nebo P - odstranění vybraných jedinců z výpočtu i z obrazovky (prořezávka).

Počítačový vstup představuje: pořadové číslo plochy, poloměr plochy (v cm), polární souřadnice stromů, výška a šířka stromů (v cm), čísla vzorníků a hodnoty délkových přírůstků větví (v cm).

Počítačovým výstupem jsou: koeficient zapojení a rok, ve kterém bude tato hodnota koeficientu dosažena, trend vývoje bočních přírůstů.

Grafický výstup na obrazovce, resp. tiskárně: celková situace při pohledu shora — mapa zjednodušených korunových projekcí, rozrůstání korun stromů po 1 roce (tzn. zvětšování jejich půdorysu).

Program pro zpracování biometrických měření kultury smrku na zkušných plochách kruhového typu je určen pro zjištění pravděpodobné doby zapojení dosud nezapojených lesních porostů, u nichž je možné stanovit trend růstu bočních přírůstů na daném stanovišti.



1. Příklad grafického výstupu — An example of graphical output

VÝSLEDKY

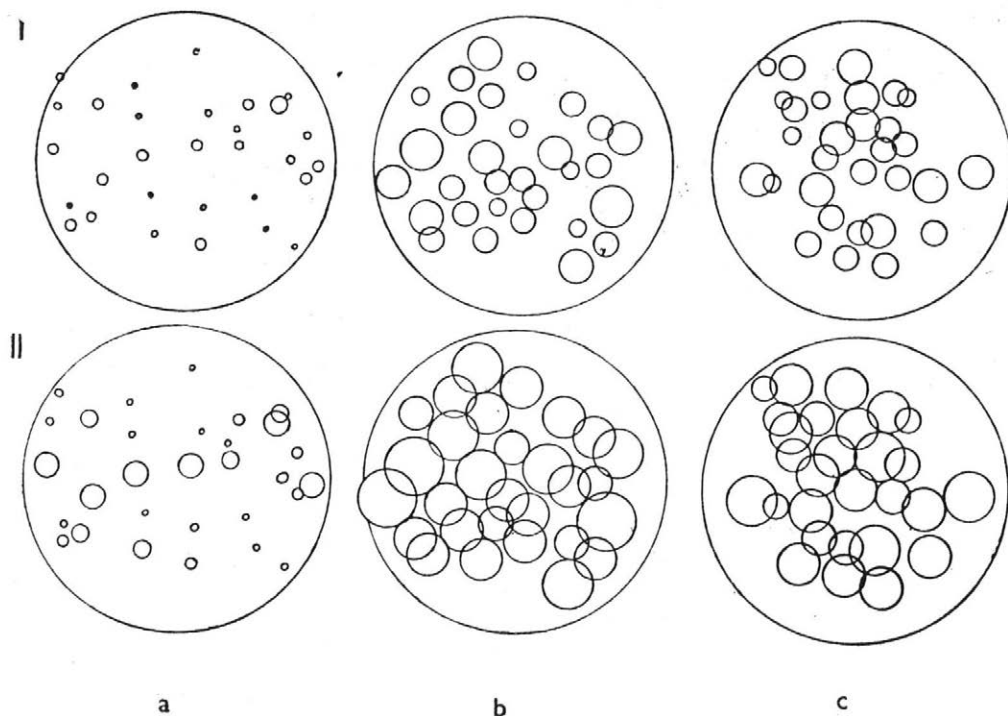
Výsledkem zpracování dat na počítači je grafické znázornění situace na dané ploše v roce terénního šetření (1987) a v době zapojení porostu. Náčrtek je doplněn údaji o zkušné ploše — pořadovým číslem plochy, poloměrem plochy a datem. V náčrtku je uvedena také hodnota koeficientu zapojení v daném roce a hodnota trendu rozrůstání korun stromů spolu s grafem průměrných bočních přírůstů za 1 rok (na ose x je vynesen čas v letech, na ose y průměrný přírůst v určitém roce v cm). Průměrnými hodnotami přírůstů je proložena přímka (znázorněno tečkovaně, obr. 1), která slouží k určení trendu velikosti bočních přírůstů na dané ploše.

Z přehledného grafického znázornění situace lze velmi snadno posoudit stav kultury z hlediska pravidelnosti rozmístění stromů po ploše, hustoty porostu, sponu a variability velikosti korun stromů na dané ploše i mezi jednotlivými plochami navzájem. Stanovení pravděpodobné doby zapojení kultury je hlavním cílem využití uvedeného programu. Program byl testován na terénních datech získaných na lokalitách Tanečnice, Čertův mlýn, Zmrzlý v Moravskoslezských Beskydách v roce 1987.

V následujícím schematu je uveden přehled průměrných hodnot biometrických veličin na jednotlivých lokalitách.

		Tanečnice	Čertův mlýn	Zmrzlý
Průměrný poloměr plochy	[cm]	687	615	621
Průměrný rozestup stromů	[cm]	211	185	145
Průměrná výška stromů	[cm]	71	116	131
Průměrná šířka koruny	[cm]	59	105	131

Kultura na lokalitě Tanečnice dosahuje výrazně nejnižších hodnot biometrických veličin a také pravděpodobná doba zapojení je zde o 2 až 5 let delší než na ostatních lokalitách.

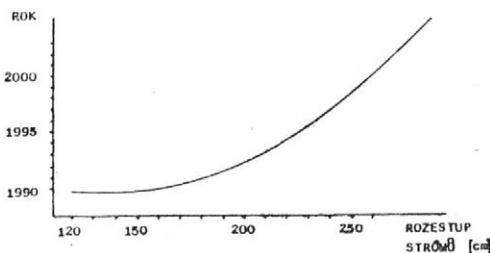


2. Grafické znázornění situace na příkladu z každé lokality: a - Tanečnice, b - Čertův mlýn, c - Zmrzlý; I - stav v roce 1987, II. - stav po třech letech. — Graphical representation of the situation on examples from each locality: a - Tanečnice, b - Čertův mlýn, c - Zmrzlý. I - the state in 1987, II - the state after three years.

Situace na lokalitě Čertův mlýn a Zmrzlý je podstatně příznivější, k zapojení porostu zde dojde dříve, i když zejména na lokalitě Zmrzlý bude mít zápoj skupinovitý charakter v důsledku nepravidelného rozmístění stromů.

Závislost doby zapojení porostu na rozestupu stromů je možné vyjádřit parabolou. Je-li průměrný rozestup stromů na ploše menší než 200 cm, nemá tato vzájemná vzdálenost mezi stromy podstatný vliv na rychlost zapojení kultury. Naproti tomu, je-li průměrný rozestup stromů větší než 200 cm, doba zapojení se výrazně prodlužuje. Zvětšení rozestupu mezi stromy o 10 cm znamená prodloužení doby zapojení o 1 rok (obr. 3). Jestliže se kultura má zapojit za 8 až 10 let po zalesnění, pak by měl být rozestup stromů nyní 120 až 150 cm.

3. Graf závislosti doby zapojení porostu na rozestupu stromů — Dependence of the time of canopy formation on tree spacing



Na základě grafického znázornění situace na jednotlivých zkusných plochách a podle pravděpodobné doby zapojení kultury je možné posoudit současný stav a rozvoj kultury na sledovaných lokalitách.

Současný rozestup stromů na lokalitě Tanečnice nedovoluje při zachování dosavadního trendu zapojení porostu dříve než za 10 až 15 let po zalesnění. Toto zjištění se týká zejména exponované části lokality. Na lokalitě Čertův mlýn a Zmrzlý hustota kultur odpovídá stanovištním podmínkám, k zapojení by mělo dojít 8 až 9 let po založení kultury. Na lokalitě Zmrzlý bude mít zápoj skupinovitý charakter.

Peřina (1984) uvádí pro daný HS průměrnou vzdálenost mezi stromy v 5 až 6leté kultuře smrku v pásmu ohrožení imisemi B 100 až 140 cm a počáteční vzdálenost 50 cm. Výsledky získané pomocí simulace potvrzují tyto závěry. Průměrný rozestup stromů na zájmových lokalitách by měl být 120 až 150 cm, v partiích s extrémními podmínkami prostředí až 100 cm.

Na hustotu kultur má vliv celá řada faktorů. V imisních oblastech se navíc zvyšují ztráty uhynutím sazenic, které mají na rozdíl od normálních podmínek víceméně chronický charakter. Nezastavují se ani v odrostlých kulturách, kde probíhá dále samovolná selekce. V imisně zasažených oblastech je to u smrku běžný jev, poněvadž kultury jsou doposud zakládány materiálem, který je z hlediska tolerance k imisím velmi variabilní.

Avšak zvýšením hustoty se ještě nezaručí vytvoření stabilního porostního celku. Zároveň je třeba zabezpečit nejen dostatečný počet sadebního materiálu, ale také sadební materiál odpovídající kvality a provenience. Další možností je využívání vhodných kombinací cílových dřevin k vytvoření rovnoměrných směsí, které budou stabilnější než smrkové monokultury. Hustotu budoucího porostu je nutné stanovit na základě podrobného rozboru stanovištních poměrů — zejména mikroklimatických podmínek na holinách, které jsou variabilní a mohou významně ovlivnit úspěch zalesňování. Stanovení hektarového počtu sazenic konstantně pro celou plochu kalamitní holiny není vhodné. Stanovený počet sazenic na hektar je třeba brát pouze jako průměrný a zalesňování provádět diferencovaně podle nepříznivých i příznivých podmínek stanoviště.

Stanovení průměrného hektarového počtu sazenic je ale pouze základním předpokladem k úspěšnému založení kultury, na který musí navazovat promyšlený systém opatření vedoucích k žádoucí struktuře porostu.

Děkuji doc. ing. V. Tesařovi, CSc., ing. P. Borusíkovi a ing. Hyblerovi za odborné vedení práce a pomoc při získávání vstupních dat i při jejich zpracování a vyhodnocování.

Literatura

- ASSMANN, E.: Náuka o výnose lesa. Bratislava, Příroda 1969, 488s.
 KELLOMÄKI, S., KUULUVAINEN, T., KURTIO, O.: Effect of crown shape, crown structure and stand density on the light absorption in a tree stand. In: Fujimori, T., Whitehead, D. (eds.): Crown and Canopy Structure in Relation to Productivity. Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki, 1986, s. 339–358.
 KUULUVAINEN, T., PUKKALA, T.: Effect of crown shape and tree distribution on the spatial distribution of shade.
 In: Agriculture and Forest Meteorology, 40, č. 3, 1987, s. 215–231.
 NYSTRÖM, K., GEMMEL, P.: Models for predicting height and diameter of individual trees in young *Picea abies* (L.) Karst. stands. In: Scandinavian Journal of Forest Research, 3, 1988, s. 213–228.
 PEŘINA, V. a kol.: Obnova a pěstování lesních porostů postižených průmyslovými imisemi. Praha, SZN 1984, s. 176.

ŠTĚPÁNSKÁ, L.: Péče o kultury v imisně exponované části poleší Bečvy, LZ Rožnov p. Radhoštěm. Diplomová práce. LF VŠZ Brno, 1988, 64s. + přílohy.

ŠTĚPÁNSKÁ, L.: Simulace rozrůstání smrkových kultur. Práce SVOČ. LF VŠZ Brno, 1988, 22s. + přílohy.

Došlo 7. 11. 1989

ŠTĚPÁNSKÁ, L. (Institute of Systematic and Ecological Biology, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno): *Development of the canopy of spruce cultures: growth simulation*, Lesnictví, 37, 1991 (2): 125–131.

The simulation of spruce culture growth and development contributes to the solution of problems concerning the foundation and growing of spruce stands on bare lands exposed to air pollution. Test localities were situated in the region of the Rožnov pod Radhoštěm forest establishment, in the B pollution zone, at the height of 1020 to 1140 above sea level. These three localities were characterized by their on-site conditions. In the present study biometrical measurements from 15 test plots are processed by means of a computer programme. The results indicate the probable time of canopy formation on different plots, and the graphical representation of horizontal projections of tree crowns is presented. A dependence of the time of canopy formation on tree spacing is evaluated; in the final part of this paper the density of forest stand suitable to be grown at these localities is proposed with respect to the final goal: achievement of a stable forest stand.

spruce culture; stand density; simulation of tree crown growth; region exposed to air pollution

Adresa autorů:

Ing. Lada Štěpánská, Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV, Poříčí 3b, 603 65 Brno

AKTUALITA

STO LET VÝVOJE MEZINÁRODNÍ UNIE VÝZKUMNÝCH ÚSTAVŮ LESNICKÝCH IUFRO

V roce 1890 se konal ve Vídni mezinárodní zemědělský a lesnický kongres, na kterém bylo rozhodnuto o založení tehdy německého Svazu pokusných lesnických stanic, který se stal zárodkem pozdější nejprve evropské a pak celosvětové organizace výzkumných ústavů lesnických se zkratkou IUFRO. Jejím účelem je racionalizace výzkumu, sjednocení měřicích systémů a podpora mezinárodní spolupráce v lesnickém výzkumu, v posledním období i záchrana světových lesů a ochrana životního prostředí v světovém měřítku ve spolupráci s jinými organizacemi tohoto zaměření.

Rok 1890 pokládá IUFRO za rok svého založení, i když šlo tehdy o malý začátek poměrně lokálního významu. V současné době sdružuje tato organizace asi 10 000 vědeckých pracovníků z 89 zemí a spolupracuje s dalšími významnými světovými organizacemi, jako je např. MAB (Man and the Biosphere — člověk a biosféra, založená při UNESCO v roce 1970, FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nation — organizace pro výživu a zemědělství) založená 16. 10. 1945 a zabývající se i lesnickými otázkami Spojených národů. Její lesnické oddělení, kam patří i lesní produkty, bylo vytvořeno v roce 1946.

Vlastní zakládající sjezd Svazu pokusných lesnických stanic se konal v roce 1983 v Mariabrunnu v Rakousku. Další sjezdy se už nazývaly kongresy. Druhý byl roku 1896 v Brunšviku, třetí 1900 v Curychu, čtvrtý 1903 opět v Mariabrunnu, pátý 1906 v Stuttgartu, šestý 1910 v Bruselu, sedmý 1929 ve Štokholmu, osmý 1932 v Nancy, devátý 1936 v Budapešti. Světová hospodářská krize a pak druhá světová válka způsobily dvanáctiletou přestávku, takže desátý kongres se uskutečnil až v roce 1948 v Curychu. Na něm byla dohodnuta nová organizace svazu a zahájena spolupráce s FAO. Jedenáctý kongres byl 1953 v Římě, dvanáctý 1956 v Oxfordu, třináctý 1961 ve Vídni a čtrnáctý 4.—9. 10. 1967 v Mnichově. Od patnáctého kongresu už opouští tato organizace území Evropy, neboť ten se konal 14.—20. 3. 1971 v USA v Gainesville na Floridě. Šestnáctý byl 21.—26. 5. 1976 v Oslo a sedmnáctý byl jako první v Asii v Kjótu v Japonsku v roce 1981. Osmnáctý byl v září 1986 v Lublani.

Kromě těchto základních či celosvazových kongresů se uskutečnilo mnoho mezinárodních konferencí na dílčí náměty, pro navázání spolupráce s jinými mezinárodními organizacemi, jako byla konference 18.—23. 5. 1980 ve Flagstaffu u USA (Arizona) společně s MAB, kde na pořadu byl výzkum rozmanitého využití lesních zdrojů, dále mezinárodní setkání nejrozmanitějších pracovních skupin. Ty byly soustředěny do šesti oddělení IUFRO: 1. nauka o lesním stanovišti, pěstování lesa, růst a produkce, 2. lesnická botanika a ochrana lesa, 3. práce v lese a lesnická technika, 4. plánování, lesnická ekonomika, organizace produkce a lesnická politika, 5. lesnické produkty, 6. všeobecné otázky. IUFRO dále vydává světovou lesnickou bibliografii, od roku 1954 podle desetinného oxfordského třídění, dále periodika IUFRO New a ve třech řečech Annual Report, Rapport Annuel, Jahresbericht.

V Československu jsou informace o této organizaci velmi těžko dostupné, i když IUFRO posílá informace lesnickým ústavům a jednotlivým vědeckým pracovníkům do Československa, ale v knihovnách se neukládají a např. v Ústřední zemědělské knihovně ÚVTIZ v Praze není o ní téměř nic. Naproti tomu např. polská lesnická encyklopedie podává nejen přehled činnosti IUFRO, ale i informace, kteří Poláci se jednotlivých kongresů účastnili. Podrobnější informaci o sedmnáctém světovém kongresu v roce 1981 v Japonsku podal ing. E. Václav v beletristické cestopisné knize *V zeleném království pěti kontinentů*, jež vyšla ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze v roce 1989 (s. 229—233). Jednání tohoto kongresu mělo hlavní heslo *Výzkum dneška pro lesy zítřka* a účastnilo se ho 742 delegátů ze 70 států světa. Závěrečná kongresová deklarace apelovala na záchranu světových lesů, kulturní a ekonomické faktory v různých částech světa (především v rozvojových zemích) a kladla důraz i na nutnost spolupráce výzkumníků s politiky jak na národní, tak na mezinárodní bázi a vyzývala vlády, aby poskytovaly odpovídající prostředky pro lesnický výzkum a jeho boj za záchranu světového lesního fondu.

Jinak se Československo aktivně zapojilo v pracovní skupině IUFRO S.2.09-00, která se zabývá znečištěním ovzduší, tím, že u nás uspořádalo na tento námět dvě mezinárodní pracovní konference. V mezinárodním pořadí to byla devátá konference 15.—18. 10. 1974 v Mariánských Lázních a třicátá 27. 8.—1. 9. 1984 v Mostě. Srovnáme-li však vnější úpravu, uspořádání a úroveň sborníků z těchto konferencí v Československu se sborníky obdobných akcí v Rakousku (které vycházejí ve sbírce *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien*), je to dojem velmi trapný. Protože rakouské publikace mají největší význam i pro naše lesnictví, uvádím přehled některých pracovních skupin IUFRO, z kterých vyšly publikace v uvedené rakouské sbírce a jsou tam dosud dosažitelné:

- 1.01-04 Fyziologické aspekty ekologie lesa
- 1.02-06 Stanovištní klasifikace
- 1.02-07 Kvantitativní vyšetřování stanovištních faktorů
- 1.04-00 Bystřiny, sněh a laviny
- 2.06-02 Rakoviny a sypavky jehličnanů
- 2.09-10 Změny přírůstu, diagnóza a zhodnocení
- 4.01-00 Dendrometrie, přírůst a výnos
- 6.07-00 Dějiny lesnictví

Doc. ing. Antonín P ř í h o d a, 252 67 T u c h o m ě ř i c e 26

POUŽITÍ LESLIEHO MATIC PRO PREDIKCI VÝVOJE SMRKOVÝCH POROSTŮ POD VLIVEM IMISÍ

S. Vacek, J. Lepš

VACEK, S. — LEPS, J. (Výzkumná stanice VÚLHM, Opočno; Jihočeské biologické centrum ČSAV, České Budějovice): *Použití Leslieho matic pro predikci vývoje smrkových porostů pod vlivem imisí*. Lesnictví, 37, 1991 (2): 133–159.

Dynamika strukturálních změn v přírodních smrkových lesích pod vlivem imisí byla experimentálně řešena v letech 1976 až 1988 na pěti trvalých výzkumných plochách (TVP) v ochranných lesích hospodářského souboru (HS) 01 (TVP C, D, E) a HS 02 (TVP A, B) v pásmu ohrožení imisemi B a C v Krkonoších. V souladu s hlavním cílem práce byl největší důraz kladen na získání poznatků o dynamice vývoje přírodních smrkových lesů pod vlivem imisí. Experimentálně podložené směrnice pro úpravu hospodaření v imisemi poškozených porostech totiž nelze zodpovědně formulovat bez předcházející hluboké analýzy dynamiky strukturálních změn v těchto porostech, tj. analýzy vývoje poškození a odumírání ekosystémů i jejich složek. Na základě rozsáhlých strukturálních a vývojových analýz prostorově a věkově značně diferencovaných autochtonních smrkových porostů pralesovitěho charakteru byla provedena syntéza, umožňující globální hodnocení situace a zpracování dynamických modelů vývoje porostů na základě Leslieho matic. Pro predikci vývoje byl užít jednak klasický analytický model a jednak simulační model s vlivem i bez vlivu periodicity semenných let. Oba modely byly aplikovány ve dvou variantách, a to pro přirozené podmínky prostředí a pro stávající imisní ekologické poměry. U simulace stávajících imisních ekologických poměrů byla navíc vytvořena subvarianta vývoje s ukončením vlivu imisí. Z analytického modelu vyplývá, že smrkové populace si za přirozených podmínek v dlouhodobém trendu zachovávaly přibližně stejnou velikost ($\lambda_1 = 1,005 - 1,034$). Výjimkou byla nejvýše položena TVP A při horní hranici lesa, kde došlo k mírné redukci populace ($\lambda_1 = 0,995$). Porosty v nižších polohách (HS 01) měly vyšší reprodukční potenciál, než ve vyšších polohách (HS 02). S poklesem nadmořské výšky roste význam konkurence jako faktoru regulujícího velikost populace. Za současné imisní ekologické situace velikost populací na všech TVP klesá a rychlost jejich vymírání vzrůstá se stoupající nadmořskou výškou. V porostech HS 01 poločas rozpadu v průměru činí 24 let a v HS 02 je 9 let. Výsledky simulačního modelu vývoje porostů odpovídají výsledkům analytického modelu. Ze simulací vývoje populací za přirozených podmínek a vlivem či bez vlivu periodicity semenných let je zřejmé, že s poklesem nadmořské výšky se zvyrazňuje cyklický vývoj porostů a prodlužuje délka vývojového cyklu. Za stávající imisní ekologické situace se pouze v porostech HS 01 po určitou dobu (asi do 50 až 110 let) udrží některé stromy nižších věkových skupin, a to ze semenáčků, které jsou ještě nyní přítomny, popř. i ze semen, jelikož zde dosud slabé semenné roky občas vyskytují. Ze simulačního toku s ukončením vlivu imisí vyplývá, že schopnost regenerace porostu závisí výrazně na stupni jeho poškození, tzn. na době, po kterou budou imise působit a dále, že k výraznému snížení regeneračních schopností porostů může dojít během několika (asi 10) let. Bylo ověřeno, že Leslieho maticový model odráží základní vlastnosti chování porostů; z kvalitativního hlediska (simulace cyklického vývoje porostů) je shoda chování s experimentálně zjištěným chováním porostů velmi dobrá, z kvantitativního hlediska simuluje model většinou realistické hodnoty počtu individuí, matematické modelování; predikce vývoje; autochtonní smrkové porosty; imise

Lesy střední Evropy jsou v posledních letech postiženy velkoplošným kalamitním působením negativních imisních ekologických vlivů, které v řadě oblastí způsobují destrukci až odumírání porostů. Zejména v uplynulých 10 letech došlo k prudkému zhoršení zdravotního stavu lesů, které vyvolává ty nejvážnější obavy hlavně v horských oblastech, a to i bez zřetelného vztahu k velkým emisním zdrojům. Podobná situace je i v ČR, kde vlivem imisí je poškozeno (stupeň poškození 0/I – IVb) 52,2 % rozlohy lesů (stav k r. 1988 podle Lesprojektu).

Mezi lesy ČR zasaženými imisně ekologickými vlivy vystupují do popředí zájmu veřejnosti Krkonoše, které vedle produkce dřeva mají především mimořádný význam z hlediska plnění ekologických i environmentálních funkcí lesa, zejména pak vodohospodářských, půdoochranných, klimatickoochranných a rekreačních. Vlivem imisí je zde poškozeno (stupeň poškození 0/I — IVb) 100 % rozlohy lesů (stav k r. 1988 podle Les-projektu). Tato situace značně negativně působí nejen na produkční, ale i na ekologické a environmentální funkce lesů a tím způsobuje těžkosti a nenahraditelné škody lesnímu a vodnímu hospodářství i státní ochraně přírody.

Jedním z nejdůležitějších úkolů lesního hospodářství jak v současné době, tak i v nejbližší budoucnosti se proto stává obnova lesů zničenými imisemi. Předpokladem úspěšného zvládnutí tohoto nelehkého úkolu je získání dostatečných poznatků nejen o vlivu znečištění ovzduší na lesy a o hospodářských opatřeních v pěstební činnosti v imisních oblastech, ale i o vývoji imisní kalamity, tj. o prognózách poškození a odumírání lesních ekosystémů.

Exaktní predikce vývoje poškození lesů imisemi je však velmi obtížná a podle některých autorů dokonce nemožná, poněvadž jde o velice složitý komplex příčin (např. Ott, 1984; Poleno, 1984 a Steinlin, 1984). Jde nejen o druh a koncentraci škodlivých látek v ovzduší, ale i o patogenní organismy (hmyz, houby, bakterie, viry), klimatické vlivy (mráz, sucho, zimní vysychání), zhoršování půdních vlastností, poruchy ve výživě rostlin (tzv. kareční jevy) aj. Ze značné různorodosti faktorů, uplatňujících se v souběhu s poškozováním lesních porostů imisemi (Materna, 1978; Smith, 1981; Lammel, 1984; Peřina a kol., 1984, 1987; Wentzel, 1984 apod.), vyplývá i složitost a obtížnost prognózy dalšího vývoje poškozování lesů.

Nicméně poznání strukturálních procesů ve smrkových porostech pod vlivem imisí a prognóza jejich dalšího vývoje jsou nutné, neboť jsou základním předpokladem pro stanovení specifických zásad obhospodářování těchto lesů.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Souhrnný přehled využití metod matematického modelování v lesnickém výzkumu i praxi je popsán v práci Lepše a Vacka (1986a). V současné době je zřejmé, že matematické modely mohou být při studiu reakce lesního porostu na imisní zátěž užity především ke dvěma účelům. Jednak pro testování hypotéz o mechanismech působení a jednak pro predikci dalšího vývoje. Uvažujeme pouze modely na úrovni porostů, oddělení či lesních hospodářských celků, ne však modely globálního ovlivnění v rámci kontinentů, jaké jsou užívány např. v IISA. Modely pro testování hypotéz o mechanismech musí být především věrné a musí mít vysokou rozlišovací schopnost, většinou až na fyziologické úrovni, viz např. Bossel (1986).

Pro predikci vývoje jsou naproti tomu často dostačující modely s menší rozlišovací schopností, vycházející ze změn charakteristik růstu a reprodukce jednotlivých individuí (např. Kercher a Axelrod, 1984; Lepš a Vacek, 1986b).

Většina modelů populační dynamiky popisuje pouze změny celkového počtu jedinců dané populace. Tyto modely jsou vhodné pro výzkum stejnověkových populací. Při studiu vývoje různověkových přírodních lesů se užívají modely populace s věkovou strukturou. Do populační ekologie zavedl tyto modely Leslie (1945, 1948), proto se užitým maticím říká Leslieho maticové modely. Modely vychází z předpokladu, že míra úmrtnosti i plodnosti velice často závisí na věku jedince. Většinou se zkoumá populace přirozeným způsobem rozpadá na několik věkových skupin, uvnitř kterých můžeme předpokládat stejnou plodnost i úmrtnost. Typickým příkladem jsou texturně vyhraněné vývojové fáze a stadia přírodních lesů. Tyto prostorové skupiny jsou však převážně věkově nerovnoměrné; v souladu s teorií maticového počtu je však třeba pro výpočty volit stejné věkové kategorie. Proto se empirický odhad parametrů terénním pozorováním provádí v rámci jednotlivých věkových skupin (fází a stadií) pro stejné věkové kategorie (např. o rozpětí 1 rok), čímž se vyhová základnímu biologickému i matematickému předpokladu aplikace Leslieho matic.

Princip Leslieho modelu z metodického hlediska rozebírá např. Kindlmann (1989). Aplikacemi Leslieho matic na lesní hospodářství se zabývali Usher (1966, 1967/68, 1969a, 1969b, 1972), Hartshorn (1975) a Hayslett a Solomon (1983).

Při současné imisní kalamitě v lesích je pro lesní hospodářství jednou z nejdůležitějších otázek, jaký je a jaký bude její další vývoj, tj. jak rychle bude postupovat destrukce lesních porostů. Hlavním cílem práce proto bylo získat poznatky o dynamice vývoje přírodních smrkových lesů pod vlivem imisí v Krkonoších.

MATERIÁL A METODIKA

V práci je aplikován dynamický matematický model vývoje populace založený na Leslieho maticích. Na základě dlouhodobého sledování pěti trvalých výzkumných ploch (TVP) na výškovém průřezovém pásu v západních Krkonoších bylo získáno pět různých matic. To umožnilo zhruba odhadnout závislost destrukce původních smrkových porostů na daných imisní ekologických poměrech.

VÝBĚR A ZAKLÁDÁNÍ TRVALÝCH VÝZKUMNÝCH PLOCH

Po prostudování dostupných archívních a literárních pramenů o autochtonních smrkových porostech v Krkonoších byl získán základní přehled o rozložení zbytků těchto přírodních porostů. Jako historicky nejceněnější zbytky původních porostů krkonošského ekotypu smrku [*Picea abies* (L.) *concordica* Svoboda] se jeví pralesovitě útvary na severním svahu Medvědína a Krkonoše, na území, vyhlášeném již v r. 1904 rezervací, zvaném Strmá stráň, tj. v oblasti Labského dolu v Sedmi-dolích.

Při terénních pochůzkách autochtonními smrčiny na Strmé stráni byl vybrán modelový vertikální transekt. Výzkumné plochy byly vybírány z hlediska dendrometrického, fytocenologického, pedologického a mikroklimatického tak, aby byly přibližně homogenní a reprezentovaly růstové poměry celého modelového vertikálního transektu, tj. aby byl zachycen výškový gradient strukturních a vývojových změn porostu počínaje podmínkami boje jedinců o přežití na horní hranici lesa až po projevy výrazné prosperity autoregulačně se vyvíjejících porostů. Pět TVP bylo umístěno přibližně na úhlopříčce modelového vertikálního transektu v nadmořské výšce 981 až 1237 m, protože tyto porosty nebyly s velkou pravděpodobností dotčeny hospodářskou činností. Výzkumné plochy o velikosti 50 × 50 m (0,25 ha) mají všechny náležitosti TVP.

VÝZKUM V POROSTECH

Ekologickou analýzou vlivu imisí na ekosystém autochtonní horské smrčiny pralesovitého charakteru měly být získány poznatky především o tom, jak jsou narušovány nebo měněny vztahy uvnitř dřevinné složky ekosystému, tvořící jeho podstatu.

Analýza vlivu imisí vycházela z dendroekologických reakcí jednotlivých stromů v rámci textury porostů. Při základních dendrometrických rozbořech byly u všech individuí smrku (popř. ostatních dřevin) měřeny a hodnoceny: výčetní tloušťka a výška stromů, výška nasazení zelené koruny, korunové projekce stromů, stromové rozestupy, věková struktura, stromové třídy podle Zlatníka (1976), stupně uvolnění koruny podle Assmanna (1961) a olistění podle Tesaře a Temlové (1971).

ČASOVÝ PRŮBĚH ZÍSKÁVÁNÍ ÚDAJŮ NA TVP

Všechny výše popsané znaky byly měřeny a hodnoceny poprvé v průběhu od skončení vegetačního období v r. 1976 do počátku vegetačního období v r. 1977. Pouze odběr vývrtů a kotoučů byl proveden až po skončení vegetačního období v r. 1977. Každoročně potom v září a v říjnu (včetně r. 1987) byly měřeny tloušťky kmenů, výšky nasazení zelené koruny, hodnocen stupeň uvolnění koruny, olistění (u jedinců nehroubí byl měřen výškový přírůst a hodnocena jejich pokrývnost), kvantita plodivosti a změny v počtu semenáčků nejmladších věkových kategorií. Každoročně byly také blíže zkoumány stromy odumřelé a stromy, u nichž docházelo k výraznému trendu odlisťování. Vždy po pěti letech (tj. v r. 1980 a 1985) byly měřeny výšky stromů (hroubí) a korunové projekce. Pouze další výběr vývrtů a kotoučů byl proveden až po osmi letech (tj. v r. 1985). Přehled základních údajů o TVP A — E je uveden v tab. I.

POPIS MODELU

Při užití Leslieho matic je třeba mít na zřeteli, že se jedná o zjednodušení reality, dané především lineární formou modelu, která umožňuje snadnou manipulaci s využitím maticové algebry.

I. Přehled základních charakteristik o TVP A-E (0,25 ha) na lesní správě Špindlerův Mlýn (LZ Vrchlabí) — Basic characteristics of permanent research plots PRP A-E (0.25 ha) in the Špindlerův Mlýn forest administration (Vrchlabí forest establishment)

Charakteristiky ¹				TVP ²				
				A	B	C	D	E
Porost ³				175B ₁₇	175B ₁₇	175C ₁₇	175C ₁₇	175C ₁₇
Nadmořská výška ⁴ m				1220	1170	1120	1050	990
Expozice ⁵				SV	SV	SV	SV	SV
Sklon ⁶ °				29	26	23	24	22
Geologický podklad ⁷				středně zrnitá biotitická žula ¹⁷	středně zrnitá biotitická žula ¹⁷	středně zrnitá biotitická žula ¹⁷	středně zrnitá biotitická žula ¹⁷	středně zrnitá biotitická žula ¹⁷
Půda ⁸				výrazný humusoželezitý podzol ¹⁸	střední humusoželezitý podzol ³⁸	oglejený podzol ³⁹	oglejený podzol ³⁹	střední železitý podzol ⁴⁰
Průměrná ⁴² ($\bar{x}$)	teplota ⁹	stanice Špindlerův Mlýn ¹⁰	°C	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
	srážky ¹¹		mm	1322	1322	1322	1322	1322
	kon- centrace ¹² SO ₂	stanice Labská bouda ¹³	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	20	20	20	20	20
Lesní typ ¹⁴				8Z ₄	8Z ₄	8N ₁	8N ₁	8N ₁
Hospodářský soubor ¹⁵				02	02	01	01	01
Pásmo ohrožení imisemi ¹⁶				B	B	C	C	C

Dřevina ¹⁹				smrk 10 ²²	smrk 10 ²²	smrk 10 ²²	smrk 10 ²²	smrk 10 ²²
Věk ²⁰		roky ²¹		135	180	188	198	210
Střední	výška ²³	m		11	19	26	31	33
	výčetní tloušťka ²⁴	cm		30	42	46	52	54
Bonita ²⁵		°		9	9	9	9	9
Zásoba hroubí ²⁶	živá ²⁷	m ³		42	100	171	182	211
	odumřelá ²⁸	m ³		9	15	20	56	39
Četnost ²¹	stromové patro ³⁰	sm	ks	74	77	84	60	61
		jř	ks	—	1	—	—	—
	nálet a nárost ³¹	sm	ks	34	44	172	1725	2964
		jř	ks	16	34	23	24	33
		bk	ks	—	—	3	—	5
		kl	ks	—	—	—	4	—
		jd	ks	—	—	—	—	2
Taxační zápoj ³²			0,46	0,62	0,58	0,48	0,49	
Biologický zápoj ³³			0,53	0,80	0,74	0,54	0,61	
Převládající vývojové stadium ³⁴			počáteční stadium optima ³⁵	pokročilé stadium optima ³⁶	pokročilé stadium optima ³⁶	pokročilé stadium rozpadu ⁴¹	pokročilé stadium rozpadu ⁴¹	

characteristics¹, permanent research plots², forest stand³, height above sea level⁴, exposure⁵, slope⁶, bedrock⁷, soil⁸, temperature(s)⁹, Špindlerův Mlýn station¹⁰, precipitation¹¹, SO₂ concentrations¹², Labská bouda station¹³, forest type¹⁴, management complex¹⁵, air pollution zone¹⁶, medium-grain biotitic granite¹⁷, typical humus-iron podzol¹⁸, forest species¹⁹, age²⁰, years²¹, spruce²² mean height²³, mean breast-height diameter²⁴, site quality²⁵, dimension timber stock²⁶, dimension timber stock of living trees²⁷, dimension timber stock of dead trees²⁸, frequency²⁹, tree layer³⁰, natural seeding and young growth³¹, crown density³², biological canopy³³, prevailing developmental stage³⁴, initial stage of optimum³⁵, advanced stage of optimum³⁶, middle humus-iron podzol³⁸, gleyed podzol³⁹, middle iron podzol⁴⁰, advanced stage of decomposition⁴¹, average⁴²

Byl užit maticový model ve formě:

$$\begin{bmatrix} N_{1,t+1} \\ N_{2,t+1} \\ N_{3,t+1} \\ \vdots \\ N_{i,t+1} \\ \vdots \\ N_{n,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & \dots & F_i & F_{n-1} & F_n \\ P_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & P_i & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & P_{n-1} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ N_{3,t} \\ \vdots \\ N_{i,t} \\ \vdots \\ N_{n,t} \end{bmatrix} \quad (1)$$

tj. v matematickém zápisu

$$N_{t+1} = L \cdot N_t, \quad (2)$$

kde: N_t je stavový vektor soustavy, udávající složení populace v čase t ($N_{i,t}$ je počet individuí v i -té věkové kategorii) a L je Leslieho matice, v níž hodnoty P_i jsou pravděpodobnosti přežití individua i -té věkové kategorie a F_i jsou plodnosti; n je celkový počet uvažovaných věkových kategorií v modelu; t je čas v letech (cf. Leslie, 1945, 1948)

Za fertilitu považujeme v tomto modelu počet nových individuí, kterým dá vznik jedno individuum dané kategorie. V tomto modelu tedy nesimulujeme kategorii semen vzhledem k tomu, že se jedná o diskretní model s krokem 1 rok. Semena smrku, podobně jako většiny našich lesních dřevin, si většinou v přirozených podmínkách nezachovávají klíčivost delší dobu než 1 rok a tedy neexistuje u smrku dlouhodobá zásoba semen v půdě jakou známe např. u polních plevelů. Proto bylo toto zjednodušení možné. Pro simulaci vývoje populace včetně vlivu semenných let byla použita data nejen o periodicitě semenných let, ale i o kvantitě a kvalitě semenné produkce (Vacek, 1981a, 1981b, 1981c), a to i tehdy, když samotná kategorie semen nebyla predikována.

Rozpětí věkové kategorie v modelu je 1 rok (N_1 je tedy počet jednoletých semenáčků, N_2 počet dvouletých atd.). V modelu jsme užili $n = 250$, tzn. že zanedbáváme individua starší než 250 let, jelikož na plochách se téměř nevyskytují.

Pro takovou rozsáhlou matici ovšem není možné odhadnout nezávisle všechny parametry. Protože se pravděpodobnosti přežívání mění s věkem velmi pomalu, s výjimkou nejmladších věkových kategorií, byly pravděpodobnosti přežití odhadnuty pro věkové skupiny: (1) = 1 rok, (2) = 2 roky, (3) = 3 roky, (4) = 4 až 15 let, (5) = 16–50 let, (6) = 51–140 let, (7) = 141–200 let, (8) = 201–250 let. Označme tyto odhady $P_{s1} - P_{s8}$. Tyto hodnoty byly potom přiřazeny všem prvkům matice náležejícím do dané věkové skupiny. Platí tedy např.:

$$P_i = P_{s1} \text{ pro } i = 4, 5, \dots, 15.$$

Podobně bylo postupováno při odhadech plodnosti. Zde jsme považovali stromy do 100 let za neplodné, což odpovídá empirickým datům na všech TVP, tedy $F_i = 0$ pro $i, \dots, 100$. Poté byla odhadnuta fertilita pro 1 věkovou skupinu (tj. 141 až 200 let) a hodnota, ke které klesá fertilita, když se věk blíží k 250 letům. Předpokládali jsme, že fertilita lineárně stoupá od 100 do 140 let, poté je stálá (dosahuje hodnoty F_{s7}) do věku 200 let. Na nejnižších TVP D a E jsou si hodnoty F_{s7} a F_{s8} rovny. Obdobně označujeme počet individuí ve věkových skupinách, např. N_{s5} je počet individuí o věku 16 až 50 let.

Byly odhadnuty dva soubory parametrů: pro přirozené (neimisi) podmínky a stávající imisní poměry. Pravděpodobnosti přežívání byly odhadovány různými způsoby

na základě všech dostupných dat z výzkumných ploch. V nejmladších věkových skupinách byl počet individuí dostatečně velký a jejich mortalita dostatečně vysoká, aby umožnila odhadnout mortalitu jako podíl počtu vyhynulých jedinců ku všem jedincům v daném roce, případně kombinací z různých let. Tyto odhady byly prováděny v 70. letech, před začátkem výrazného působení imisí. Ve starších věkových skupinách takový odhad nebyl možný. Mortalita ve třech nejstarších věkových skupinách byla před působením imisí natolik nízká, že v některých skupinách nedošlo k odumření stromů v průběhu několika let. Proto byly mortality odhadovány i na základě věkové a dendrochronologické analýzy nalezených odumřelých stromů na dané lokalitě. Za imisní období považujeme pro výpočty období od roku 1982. V této době mortalita ve všech třech nejvyšších věkových skupinách natolik stoupla, že bylo možno ji ve většině případů odhadnout jako poměr počtu odumřelých ke všem živým stromům v daném roce (výsledná hodnota je váženým průměrem pro roky 1982–1987). Pouze v několika málo případech, když bylo ve skupině příliš málo jedinců musel být odhad korigován. Mortalita v nejnižších věkových skupinách se příliš nezměnila a proto užíváme parametry P_{s1} až P_{s5} společně pro obě varianty.

Fertility byly odhadnuty na základě počtu semen. Vzhledem ke kroku modelu 1 rok v sobě fertilita zahrnuje i pravděpodobnost vyklíčení. Rozdíly ve fertilitě jednotlivých věkových skupin byly odhadnuty na základě rozdílů v produkci semen různě starými individui. Vzhledem k velkému kolísání produkce semen v jednotlivých letech bylo použito v imisní variantě hrubého odhadu — ve všech případech byla fertilita desetkrát snížena proti přirozenému (neimisnímu) stavu. Tento předpoklad je poměrně optimistický vzhledem k výraznému snížení kvantity a kvality semenné produkce a také ke změnám v bylinném patře, ke kterým dochází po prosvětlení porostů a jež ztěžují zmlazování.

Leslieho model je analogem modelu exponenciálního růstu. Neobsahuje žádné možnosti autoregulace. Ve skutečnosti zvýšení denzity horního stromového patra (úrovně a nadúrovně) má za následek silný úbytek světla v podúrovni i následné snížení zmlazování. Zavedení takovýchto realistických závislostí však výrazně omezuje možnost analytického řešení modelu. Obdobně je tomu se semennými roky, které se vyskytují s určitou periodicitou. Jejich zavedení v simulačním modelu není složité, znemožňuje však analytické řešení.

Leslieho model byl aplikován ve dvou formách:

1) V základní formě s pevnými prvky matice (hodnoty $P_{t,j}$ a F_t) a bez přítomnosti semenných let. V této formě umožnil analytické řešení a užití teorie vypracované pro Leslieho matice.

Rekurentní vzorec (2) lze pak přepsat do formy

$$N_{t+q} = L^q \cdot N_t, \quad (3)$$

kde: q je přirozené číslo (vyplývá z maticového počtu — Chudý, 1971; Rektorys a kol., 1973)

Cennou informaci jsme získali analýzou charakteristických (vlastních) čísel a vektoru matice L (Roberts, 1976). V případě, že největší charakteristické číslo matice λ_1 je větší než 1, potom se jedná o populaci vymírající, nebo je-li rovno 1, o populaci stagnující. Tato analýza může být užitečná i v případech, kdy uvažujeme o proměnlivých hodnotách parametrů P a F . V těchto případech bereme většinou v úvahu „optimální“ hodnotu těchto parametrů a její snížení vlivem konkurence.

Pokud i se základními hodnotami parametrů dostáváme největší charakteristické číslo matice menší než 1, dochází k vymírání populace. Čím menší než 1 je největší charakteristické číslo matice, tím je vymírání populace rychlejší. Zhruba jsme predikovali čas $t_{1/2}$, za který velikost populace klesne na polovinu předpokládáme-li $0 < \lambda_1 < 1$):

$$t_{1/2} = - \frac{\ln 2}{\ln \lambda_1} \quad (4)$$

nebo obecně, čas za který velikost populace klesne na $1/k$ původní velikosti

$$t_{1/k} = - \frac{\ln k}{\ln \lambda_1} \quad (\text{Roberts, 1976}). \quad (5)$$

Predikce i za poločas rozpadu populace je možná, tj. můžeme např. predikovat, za kolik let odumřou $3/4$ nebo $4/5$ jedinců populace. Přesnost predikce se však za poločasem rozpadu snižuje, jelikož destrukce populace potom probíhá úplně podle jiných zákonitostí. Pokud totiž v ochranném horském smrkovém lese odumře více než polovina jedinců populace, pak porost poměrně rychle, v důsledku výrazné ekologické exponovanosti prostředí, přestává plnit své ekologické funkce a v souvislosti s tím se více či méně setrvalý trend destrukce populace mění. Probíhá většinou podstatně rychleji a často s velkými „skoky“, které se markantně liší od standardních funkčních závislostí. Mechanismy imisní destrukce porostů však dosud nejsou dostatečně objasněny, a to především v důsledku nedostatečného množství experimentálních dat. Z těchto důvodů je přesná predikce totální nebo téměř totální destrukce populace velmi obtížná.

Rychlost růstu nebo vymírání celé populace jsou pochopitelně závislé i na iniciálním složení populace. Vztahy (4) a (5) platí přesně, má-li na začátku populace tzv. stabilní (věkovou) strukturu, tzn., že stavový vektor populace (N_t) odpovídá charakteristickému vektoru příslušejícímu k největšímu charakteristickému číslu (Roberts, 1976).

2) Klasický Leslieho model, umožňující analytické řešení, je analogem modelu exponenciálního růstu a neumožňuje vyjádřit vliv konkurence mezi individui. V původním lesním porostu jsou konkurencí nejvíce ovlivněny semenáčky, mladé a v růstu potlačené stromy. Proto byla v simulačním modelu vyjádřena pravděpodobnost přežívání pro prvních 5 věkových skupin v závislosti na konkurenci, a to na konkurenci individuí téže věkové skupiny a starších. Přitom vyšší (starší) individua jsou konkurenčně zdatnější než individua nižší. Byl formulován „efektivní“ počet konkurujících individuí, který se lišil pro různé věkové skupiny. Pro 5. věkovou skupinu byl:

$$N_{konk\ 5} = N_{s8} + N_{s7} + N_{s6/10} + N_{s5/30} \quad (6)$$

a pro první 4 věkové skupiny potom:

$$N_{konk\ 4} = N_{s8} + N_{s7} + N_{s6/10} + N_{s5/30} + N_{s4/200}. \quad (7)$$

Pro prvních 5 věkových skupin byla potom pravděpodobnost přežití vyjádřena jako klesající funkce „efektivního“ počtu konkurujících jedinců, tak že:

$$P_{real\ i} = P_i \cdot Q, \quad (8)$$

kde: $Q = 1$ pokud $N_{konk} < K_{opt}$

$$Q = 1 - (N_{konk} - K_{opt})/2 \cdot (K_{max} - K_{opt}) \text{ pokud } N_{konk} > K_{opt}.$$

kde: K_{opt} je optimální kapacita prostředí (tj. optimální počet jedinců stromového patra na dané ploše), K_{max} je maximální kapacita prostředí

Pokud je $Q < 0$, automaticky se dosazuje hodnota $Q = 0$, za N_{konk} se dosazuje hodnota, příslušná pro danou věkovou skupinu. Při K_{opt} nebyla pravděpodobnost přežití redukována a při K_{max} byla snížena na polovinu. V této podobě model zhruba odpovídá modelu logistického růstu se zpožděním.

Obdobně byly zavedeny bohaté semenné roky jako desetinásobné zvýšení hodnot F_{s7} a F_{s8} s periodicitou 8 až 16 let. O tom, zda semenný rok nastane, bylo rozhodnuto pomocí metody Monte Carlo.

Jak v analytickém, tak v simulačním modelu bylo při výpočtech užito rozpětí věkových kategorií 1 rok, avšak pro grafické znázornění výsledků bylo nutné výsledky simulací vyjádřit pomocí počtu individuí ve výše uvedených věkových skupinách, které odpovídají charakteristickým úsekům (fázím a stadiím) vývoje původních porostů. Věkové skupiny 1 až 3 byly voleny podle velmi odlišného podílu mortality jedinců v prvních třech letech. Ve 4. věkové skupině dochází k podstatnému poklesu mortality a tato skupina je víceméně fází nezajištěné obnovy. Věkové skupiny 1 až 4 se vyvíjejí pod přímým vlivem mateřského porostu a překrývají se se stadiem rozpadu. Věkové skupiny 5 až 8 se v podstatě již vyvíjejí bez přímé ochrany mateřského porostu; 5. věková skupina zhruba koresponduje s fází zajištěné obnovy, 6. se stadiem dorůstání, 7. se stadiem optima a 8. se stadiem rozpadu.

Při aplikaci Leslieho matic je třeba si uvědomit, že se jedná o jednoduchý model, jenž má určité vlastnosti dané jeho matematickou formou, které vždy nemusejí odpovídat realitě. Proto Leslieho matic užíváme pouze pro krátkodobé nebo nejvýše střednědobé předpovědi; v případě dlouhodobějších předpovědí jde vždy pouze o trend.

VÝSLEDKY

ANALYTICKÝ MODEL

Výsledky rozboru analytického modelu jsou uvedeny v tab. II. I z hrubých charakteristik, jakými λ_1 a $t_{1/2}$ bezesporu jsou, lze vyčíst některé směry vývoje. Za přirozených (tj. neimisních) podmínek prostředí λ_1 klesá s nadmořskou výškou. To znamená, že porosty v nižších polohách mají vyšší reprodukční potenciál. S výjimkou nejvýše položené plochy A, kde se λ_1 těsně blíží jedné, je ve všech ostatních případech λ_1 větší než 1. Protože v dlouhodobém trendu populace zachovává přibližně stejnou velikost, roste zřejmě s poklesem nadmořské výšky význam konkurence jako faktoru regulujícího velikost populace. Za imisních podmínek λ_1 ve všech případech klesá, přičemž velikost poklesu stoupá se vzrůstající nadmořskou výškou. Nejvýše položené výzkumné plochy mají tedy jak největší pokles, tak nejnižší hodnoty λ_1 , a tím nejvyšší rychlosti vymírání. Tyto rychlosti jsou velmi vysoké, zvláště na TVP A a B, kde poločas rozpadu porostu je menší než 10 let.

SIMULAČNÍ MODEL

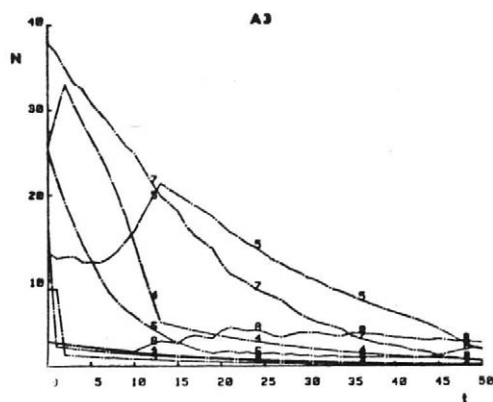
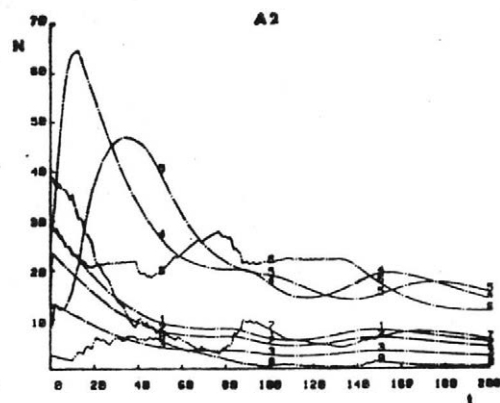
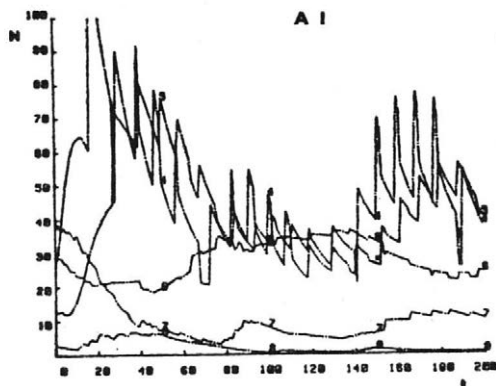
Výsledné hodnoty simulací počtu individuí v 8 věkových skupinách z TVP A — E jsou uvedeny na obr. 1 až 7. Porovnáme-li výsledky simulací za přirozených (neimisních) podmínek, ať již s vlivem či bez vlivu periodicity semenných let (obr. 1A1, 1A2 až 5E1, 5E2) na jednotlivých výzkumných plochách, vidíme, že s poklesem nadmořské výšky se zvyrazňuje cyklický vývoj porostů a poněkud prodlužuje délka vývojového cyklu. Tato charakteristika plně odpovídá experimentálním výsledkům, které v těchto porostech získal Vacek (1986).

Výsledky simulačního modelu vývoje porostů za stávajících imisních poměrů (obr. 1A3 až 5E3) odpovídají výsledkům analytického modelu. Na níže položených výzkumných plochách (zejména pak na TVP D a E) lze předpokládat, že se po určité dobu (asi do 50 až 110 let) udrží některé stromy nižších věkových skupin, a to ze semenáčků, které jsou ještě nyní přítomny, popř. i ze semen, jelikož se zde dosud slabé semenné roky občas vyskytují. Skutečností však je, že stromy vyšších (tj. plodných) věkových skupin rychle odumírají a kvantita i kvalita jejich plodivosti je výrazně snížena. V některých případech model predikuje i dočasné zvýšení počtu individuí 5. (a někdy i 6.)

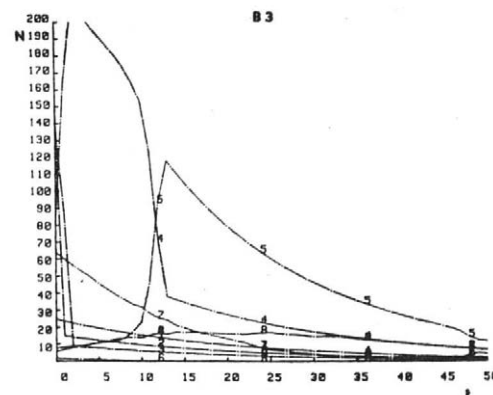
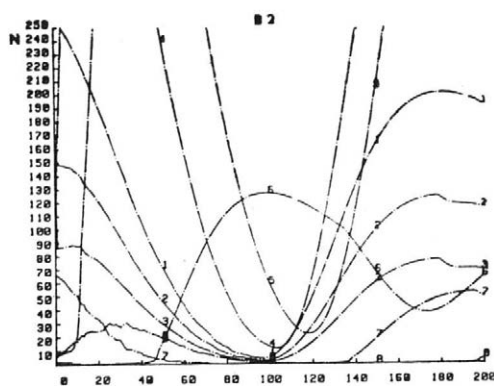
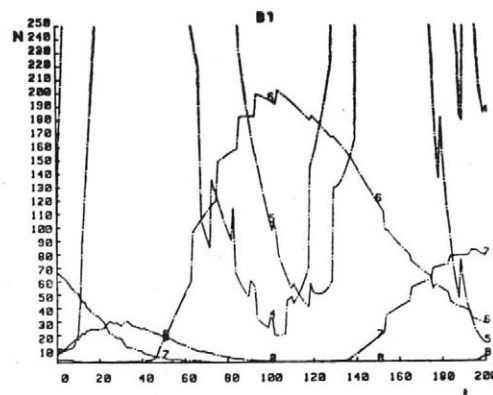
II. Hodnoty parametrů P_{s1} až P_{s8} (pravděpodobnosti přežití pro věkové skupiny) a F_{s7} a F_{s8} (fertility) užitě v Leslieho maticích, hodnoty největšího charakteristického čísla (λ_1) Leslieho matice (tj. matice řádu 250) a odpovídající odhad času, za který klesne velikost populace na jednu polovinu ($t_{1/2}$) — The values of the parameters P_{s1} to P_{s8} (probabilities of survival for age groups) and F_{s7} and F_{s8} (fertility) used in Leslie's matrices, the highest eigenvalue (λ_1) of Leslie's matrix (i. e. matrix of order 250) and the corresponding estimate of time interval when the population size decreases to a half ($t_{1/2}$)

TVP ¹	Varianta vývoje ²	P _s								F _s		λ ₁	t _{1/2}
		věková skupina jedinců ³											
		1	2	3	4	5	6	7	8	7	8		
A	přirozená ⁴	0,80	0,56	0,72	0,925	0,950	0,996	0,972	0,950	0,60	0,40	0,995	138
	imisní ⁵	0,80	0,56	0,72	0,925	0,950	0,868	0,950	0,950	0,06	0,04	0,916	8
B	přirozená ⁴	0,62	0,62	0,65	0,980	0,940	0,988	0,995	0,960	3,40	2,80	1,005	—
	imisní ⁵	0,62	0,62	0,65	0,980	0,940	0,875	0,954	0,960	0,34	0,28	0,928	9
C	přirozená ⁴	0,96	0,77	0,86	0,890	0,980	0,988	0,995	0,980	6,80	5,10	1,019	—
	imisní ⁵	0,96	0,77	0,86	0,890	0,980	0,910	0,977	0,977	0,68	0,51	0,961	17
D	přirozená ⁴	0,93	0,45	0,74	0,984	0,996	0,989	0,994	0,990	7,80	7,80	1,027	—
	imisní ⁵	0,93	0,45	0,74	0,984	0,996	0,930	0,981	0,965	0,78	0,78	0,977	30
E	přirozená ⁴	0,60	0,60	0,65	0,960	0,995	0,999	0,994	0,990	15,60	15,60	1,034	—
	imisní ⁵	0,60	0,60	0,65	0,960	0,995	0,930	0,950	0,915	1,56	1,56	0,973	26

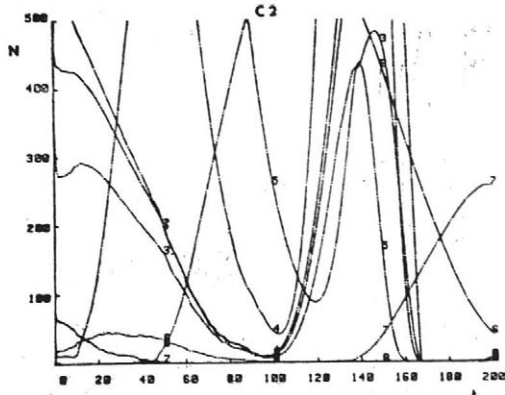
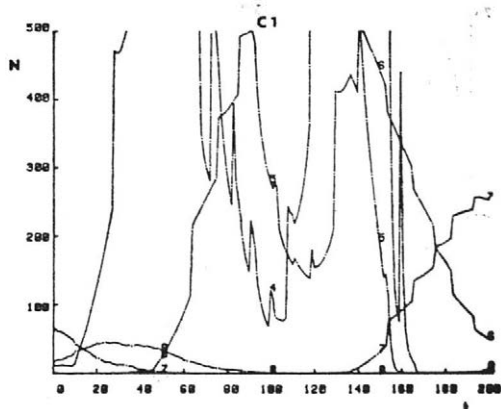
permanent research plots¹, variant of development², age group of trees³, natural⁴, pollution⁵



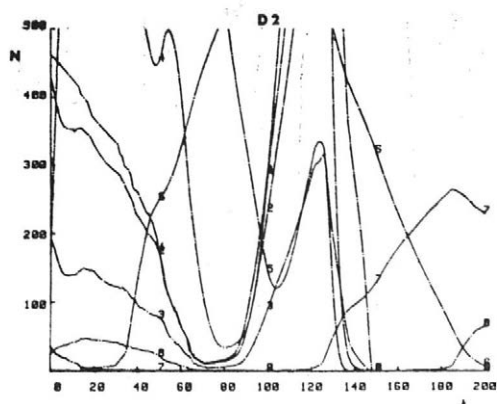
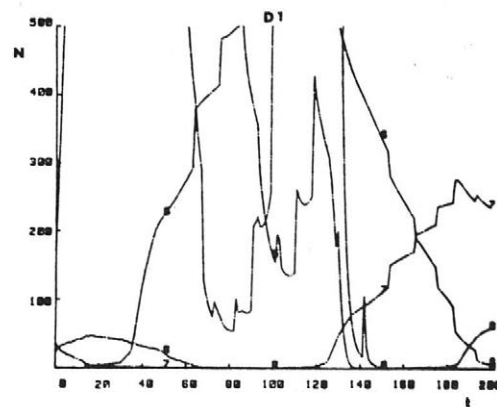
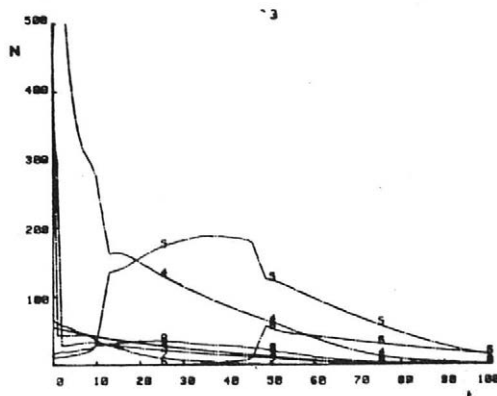
1. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP A v čase (t) za přirozených (neimisních) podmínek s vlivem periodicity semenných let (A1) a bez vlivu periodicity semenných let (A2) i za stávajících imisních poměrů (A3); čísla u křivek odpovídají věkovým skupinám — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0.25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP A in time (t) in natural (pollution-free) conditions with the effect of the periodicity of seed years (A1) and without the effect of the periodicity of seed years (A2), and under the present pollution conditions (A3); the figures of the curves correspond to the age groups



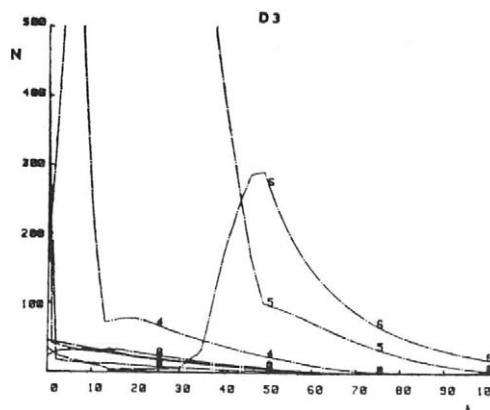
2. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP B v čase (t) za přirozených (neimisních) podmínek s vlivem periodicity semenných let (B1) a bez vlivu periodicity semenných let (B2) i za stávajících imisních poměrů (B3) — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0.25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP B in time (t) in natural (pollution-free) conditions with the effect of the periodicity of seed years (B1) and without the effect of the periodicity of seed years (B2), and under the present pollution conditions (B3)

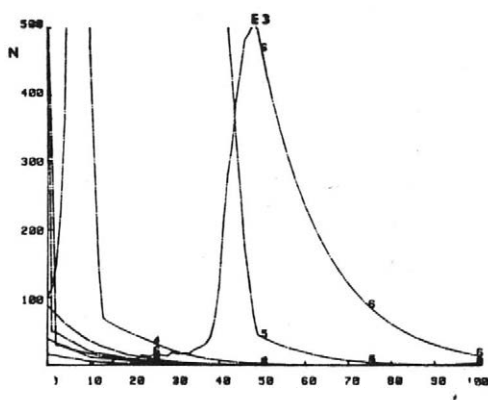
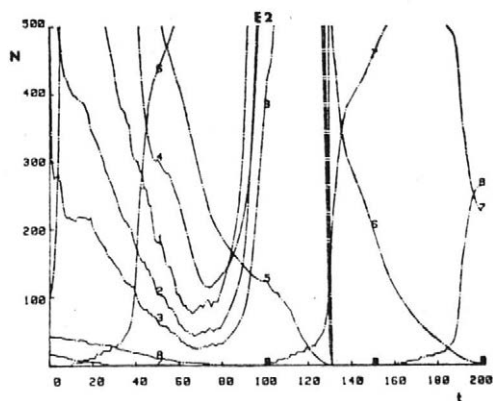
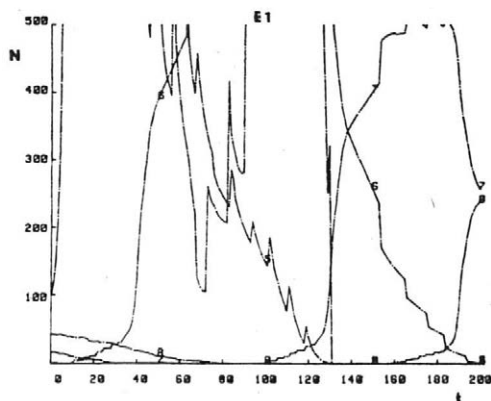


3. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP C v čase (t) za přirozených (neimisních) podmínek s vlivem periodicity semenných let (C1) a bez vlivu periodicity semenných let (C2) i za stávajících imisních poměrů (C3) — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0.25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP C in time (t) in natural (pollution-free) conditions with the effect of the periodicity of seed years (C1) and without the effect of the periodicity of seed years (C2), and under the present pollution conditions (C3)

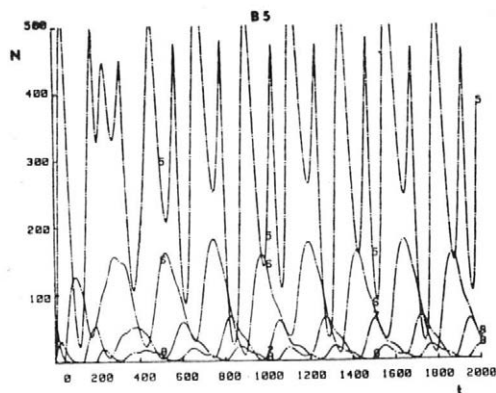
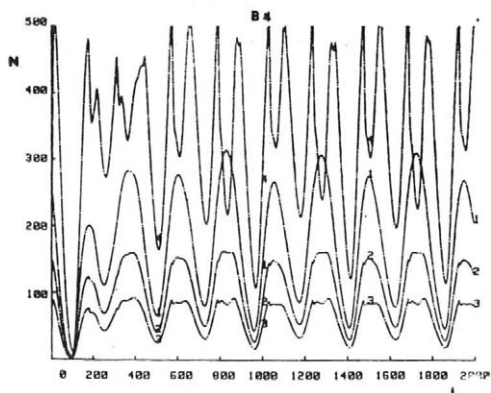


4. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP D v čase (t) za přirozených (neimisních) podmínek s vlivem periodicity semenných let (D1) a bez vlivu periodicity semenných let (D2) i za stávajících imisních poměrů (D3) — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0.25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP D in time (t) in natural (pollution-free) conditions with the effect of the periodicity of seed years (D1) and without the effect of the periodicity of seed years (D2), and under the present pollution conditions (D3)

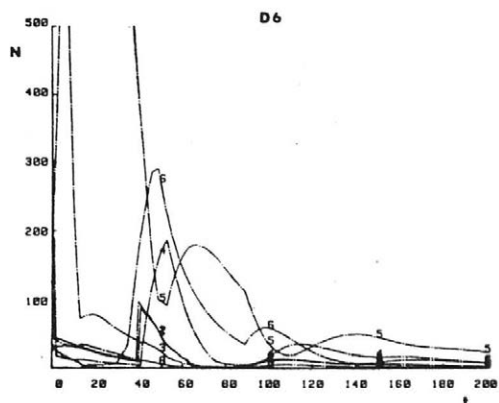
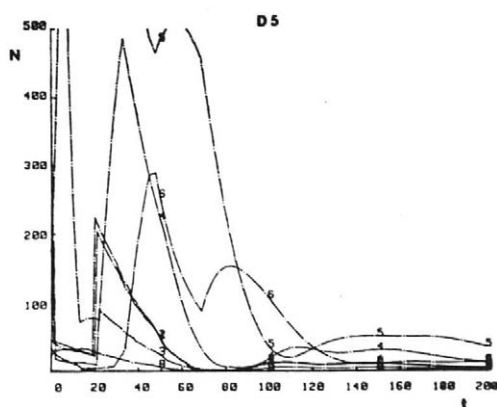
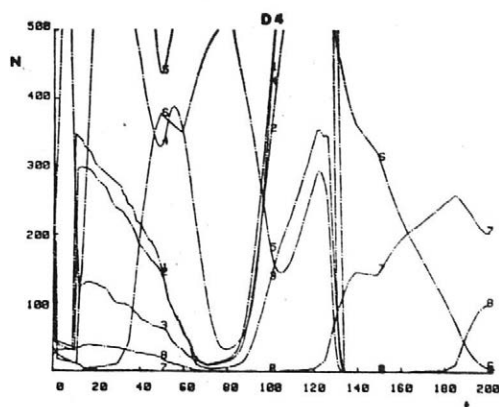




5. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP E v čase (t) za přirozených (neimisičních) podmínek s vlivem periodicity semenných let (E1) a bez vlivu periodicity semenných let (E2) i za stávajících imisních poměrů (E3) — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0,25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP E in time (t) in natural (pollution-free) conditions with the effect of the periodicity of seed years (E1) and without the effect of the periodicity of seed years (E2), and in the present pollution conditions (E3)



6. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP B v čase (t) za přirozených neimisičních podmínek v průběhu 2000 let bez vlivu periodicity semenných let: B4 - věkové skupiny 1-4 a B5 - věkové skupiny 5-8 — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0,25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP B in time (t) in natural pollution-free conditions in the course of 2000 years, without the effect of the periodicity of seed years: B4 - age groups 1-4 and B5 - age groups 5-8



7. Grafický výstup simulačního běhu maticového modelu (Leslieho matic) vývoje počtu jedinců ($N/0,25$ ha) autochtonní smrkové populace z TVP D v čase (t) za stávajících imisních poměrů a při ústupu imisního zatížení za 10 let (D4), za 20 let (D5) a za 40 let (D6) — Graphical output of the simulation run of the matrix model (Leslie's matrices) of development of the tree number ($N/0,25$ ha) of the autochthonous spruce population from PRP D in time (t) in the present pollution conditions and if the air pollution stress finishes in 10 years (D4), in 20 years (D5) and in 40 years (D6)

věkové skupiny. Tato předpověď platí ovšem za předpokladu, že imise výrazně ovlivňují mortalitu pouze u jedinců vyšších věkových skupin.

V některých případech (na TVP D a E) model simuluje dočasné zvýšení počtu individuí 7. a 8. věkové skupiny nad odhadnutou maximální nosnou kapacitu prostředí. Tuto vlastnost bude možno odstranit zpřesněním popisu konkurence a zavedením vlivu konkurence i na individua nejvyšší věkové skupiny.

Obr. 6B4 a 6B5 znázorňuje simulaci vývoje počtu jedinců na TVP B po dobu 2000 let. Je zřejmé, že při tak velkém časovém úseku se nemůže jednat o predikci. Do vývoje populace pravděpodobně zasáhnou četné kalamitní jevy i klimatické změny. Tak velký časový úsek jsme použili, abychom ukázali schopnost modelu realisticky simulovat cyklické změny ve vývoji populace. V klasickém Leslieho modelu by věkové složení populace bezpochyby konvergovalo ke stabilní věkové struktuře, avšak vzhledem k velikosti matice velmi pomalu. I délka vývojového cyklu asi 250 let vcelku odpovídá přirozeným podmínkám vývoje smrkových porostů.

Ze simulačních běhů s ukončením vlivu imisí (obr. 7D4 až 7D6) vyplývá, že schopnost regenerace porostů závisí výrazně na stupni jeho poškození, tzn. na době, po kterou budou imise působit a dále, že k výraznému snížení regeneračních schopností porostů může dojít během několika (asi 10) let.

ZÁVĚR

Z analytického modelu na bázi Leslieho matic vyplývá, že smrkové populace si za přirozených podmínek v dlouhodobém trendu zachovávaly přibližně stejnou velikost.

Za současné imisně ekologické situace velikost populací na všech TVP klesá a rychlost jejich vymírání vzrůstá se stoupající nadmořskou výškou. V porostech HS 01 poločas rozpadu v průměru činí 24 let a v HS 02 je 9 let. Výsledky simulačního modelu vývoje porostů odpovídají výsledkům analytického modelu. Ze simulací vývoje populací za přirozených podmínek s vlivem či bez vlivu periodicity semenných let je zřejmé, že s poklesem nadmořské výšky se zvyrazňuje cyklický vývoj porostů a prodlužuje délka vývojového cyklu. Za stávající imisně ekologické situace se pouze v porostech HS 01 po určitou dobu (asi do 50 až 110 let) udrží některé stromy nižších věkových skupin, a to ze semenáčků, které jsou ještě nyní přítomny. Ze simulačních běhů s ukončením vlivu imisí je patrné, že k výraznému snížení regeneračních schopností porostů může dojít během několika (asi 10) let.

Bylo ověřeno, že Leslieho maticový model odráží základní vlastnosti chování porostů; z kvalitativního hlediska (simulace cyklického vývoje porostů) je shoda chování modelu s experimentálně zjištěným chováním porostů velmi dobrá, z kvantitativního hlediska simuluje model většinou realistické hodnoty počtu individuí. Přitom je třeba mít na zřeteli, že model byl budován „zdola“, tj. na základě odhadu mortality, fertility a konkurence. Můžeme tedy říci, že uvedené charakteristiky a jejich změny mohou sloužit k rozumné predikci vývoje porostů, i když jejich spolehlivost klesá s délkou doby, kterou predikujeme. Dále je třeba si uvědomit, že model pro svoji formu nemůže brát v úvahu řadu dalších faktorů, které mohou vývoj porostů ovlivnit, např. půdní erozi a změny v bylinném patře. Též nevhodné rozpracování porostů může mít nepříznivý vliv na další jejich vývoj (Vacek a Lepš, 1987) a může urychlit odumírání. Pro úplnost je nutno uvést, že i procesy, které v modelu nejsou zahrnuty mohou vést ke zvýšení rychlosti odumírání studovaných původních smrkových porostů v Krkonoších.

Literatura

- ASSMANN, E.: Waldertragskunde. München, BLV, 1961, 490 s.
- BOSSEL, H.: Dynamics of forest dieback: system analysis and simulation. *Ecol. Model.*, **34**, 1986, s. 259–288.
- DÄSSLER, H. G. a kol.: Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Jena, Gustav Fischer Verl., 1981, 210 s.
- HARTHSHORN, G. S.: A Matrix Model of Tree Population Dynamics. In: Trends in Terrestrial and Aquatic Research. New York, 1975, s. 41–51.
- HAYSLETT, H. T. — SOLOMON, D. S.: A Matrix Model for Predicting Foliage Weight of Trees by Age Classes. *Bioscience.*, **67**, 1983, s. 113–122.
- CHUDÝ, I.: Determinanty a matice. Praha, SNTL, 1971, 213 s.
- KERCHER, J. R. — AXELROD, M. C.: A process model of fire ecology and succession in a mixed-conifer forest. *Ecology*, **65**, 1984, s. 1725–1742.
- KINDLMANN, P.: Základní modely populační dynamiky. In: Metody studia ekosystémů. Praha, Akademia, 1989, s. 268–276.
- LAMMEL, R.: Endgültige Ergebnisse und bundesweite Kartierung der Waldschadenserhebung 1983. *Allg. Forstz.*, **39**, 1984, s. 340–344.
- LEPŠ, J. — VACEK, S.: Matematické modely vývoje lesních porostů a jejich využití. *Lesnictví*, **32**, 1986a, č. 8, s. 687–706.
- LEPŠ, J. — VACEK, S.: Use of transition matrices for prediction of the development of the spruce population in the Giant Mountains. In: Simulation of Systems in Biology and Medicine 1986, Dům techniky ČSVTS, Praha, listopad 1986b, mikrofiše 3/7 — 509 (5 s.).
- LESLIE, P. H.: On the use matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, **33**, 1945, s. 183–214.
- LESLIE, P. H.: Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika*, **36**, 1948, s. 213–245.
- MATERNA, J.: Vliv průmyslových exhalací na lesní dřeviny (fyziologické a ekologické aspekty). *Stud. Inform. ÚVTIZ, Ř. Lesnictví*, 1978, 5, 76 s.
- OTT, M.: Ist eine Prognose des Waldsterbens möglich? *Holz-Zbl.*, **110**, 1984, s. 2197 — 2198.
- PERINA, V. a kol.: Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi. Praha, SZN, 1984, 173 s.

- PEŘINA, V. a kol.: Stav a vývoj lesů ČSSR. In: Sborník ČSAZ, 113, 1987, 86 s.
- POLENO, Z.: Analýza a prognóza vývoje poškození lesních dřevin a jejich porostů průmyslovými exhalacemi. [Závěrečná zpráva]. VÚLHM Jiloviště — Strnady, 1984, 150 s.
- REKTORYS, K. a kol.: Přehled užití matematiky. Praha, SNTL, 1973, 1129 s.
- ROBERTS, S. S.: Discrete mathematical models with application to social, biological, and environmental problems. Englewood Cliffs, Prentice — Hall, 1976, 547 s.
- SMITH, W. H.: Air pollution and forests. New York, Springer — Verlag, 1981, 380 s.
- STEINLIN, H.: Das Waldsterben und die Holzversorgung Europas. Holz.-Zbl., 110, 1984, s. 497—498.
- TESAŘ, V. — TEMMLOVÁ, B.: Olistění stromů jako kritérium pro hodnocení stavu porostů v imisním území. Lesnictví, 17, 1971, č. 11, s. 1017—1032.
- USHER, M. B.: A matrix approach to the management of renewable resources with special reference to selection forests. J. appl. Ecol., 3, 1966, s. 355—367.
- USHER, M. B.: A structure for selection forests. Sylva, 47, 1967/1968, s. 6—8.
- USHER, M. B.: A matrix model for forest management. Biometrics, 25, 1969a, s. 309—315.
- USHER, M. B.: A matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests — two extensions. J. appl. Ecol., 6, 1969b, s. 347—348.
- USHER, M. B.: Developments in the Leslie Matrix Model. In: Mathematical Models in Ecology. Oxford, 1972, s. 29—60.
- VACEK, S.: Kvantita produkce šišek v autochtonních ochranných smrkových porostech. Zpr. les. Výzk., 26, 1981a, 4, s. 18—22.
- VACEK, S.: Kvalita fruktifikace autochtonní horské smrčiny v Krkonoších. Práce VÚLHM, 59, 1981b, s. 135—154.
- VACEK, S.: Zdravotní stav a snížená fruktifikace autochtonních smrkových porostů jako odraz imisního zatížení v oblasti anemo-orografického systému Mumlavy. Opera corcont., 18, 1981c, s. 89—103.
- VACEK, S.: Dynamika strukturálních změn v přírodních smrkových lesích pod vlivem imisí v Krkonoších. KDP, VÚLHM Jiloviště—Strnady, 1986, 148 s.
- VACEK, S. — LEPŠ, J.: Changes in the Horizontal Structure in a Spruce Forest over a 9-year Period of Pollutant Exposure in the Krkonoše Mountains, Czechoslovakia. For. Ecol. Manag., 22, 1987, s. 291—295.
- WENTZEL, K. F.: Wirkungen der Luftverunreinigung auf Wald und Wild in Geschichte und Gegenwart. Allg. Forstz., 39, 1984, s. 517—522.
- ZLATNÍK, A.: Lesnická fytoecologie. Praha, SZN, 1976, 495 s.

Došlo 14. 4. 1989

VACEK, S. — LEPŠ, J. (Research Station, Opočno; South Bohemian Biological Centre, Czechoslovak Academy of Sciences, České Budějovice): *The use of Leslie's matrices for the prediction of development of spruce stands exposed to air pollution stress*. Lesnictví, 37, 1991 (2): 133—149.

In the years 1976 to 1988 experiments were conducted on five permanent research plots (PRP) situated in protection forests of management complexes (HS) 01 (TVP C, D, E) and 02 (TVP A, B) in the B and C zones of air pollution stress in the Krkonoše Mts., to investigate the dynamics of structural changes in natural spruce forests due to air pollution. In keeping with the main objective of this study, all activities were aimed at obtaining the information about the dynamics of development of natural spruce forests exposed to air pollution stress. The experimentally verified regulations of management in pollutant-damaged forest stands cannot be formulated in a responsible way without any previous thorough analysis of the dynamics of structural changes in these forest stands, that means analysis of the development of the damage and dying-off of ecosystems and their components. On the basis of extensive structural and developmental analyses of autochthonous spruce stands of virgin-forest type, with great spatial and age differentiation, a synthesis was made enabling the global evaluation of the situation and processing of dynamic models of stand development by means of Leslie's matrices. A classical analytical model on the one hand and a model simulating the effect and zero-effect of the periodicity of seed years on the other were used for development prediction. The two models were applied in two variants: to the environment with natural conditions and to the actual pollution-ecological conditions. The model simulation of the latter variant (present pollution ecological conditions) had a subvariant: stand development when the effect of air pollution stress finished. The analytical model shows that in natural conditions in a long-range perspective the spruce populations maintained about the same size ($\lambda_1 = 1.005 - 1.034$). The PRP A area situated near the timberline was an exception where a small reduction of the population occurred ($\lambda_1 = 0.995$). The forest stands situated at lower altitudes (HS 01) had the higher reproductive ability than those at higher altitudes (HS 02). The lower the altitude above sea level, the more important is competition as a factor regulating the population size. In the pre-

sent pollution-ecological conditions the population size on all permanent research plots is decreasing and the speed of their dying off is increasing with the greater altitude above sea level. The decay half-time of HS 01 forest stands is 24 years on average and that of HS 02 stands makes nine years. The results of the model simulating forest stand development correspond to the results of the analytical model. The simulation of population development in natural conditions with the effect or zero-effect of the periodicity of seed years demonstrates that at the greater height above sea level the cyclic development of forest stands is differentiated and the developmental cycle is prolonged. In the present pollution-ecological conditions, in the HS 01 forest stands only, certain trees of lower age groups will be preserved for some time (maximally about 50 to 110 years): those coming from seedlings growing at present, or from the seed because weak seed years occur from time to time at these localities. The simulation flow of the end of air pollution stress indicates that the regenerative ability of forest stand largely depends on the degree of its damage, that means on the time of its exposure to air pollution stress; a marked decrease in the regenerative ability of forest stands can occur during several (about 10) years. Leslie's matrix model has been verified to reflect the basic characteristics of forest stand behaviour; from qualitative aspects (simulation of the cyclic development of forest stands) the congruence of the forest stand behaviour with the experimentally determined behaviour of forest stands is very good, from quantitative aspects the model simulates mostly realistic values of the number of trees.

mathematical modelling; prediction of development autochthonous spruce forests; pollutants

Adresy autorů:

RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Výzkumná stanice VÚLHM, 517 73 Opočno

RNDr. Jan Lepš, CSc., Jihočeské biologické centrum ČSAV, 370 00 České Budějovice

NABÍDKA REPROGRAFICKÝCH SLUŽEB ÚZLK

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna ÚVTIZ zajišťuje vedle výpůjčních služeb také individuální reprografickou službu. Poskytuje xerokopie článků uveřejněných v bibliografické a referátové službě AGROINDEX a kopie článků z knih a časopisů, které jsou ve fondu ÚZLK.

Cena jedné kopie je 1,50 Kčs (výměr 1316/163/88-č. 1427/88 zahrnuje pouze náklady na polygrafické práce) a 0,50 Kčs za odborné knihovnické práce související s uvedenou reproslužbou (kalkulace ceny služeb v oblasti VTEI a technické normalizace č. pol. 146,9871 a výnosu FCÚ ČCÚ a SCÚ č. V-6/88).

Požadavky na kopie článků lze posílat v průběhu celého roku na formulářích *Objednávka reprografické práce*, které je možné objednat v Technickém ústředí knihoven, Slavkov u Brna pod kat. č. TÚK 138-0. Objednávky reprografických služeb přijímá ÚZLK OVRMS, Slezská 7, 120 56 Praha 2.

STANOVENÍ ZÁSoby SADBovÉHO MATERIÁLU NA PLOCHÁCH ŠKOLKY

B. Páv

PÁV, B. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště-Strnady). *Stanovení sadbového materiálu na plochách školky*. Lesnictví, 37, 1991 (2): 151–159.

V článku je exaktně řešen problém stanovení zásoby semenáčků a sazenic ve školkách. Problém je řešen teoreticky pomocí centrálního limitního teorému a výsledky řešení jsou pak demonstrovány na praktických příkladech, zvláště pro semenáčky a zvláště pro školčované sazenice. Značná pozornost je věnována problematice výběrové techniky. Navrhovaná metoda, správně aplikovaná, může být dobrým pomocníkem školkařské praxe.

lesní školky; sadbový materiál; zásoba; inventarizace; matematicko statistické metody

Stanovení skutečné zásoby semenáčků a sazenic (dále jen sazenic) ve školkách na záhonech je dlouhodobým problémem ve školkařské praxi. Totální inventura je nemyslitelná a dosavadní odhady byly nevěrohodné, založené na namátkovém výběru a nikoliv na teoreticky fundovaném náhodném výběru. Předkládané řešení umožňuje rychlou a přitom přesnou inventarizaci zásob. Metoda je konstruována pro záhonové uspořádání produkční plochy školky, v případě jiného uspořádání by musela být modifikována.

ODVOZENÍ MINIMÁLNÍHO POČTU BĚŽNÝCH METRŮ ZÁHONU

Při odvozování vyjdeme z teorie náhodného výběru. Nejpriznivější by bylo, kdybychom mohli získat takový výběr běžných metrů záhonu, který by plně zastupoval celý základní soubor (inventarizovanou plochu), tj. byl jeho přesným miniaturním obrazem. Abychom takový výběr mohli udělat, museli bychom dokonale znát celý základní soubor, pak bychom však nepotřebovali výběr. Proto spoléháme na tzv. náhodný výběr, který je v jistém smyslu nejlepší formou výběru reprezentativního. Obecně můžeme říci, že náhodný výběr je výběr sestrojený takovými technickými metodami, které dávají každému prvku (běžnému metru záhonu) základního souboru (inventarizované plochy) stejnou a nezávislou možnost, aby byl vzat do výběru.

Důvody, které vedou k nutnosti studia náhodných výběrů z většího sledovaného souboru namísto základního souboru samotného, mohou být různé. Bývá to nejčastěji přílišná rozsáhlost základního souboru, velká pracnost a nákladnost, nutnost rychlé informace. Všechny tyto tři důvody nás vedou v pojednáváním problému (inventarizace sazenic) k aplikaci náhodného výběru a tak k pojmu statistická indukce. Statistickou indukcí rozumíme zobecnění statistických výsledků získaných zpracováním určitého dílčího statistického souboru (výběru) na základní soubor. Statistická indukce nemůže dávat zobecněné závěry platné s úplnou jistotou, zůstává při nich vždy určitý stupeň nejistoty, který však může být měřen. Tato nejistota se měří pravděpodobností. Proto říkáme, že závěry statistické indukce jsou úplně přesné, protože existují prostředky, kterými jsme schopni vyjádřit stupeň oné nejistoty.

Má-li být odhad, pořízený na základě náhodného výběru, užitečný, musí být tedy spojen s nějakou mírou jeho spolehlivosti. Řešením je intervalový odhad. Obecně intervalový odhad nějakého parametru τ spočívá v určení takové dvojice funkcí pozorování $T_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$ a $T_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — v našem případě jde o aritmetické průměry počtu sazenic na 1 bm záhonu, abychom s předem danou pravděpodobností (tzv. fiduciální pravděpodobností) $1 - \alpha$ neboli koeficientem spolehlivosti (α = koeficient rizika) mohli očekávat, že interval spolehlivosti (T_1, T_2) pokryje skutečnou hodnotu τ (v našem případě skutečný průměrný počet sazenic na 1 bm záhonu) s pravděpodobností $1 - \alpha$.

V návaznosti na výše vyložené označme počet sazenic (pod tímto pojmem rozumíme i semenáčky) na ploše 1 bm záhonu jako $\mathbf{x}$. Dále označme jako $\bar{x}$ průměrný počet sazenic na ploše 1 bm záhonu vypočítaný z $\mathbf{n}$ náhodně vybraných běžných metrů, tj.

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n.$$

Pak pravděpodobnost, že skutečný průměrný počet μ sazenic na ploše 1 bm záhonu se bude nacházet v mezích $\bar{x} \pm \Delta$ ve 100 ($1 - \alpha$) případech ze 100, je možno psát jako

$$P\{|\bar{x} - \mu| \leq \Delta\} = 1 - \alpha.$$

Podle centrálního limitního teorému (Cramér, 1946) má výběrový průměr $\bar{x}$ přibližně normální rozdělení s průměrem μ a směrodatnou odchylkou $\sigma/\sqrt{n}$, kde σ je skutečná směrodatná odchylka počtu sazenic na ploše 1 bm záhonu. Vyjádříme-li přesnost zjišťování průměrného počtu sazenic pomocí $\mathbf{n}$ běžných metrů záhonu t -násobkem směrodatné odchylky, pak můžeme hořejší relaci přepsat na následující tvar

$$P\left\{|\bar{x} - \mu| \leq t_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t_{\alpha/2}}^{t_{\alpha/2}} e^{-\frac{u^2}{2}} du = 1 - \alpha,$$

kde: $t_{\alpha/2}$ a $-t_{\alpha/2}$ jsou příslušné kvantily Laplace-Gaussovy funkce.

Z relace

$$\Delta = t_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

stanovíme minimální počet běžných metrů záhonu

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2} \sigma}{\Delta} \right)^2,$$

na nichž je třeba spočítat sazenice, abychom dodrželi požadovanou přesnost a spolehlivost výsledku.

APLIKACE

I když obecné řešení problému je stejné jak pro semenáčky tak i pro sazenice, pak — vzhledem k tomu, že u školkovaných sazenic je větší pravidelnost v počtu na měrnou jednotku než u semenáček — konkrétní aplikace vyžaduje specifické řešení pro každou kategorii zvlášť.

Počet semenáčeků

Podle Kantora (1979) by mělo být při rýhové siji 20 až 40 semenáčeků na 1 bm řádku,

což je v souladu s instrukcemi MLVH ČSR (Instrukce pro lesní školky, 1979).¹⁾ Vynásobíme-li tento počet sedmi, tj. převedeme-li počet semenáčků připadající na 1 běžný metr řádku na počet semenáčků připadající na plochu 1 bm záhonu (uvažujeme-li standardizované záhony v mechanizovaných provozech o sedmi řádcích),²⁾ dostaneme počty v rozsahu 140 až 280. Z rozpětí $R = 140$ podle pravidla 6σ ³⁾ vypočítáme odhad směrodatné odchylky $\sigma = 23,333$.

Zvolíme-li obvyklý koeficient spolehlivosti $1 - \alpha = 0,95$, pak je $t_{\alpha/2} = 1,96$. Požadujeme-li přesnost odhadu Δ průměrného počtu semenáčků ± 7 semenáčků na ploše 1 bm záhonu, tj. ± 1 semenáček na 1 bm řádku, pak ze vzorce pro minimální počet n běžných metrů záhonu vypočítáme

$$n = \left(\frac{1,96 \cdot 23,333}{7} \right)^2 = 43.$$

To znamená, že chceme-li dodržet garance, musíme vybrat minimálně 43 běžných metrů záhonu a rovnoměrně rozložených po celé ploše, na nich spočítat semenáčky a stanovit průměrný počet semenáčků na 1 bm záhonu. Celkový počet semenáčků inventarizované plochy pak dostaneme vynásobením příslušným počtem běžných metrů záhonu.

Kdybychom se spokojili s menší přesností odhadu průměrného počtu semenáčků na ploše 1 bm záhonu, např. $\Delta = \pm 14$, tj. ± 2 semenáčky na 1 bm řádku, což je často pro praxi přesnost dostatečná, pak by se nám minimální počet n běžných metrů záhonu snížil na

$$n = \left(\frac{1,96 \cdot 23,333}{14} \right)^2 = 11.$$

Snížením nároků na přesnost (oproti předchozímu případu připouštíme dvojnásobnou chybu)⁴⁾ se nám tedy redukuje minimální počet běžných metrů na 11, tj. 1/4 předchozího počtu.⁴⁾

Počet školkovaných sazenic

Podle téhož autora (Kantor, 1975) vzdálenost sazenic v řádcích je 5 až 15 [cm] (též Instrukce pro lesní školky, 1977), tzn., že na 1 bm řádku připadá 7 až 20 sazenic.⁵⁾ Převedeme-li opět počet sazenic připadající na 1 bm řádku na počet sazenic připadající na plochu 1 bm záhonu, dostaneme rozsah 49 až 140. Z rozpětí 91 vypočítáme odhad směrodatné odchylky 15,167. Požadujeme-li při stejném 95 procentním koeficientu spolehlivosti přesnost odhadu průměrného počtu sazenic na 1 bm řádku ± 1 sa-

¹⁾ Na základě výsledků ověřovacích zkoušek ve Velkoškolce Zelená bouda se počet semenáčků na 1 bm řádku pohyboval při uvedené dolní hranici. Variabilita, vyjádřená odhadem směrodatné odchylky (která je důležitá pro stanovení rozsahu náhodného výběru), v průměru odpovídala.

²⁾ Jako statistickou jednotku budeme uvažovat plochu 1 bm záhonu (dále jen 1 bm záhonu), a to z toho důvodu, abychom postihli heterogenitu počtu sazenic na 1 bm řádku v šíři záhonu. Heterogenitu počtu sazenic v délce záhonu by měl zachytit správně konstruovaný náhodný výběr.

³⁾ Podstata tohoto pravidla spočívá ve faktu, že normální náhodná proměnná (za níž můžeme náš aritmetický průměr počtu sazenic na 1 bm záhonu považovat) má v intervalu $(-3\sigma, 3\sigma)$ prakticky všechny hodnoty (přesněji v průměru 99,75 % hodnot), kterých nabyla. Proto se často v praxi používá k odvození neznámé směrodatné odchylky přibližné relace mezi rozpětím R a směrodatnou odchylkou σ : $R \approx 6\sigma$.

⁴⁾ Zde nutno podotknout, že nároky na přesnost inventury musí být úměrné cíli a pracovním možnostem. Nemá smyslu vyžadovat přemrštěně přesnou inventuru, která klade zbytečně velké časové nároky na inventarizaci.

⁵⁾ Tento teoretický předpoklad se kryje s výsledky ověřovacích zkoušek ve Velkoškolce Zelená bouda.

zenice, tj. 7 sazenic na ploše 1 bm záhonu, dostáváme tento minimální počet běžných metrů záhonu:

$$n = \left(\frac{1,96 \cdot 15,167}{7} \right)^2 = 19.$$

Znovu podtrhujeme, že je třeba předepsaný počet běžných metrů záhonu rovnoměrně rozložit po celé ploše, aby nedošlo ke zkreslení odhadu v důsledku toho, že by se inventarizovaly jen husté záhony ev. jejich části anebo naopak.

VÝBĚROVÁ TECHNIKA

Konstrukce klasického náhodného výběru pomocí náhodných čísel, pokud se nepoužívá moderní výpočetní techniky, je při aplikaci na inventarizaci dosti obtížná — pracovně náročná. Proto se dává přednost tzv. náhodnému výběru systematickému, pomocí něhož dochází k rovnoměrnému rozmístění vybraných běžných metrů záhonu (které budeme stručněji nazývat měřišti) po celé ploše a zároveň k vyloučení subjektivity.

Nyní si demonstrujeme tuto techniku na několika příkladech z praxe. Čísla, použitá v příkladech, jsou konkrétně zjištěná při měření ve Velkoškolce Zelená bouda.

Příklad 1: Máme stanovit zásobu smrkových semenáčků 2/0 na produkční ploše, která je tvořena osmi záhony dlouhými 185 m (jde o běžné záhony o sedmi řádcích). Celkem tedy máme k dispozici $185 \times 8 = 1480$ běžných metrů záhonu.

Spokojíme-li se s přesností odhadu průměrného počtu semenáčků na 1 bm řádku ± 2 semenáčky, pak musíme podle výše uvedeného vzorce náhodně vybrat 11 běžných metrů záhonu a spočítat na nich semenáčky. Za účelem plošného rozmístění měřišť vydělíme celkový počet běžných metrů záhonu jedenácti, tj. $1480 : 11 = 135$ (zaokrouhлено nahoru). Podíl 135 nám reprezentuje vzdálenost mezi jednotlivými měřišti v metrech. Protože jsme vydělili celkovou délku záhonů celkovým počtem n měřišť (namísto $n-1$), máme jednu délku 135 navíc (vzhledem k předchozímu zaokrouhlení je to jen 130 m), abychom jednak nemuseli začínat a končit na konci záhonu a jednak abychom měli k dispozici nějaký „manipulační prostor“, tj. kus záhonu, kdybychom něco proměřili, ev. kdyby nebyly záhony stejně dlouhé apod.

Na tomto místě je třeba připomenout, že nemusíme být skrupulózní při rozměřování vzdálenosti mezi měřišti. Na nějakém tom centimetru při vyměřování nezáleží (pokud v tom není záměr), vždyť jde o náhodný výběr!

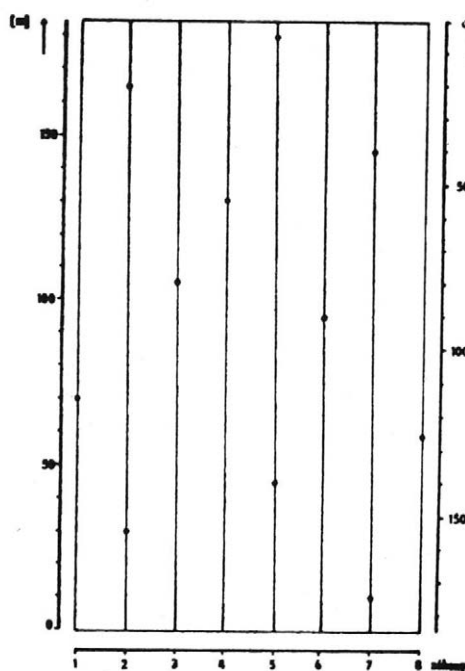
První měřiště si stanovíme 70 m (tj. poloviční vzdálenost měřišť zaokrouhlena na celé desítky, tedy $135 : 2 = 70$) od okraje prvního záhonu. Druhé měřiště bude vzdáleno 135 m od prvního a podobně každé další 135 m od předchozího, až poslední bude asi 60 m od konce posledního záhonu (schéma na obr. 1). Při vytyčování měřišť postupujeme tak, že se vždy vracíme dalším sousedním záhonem.

Pro vymezení 1 bm záhonu je možno použít obdélníkového rámu, přičemž si stanovíme pravidlo, že tento metr se bude např. vždy započítávat do další vzdálenosti mezi měřišti, kterou vytyčujeme.

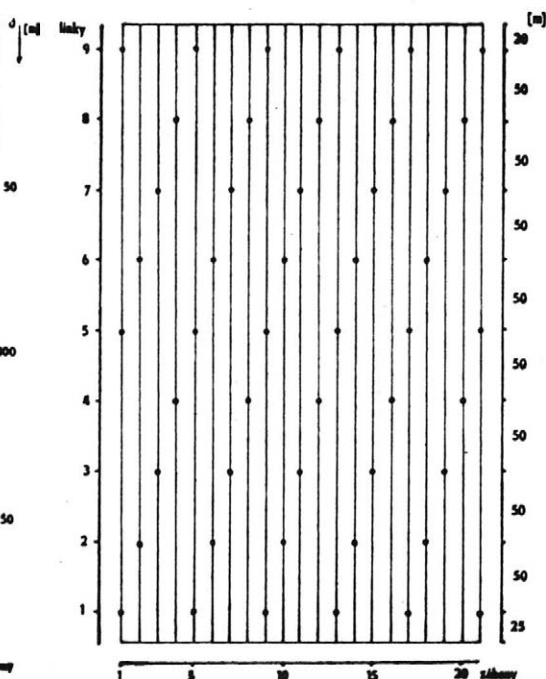
Na jednotlivých měřištích jsme napočítali v rámu tyto počty semenáčků na 1 bm záhonu:

167 196 181 142 145 273 269 169 253 186 116

Celkem bylo tedy na 11 bm záhonu náhodně vybraných napočítáno 2097 semenáčků. Vydělíme-li tento počet jedenácti, dostaneme průměrný počet semenáčků na 1 bm



1. Schéma rozmístění měříšť k příkladu 1 —
Diagramme of the allocation of measuring
sites — example 1



2. Schéma rozmístění měříšť k příkladu 2 —
Diagramme of the allocation of measuring
sites — example 2

záhonu, což činí 190,6364.⁶⁾ Vynásobíme-li nyní průměrný počet semenáčků na 1 bm záhonu číslem 1480, tj. celkovým počtem běžných metrů záhonu na ploše, dostáváme celkový počet 282 142 semenáčků. V rámci požadovaných garancí ± 2 semenáčky na 1 bm řádku (viz výše) bude se skutečný celkový počet semenáčků na celé ploše nalézat s pravděpodobností 0,95 v mezích $282\,142 \pm 20\,720$, což reprezentuje maximální relativní chybu asi 7 %.

Celá inventarizace, která byla provedena naznačeným způsobem dvěma pracovníky, trvala 30 minut.

Popsaný způsob konstrukce náhodného výběru se používá u menšího počtu záhonů, přesněji řečeno u menšího počtu celkového počtu běžných metrů záhonu (asi do 5000 bm). Při větším počtu záhonů, přesněji při větším celkovém počtu běžných metrů záhonu bychom nachodili mnoho kilometrů a tak by se takový náhodný výběr stal časově dosti náročným. V takovém případě volíme modifikovaný výběrový postup, i když v podstatě jde o tentýž druh náhodného systematického výběru.

Příklad 2: Je třeba provést inventarizaci smrkových semenáčků 2/0 na produkční ploše o 21 záhonech 445 m dlouhých. Protože jde již o značný počet semenáčků, musíme pracovat s větší přesností, aby tolerovaná chyba nebyla tak velká. Budeme tedy požadovat, aby přesnost našeho šetření se pohybovala v průměru ± 1 semenáček na 1 bm řádku. Pak musíme, jak jsme výše uvedli, náhodně vybrat minimálně 43 bm záhonu a na nich spočítat semenáčky.

⁶⁾ Průměrný počet semenáčků nutno počítat minimálně na 4 desetinná místa, abychom se při následném násobení nedopustili chyby ze zaokrouhlení.

I. Počet linek a měříšť na lince vzhledem k minimálnímu celkovému počtu měříšť — The number of lines and measuring places on the line with respect to the minimum total number of measuring places

Počet záhonů ¹ (1)	Počet linek ² (2)	Počet vynechaných záhonů ³ (3)	Počet měříšť na lince ⁴ (4)	Celkový počet měříšť ⁵ (5)
10	9	1	5	45
11	8	1	5–7	44
12	8	1	6	48
13	10	2	4–5	44
14	10	2	4–5	47
15	9	2	5	45
16	8	2	5–6	43
17	10	3	4–5	43
18	10	3	4–5	46
19	9	3	4–5	45
20	9	3	5	45
21	9	3	5–6	48
22	10	4	4–5	44
23	10	4	4–5	46
24	9	4	4–5	44
25	9	4	5	45
26	10	5	4–5	44
27	10	5	4–5	46
28	9	5	4–5	44
29	9	5	4–5	44
30	10	6	4–5	44
31	10	6	4–5	46
32	10	6	4–5	47
33	10	6	4–5	48
34	10	7	4–5	44
35	10	7	4–5	45
36	10	7	4–5	46
37	10	7	4–5	47
38	10	8	4–5	43
39	10	8	4–5	44
40	10	8	4–5	45

number of beds¹, number of lines², number of omitted beds³, number of measuring places on the line⁴, total number of measuring places⁵

K dispozici máme $445 \times 21 = 9345$ [bm] záhonu. Kdybychom záhony jen procházeli, aniž bychom semenáčky počítali, strávili bychom tím alespoň 2 h času. V tomto případě se zpravidla uchylujeme k racionálnější modifikaci, jež vyžaduje obecně

II. Počty semenáčků z vybraných 48 měříšť — The numbers of seedlings from selected 48 measuring places

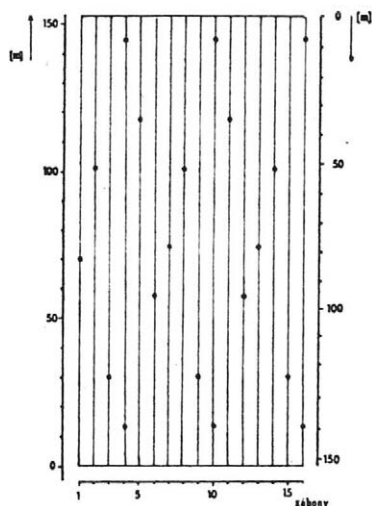
Pořadové číslo měříště ¹	Počet semenáčků ²	Pořadové číslo měříště ¹	Počet semenáčků ²	Pořadové číslo měříště ¹	Počet semenáčků ²
1	183	17	181	33	234
2	103	18	163	34	157
3	147	19	90	35	168
4	164	20	136	36	220
5	144	21	87	37	237
6	169	22	98	38	124
7	97	23	167	39	188
8	132	24	215	40	180
9	163	25	176	41	201
10	184	26	176	42	137
11	165	27	83	43	136
12	205	28	209	44	194
13	181	29	154	45	141
14	204	30	175	46	104
15	150	31	211	47	243
16	173	32	157	48	182

ordinal number of measuring place¹, number of seedlings²

vytyčení určitého počtu linek v rozmezí 8 až 10 (v průměru 9,5 při počtech záhonů 10 až 40), na nichž se nachází měříště od 4 do 6 (v průměru 4,7) na lince. Celkový průměrný počet měříšť je 45, tedy o 2 více než je postulovaný minimální počet, což ovšem není na závadu garancím, které tak budou tím spíše splněny. Aby nebylo třeba rozvažovat počet linek a dále počet měříšť (tj. rozvažovat, kolik záhonů máme na lince vynechávat) vzhledem k počtu záhonů tak, abychom se shora co nejvíce přiblížili minimálnímu počtu měříšť 43, sestavili jsme tabulku (tab. I), v níž je tato optimalizační rozvaha již provedena. Praktická aplikace je následující:

V tab. I vyhledáme pro daný počet záhonů příslušný počet linek. Pro 21 záhonů to představuje 9 linek. Vzdálenost linek si pak stanovíme podílem $445 : 9 = 50$ [bm]. Zbytek (tj. jedna délka navíc minus zaokrouhlení) 45 m rozdělíme přibližně na polovinu, tj. 25 m. V této vzdálenosti od počátku záhonů vedeme kolmo k podélné ose první linku, další (2. linku) vedeme rovnoběžně s první linkou ve vzdálenosti 50 m a tak pokračujeme až k poslední 9. lince, která uzavírá soustavu linek 20 m od konce záhonu. Rozměření provedeme po obou okrajích plochy, tj. podél prvního a posledního záhonu. Začátek a konec linky signalizujeme buď trasírkami nebo barevně natřenými tyčemi, v tomto případě je třeba $2 \times 9 = 18$ kusů signalizačních tyčí. V tab. I ve třetím sloupci zjistíme, že při vytyčování měříšť na linkách musíme vynechat vždy 3 záhony, čímž docílíme na linkách 5 nebo 6 měříšť (sloupec 4), celkem tedy 48 měříšť (sloupec 5). Při vytyčování měříšť se zařizujeme pomocí již popsané signalizace.

Abychom docílili rovnoměrného uspořádání měříšť na ploše, provádíme na každé



3. Schéma rozmístění měřišť k příkladu 3 — Diagramme of the allocation of measuring sites — example 3

lince cyklické střídání záhonů (viz obr. 2). Toto jednoduché schéma je třeba si napřed připravit, aby práce ve školce probíhaly již mechanicky a plynule.

Nyní na každém měřišti položíme rám podle určitého pevného pravidla, a to např. tak aby ležel v záhonu nad vytyčenou linkou, které by se dotýkal. Semenáčky spočítáme a výsledek zaregistrujeme. Podle schématu (obr. 2) máme na první lince 6 měřišť a na druhé lince, kterou se vracíme nazpět, 5 měřišť, na třetí lince 5 měřišť atd. Skončíme 48. měřištěm na 9. lince.

Počty semenáčků z vybraných 48 řad záhonů jsou uvedeny v tab. II. Součet 7888 kusů vydělíme 48, čímž dostaneme průměrný počet semenáčků na 1 řadu záhonu, který je 164,3333. Vynásobíme-li tento průměrný počet semenáčků na 1 řadu celkovým počtem běžných metrů, dostáváme $164,3333 \times 9345 = 1\,535\,695$ semenáčků na celé ploše. Tento výsledek se může lišit v rámci postulovaných garancí (± 1 semenáček na 1 řadu řádku) (maximálně o $\pm 65\,415$ semenáčků s pravděpodobností 0,95, tzn. že maximální relativní chyba bude 4,3 %).

Při zadaném příkladu, který byl skutečně prakticky proveden, trvala celá inventarizace při dvou pracovnících pouhých 45 minut.

Poznámka: Abychom získali přesnější odhad počtu semenáčků na inventarizované ploše, tj. abychom garantovali menší chybu odhadu, museli bychom podstatně zvýšit počet měřišť, který je nepřímo úměrný čtverci velikosti chyby (viz výše uvedený vzorec). Tak např. chceme-li zvýšit přesnost $2 \times$, museli bychom zvýšit počet měřišť $4 \times$. Za takto získaný přesnější odhad bychom zaplatili „neúměrnou daň“ ve formě zvýšeného minimálního počtu měřišť na 171 oproti 43.

Na konec si ještě demonstrujeme inventarizaci školkovaných sazenic.

Příklad 3: Na ploše se 16 záhonů o délce 156 m je třeba provést inventarizaci smrkových sazenic 2/1.

Na základě dříve uvedeného zdůvodnění musíme vybrat náhodně minimálně 19 řad záhonu, na nichž sazenice spočítáme.

Celkový počet běžných metrů záhonu je $16 \times 156 = 2\,496$, vydělíme-li jej 19, dostaneme vzdálenost mezi měřišti, která je $2\,496 : 19 = 132$ [bm]. Měřiště začneme vytyčovat od 70 bm (tj. zaokrouhlená poloviční vzdálenost měřišť) záhonu a protože jde jen o malý počet běžných metrů záhonu, budeme inventarizaci dělat podle příkladu 1. Budeme tedy postupovat plynule po záhonech a po každých 132 bm (obr. 3), spočítáme

sazenice na ploše 1 bm záhonu a jejich počty si poznamenáme. Na vybraných 19 bm záhonu jsme zjistili tyto počty sazenic:

74 72 75 67 77 70 74 66 77 83 68 70 77 82 74 81 83 80 78

Celkem bylo tedy napočítáno 1428 sazenic, průměrný počet sazenic na plochu 1 bm záhonu dělá $1428 : 19 = 75,1580$. Na celé ploše by se s pravděpodobností 0,95 mělo nacházet $187\,594 \pm 17\,472$ sazenic (při garanci ± 1 sazenice na 1 bm řádku), přičemž maximální relativní chyba reprezentuje 9 %. Tento způsob inventarizace si vyžádal při dvou pracovnících jen asi 30 minut.

Vzhledem ke skutečnosti, že cena školkovaných sazenic je podstatně vyšší než cena semenáčků, je možno v tomto případě doporučit přesnější odhad průměrného počtu sazenic na měrnou jednotku. Kdybychom připustili poloviční chybu (tj. $\pm 3,5$ sazenic na plochu 1 bm záhonu neboli $\pm 0,5$ sazenice na 1 bm řádku), zvýšil by se nám počet měříšť na čtyřnásobek, tj. 73 (počítáno přesněji).

ZÁVĚR

Navrhovaná inventarizační metoda byla přezkoušena ve Velkoškolce Zelená Bouda, kde byla několikrát konfrontována v únosném rozsahu s totální inventurou a bylo zjištěno, že se liší od skutečnosti vždy v rámci postulované přesnosti.

Dalším problémem vyžadujícím matematicko-statistické řešení je otázka kvality sazenic respektive stanovení jejich výškových tříd. Problém je již vyřešen a lesnická veřejnost bude s řešením seznámena, aby je bylo možno aplikovat s novou normou (ON 48 22 11 Semenáčky a sazenice lesních dřevin), která se na metodu při stanovení kvality sazenic odvolává.

Literatura

- CRAMER, H.: *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton, 1946.
INSTRUKCE PRO LESNÍ ŠKOLKY státních organizací lesního hospodářství. MLVH ČSR, 1977.
JANKO, J.: *Theorie náhodných výběrů — odhady a některé testy významnosti*. Praha, SPN 1951.
KANTOR, J.: *Zakládání a šlechtění lesních dřevin*. Praha, SZN 1975.
COCHRAN, W. G.: *Sampling techniques*. John Wiley and Sons, New York — London, 1963.
rusky: *Statistika Moskva*, 1976.
NOVOTNÝ, M.: Jedna z metod inventarizace sazenic ve školkách. *Lesn. Práce*, 1965, č. 9, s. 391—392.
SEMENÁČKY A SAZENICE lesních dřevin (ČSN 48 22 11). ÚNM Praha, 1976.

Došlo 31. 3. 1989

PÁV, B. (Research Institute of Forestry and Game Management, Jíloviště-Strnady): *Determination of the planting stock on tree nursery areas*. *Lesnictví*, 37, 1991 (2): 151—159.

Exact determination of the need of seedlings and plants in forest tree nurseries is described in the present paper. The problem is solved theoretically by means of a central limit theorem; the results of this solution are demonstrated by practical examples, separately for seedlings and transplanted plants. The technique of selection is being discussed in great detail. The proposed method, if properly applied, can be a good aid in the tree-nursery practice.

forest tree nurseries; planting stock; reserve; inventory; mathematico-statistical methods

Adresa autora:

Ing. et Ing. Bohdan Páv, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště — Strnady, 156 04 Praha 5 — Zbraslav

MEMORANDUM

účastníků kolokvia pořádaného dne 1. května 1991 lesnickou fakultou VŠZ v Brně a Jednotou lesnickou na téma „Program odvětví lesního hospodářství MZe ČR“.

K projednávanému „Programu odvětví“ zaujali účastníci kolokvia následující stanovisko:

— Lesy jsou národním bohatstvím, nezastupitelnou složkou životního prostředí a ekologické stability krajiny. Stát odpovídá příštím generacím za jejich stav a budoucnost.

— Konstatujeme, že na lesy a státní lesní podniky nelze proto i s přihlédnutím k dlouhodobé produkční době uplatňovat stejná ekonomická reformní hlediska jako na podniky průmyslové či zemědělské.

— Les je přírodním jednotným společenstvím, tvořeným lesní půdou, porostem na ní rostoucím, faunou a ovzduším.

— Považujeme proto za neodpovídající používat jako právního podkladu privatizace státních lesů formou akciových společností ustanovení deformovaného lesního zákona č. 61/1977 Sb., který v rozporu s poznatky lesnické vědy a praxí oddělil lesní porosty od lesní půdy, aby umožnil státu zmocnit se dřevních zásob.

— Všeobecně lze konstatovat, že současný stav našich lesů je neutěšený. Vzhledem k veřejně prospěšnému významu lesa v ČR je nutná soustavná cílevědomá péče o lesní porosty, která musí být nadřazena hlediskům produkčním a komerčním. Je to jediná cesta k prevenci proti stále se opakujícím a rostoucím lesním kalamitám.

— Produkční podmínky lesů v rámci ČR jsou velmi různé. V určitých oblastech lze očekávat vyrovnané finanční hospodaření s případnými zisky, jiné oblasti (zejména dlouhodobě pod vlivem imisí a kalamit) budou ztrátové. Přerozdělení místních zisků a dotace ztrátových závodů se ukazuje daleko jednodušší v rámci státního podniku než v rámci akciových společností.

— Řešení privatizace státních lesů, přes podrobné zdůvodnění zástupce MZe ČR — odvětví lesního hospodářství, pronájem akciovým společnostem nepovažujeme za vhodné. Jsme přesvědčeni, že veškeré požadavky na les a lesní hospodářství splní lépe a jednodušeji státní organizace, nejvhodnější státní podnik k uspokojování veřejně prospěšných zájmů, jak se osvědčilo v meziválečném období a je běžné v SRN a Rakousku.

— Nesouhlasíme s tím, aby o výhody, které přináší tržní hospodářství a přechod na světové ceny dříví, se měl dělit stát s akciovými společnostmi.

— Doporučujeme, aby celková reorganizace lesního hospodářství proběhla až po provedení reprivatizace; připomínáme i v minulosti ověřené formy lesních družstev, lesních společenstev hospodařících v malolesích, samosprávných svazků apod.

— Doporučujeme, aby před vydáním nového lesního zákona byly stávající právní normy urychleně novelizovány a přizpůsobeny novým společenským a ekonomickým podmínkám.

— Považujeme za nutné urychleně vyřešit organizaci jednotného, nezávislého, komplexně pojatého, státního lesního dohledu a jeho institucionálního řešení. V této souvislosti přehodnotit kompetence mezi MZe ČR a MŽP ČR ve prospěch MŽP ČR. Účastníci kolokvia souhlasí se závěry aktivu pracovníků státní správy lesního hospodářství Moravy a Slezska, konaného dne 9. 4. 1991 v Olomouci.

— Doporučujeme, aby při předsednictvu české vlády byl zřízen lesnický poradní sbor sestavený z delegátů nezávislých stavovských lesnických organizací a vědeckých lesnických institucí a vysokých lesnických škol.

— Účastníci kolokvia upozorňují na význam lesnického školství ve vztahu k budoucnosti lesů. Doporučují, aby k této naléhavě obsažné problematice bylo svoláno samostatné kolokvium.

— Myslivost v lesích je součástí vlastnického práva k lesu. Je neoddělitelná od lesního hospodářství a výkonu lesnického povolání. Proto je třeba novelizovat zákon o myslivosti a přizpůsobit právní vztahy novým podmínkám tržního hospodářství a deetatizace lesa.

— Zabezpečit institování služby lesnickotechnických meliorací — hrazení bystřin v připravovaném lesním zákoně tak, aby tato služba zajišťovala komplexní správu bystřin a jejich povodí.

Jednota lesnická
doc. JUDr. ing. A. Brzobohatý, CSc.
místopředseda JL

Lesnická fakulta VŠZ
prof. ing. J. Krešl, CSc.
děkan

Pozn. Celkem přítomno na kolokviu 83, z toho se zúčastnilo hlasování 68, pro přijetí memoranda hlasovalo 47 (69 %), proti přijetí memoranda hlasovalo 15 (22 %), zdrželo se hlasování 6 (9 %).

VLIV VÁPŇENÍ NA VLASTNOSTI LESNÍCH PŮD A NA ODOLNOST LESNÍCH DŘEVIN VŮČI PŮSOBNÍ IMISÍ

Vápnění lesních půd a porostů v imisních oblastech u nás představuje v současné době mimořádně závažnou problematiku z hlediska ekologického, ekonomického i produkčního. Protože dosud nebylo provedeno souhrnné hodnocení vlivu tohoto opatření na vlastnosti lesních půd a na odolnost lesních dřevin vůči působení imisí (a to ve srovnatelných podmínkách ani v cizině), byla vypracována studie založená na zahraničních, zejména středoevropských poznatcích, doplněná výsledky domácích autorů. Jejím cílem je seznámit lesnickou veřejnost se všemi možnými účinky vápnění lesních pozemků na lesní půdy a lesní porosty, tak jak vyplývají z dosavadních výzkumů.

Myšlenka využít vápnění jako opatření snižující škody vyvolané působením imisí se u nás poprvé objevuje v r. 1843. Tehdy prof. Balling doporučil hnojení „vápenatým práškem“ ke zmírnění poklesu úrody na polích, na kterých se projevoval vliv imisí nedaleké textilky spalující kamenné uhlí (Nožička, 1963). Tato idea však byla ojedinělá a zapadla. Vápnění se začalo úspěšně rozvíjet v zemědělské praxi a právě na zkušenosti zemědělců pak navazovali první lesníci, kteří jej hodlali využít k řešení některých problémů souvisejících s pěstováním lesů.

Jako nejstarší uvádí Seibt (1977) pokus založený Erdmannem v r. 1907 v Erdmannshausenu. Cílem bylo odstranění surového humusu v dospělém borovém porostu. S podobným záměrem byly zakládány i další pokusy s vápněním, současně se však sledoval jeho vliv na produkci porostů, často dokonce ve spojení s různou výchovou (Materna, 1963; Seibt, 1977; Seibt a Wittich, 1977 aj.). Produkční cíle převládaly u pokusů zakládaných v německých zemích ve 30.—60. letech, u nás převážně v 50. letech (Materna, 1963; Gussone, 1983). Třebaže v mnoha případech došlo k výraznému zvýšení přírůstu, byl úspěch dočasný a po počátečním příznivém působení vápnění se často projevila růstová deprese. Mnohdy se vliv vápnění vůbec nedostavil (Materna, 1963, 1986; Hunger, 1962; Gilmore 1972; Seibt a Wittich, 1977; Adams et al., 1978; Haverla, 1978; Olsson, 1986). Jako efektivnější bylo ověřeno přímé minerální hnojení, především dusíkaté, a vápnění bylo odsunuto do pozadí. Omezilo se na rekultivace a na meliorace degradovaných, devastovaných a primárně velmi chudých půd (Materna 1986; Lhotský a kol., 1987).

Použití vápenatých látek se zakládalo na kladných zkušenostech, které s ním měli zemědělci i někteří lesníci a především na poznání kladné role vápníku v řadě pedogenetických procesů, kde byly pozorovány souvislosti mezi obsahem tohoto prvku v půdě a fyzikálními, chemickými i biologickými vlastnostmi podmiňujícími půdní úrodnost (Šály 1978; Pritchett, 1979; Duchaufour, 1982).

Při změně imisně ekologických podmínek se naskytla otázka, zda vápnění není schopno bránit zhoršování půdních vlastností, jež bylo pozorováno s postupující imisní kalamitou a zda nemá díky svým melioračním účinkům vliv na zvýšení odolnosti lesních dřevin vůči poškození imisemi (Gussone, 1983; Hüttl, 1985; Materna, 1986). Materna (1986) popisuje předpokládané poškození lesních půd, které spočívá v:

- urychleném vyplavování minerálních živin z půdního profilu díky okyselení,
- uvolňování hliníku a manganu do půdního roztoku,
- růstu extrémní kyselosti ovlivňující přístupnost živin a jiné půdní vlastnosti.

Možnosti zhoršování vlastností půd uvádí i rozsáhlá zahraniční literatura. Řada prací podává též experimentální doklady degradace půd. Butzke (1983) uvádí, že 41 % vzorků půd Bavorska jeví okyselení (po 15 letech) větší než 0,3 jednotky pH a ve Vestfálsku, kde byly vyloučeny ze šetření všechny plochy vápněné, hnojené a ovlivněné alkalickým spadem, vykazují okyselení všechny půdy. Jonáš (1986) popisuje okyselení půdy na některých lokalitách Krušných hor o roční velikosti posunu 0,06 až 0,09 stupně pH. Z těchto důvodů (zhoršování půdních vlastností a předpokládaný účinek vápnění) doporučila VS v Ústí nad Labem počátkem 70. let vápnění jako součást obnovního procesu v oblasti největšího poškození krušnohorských lesů (Vala, 1986). S šířením imisní kalamity pak je toto opatření používáno i v dalších oblastech, a to nejen při zakládání kultur, ale ošetřují se porosty všech věkových tříd i holiny. Sledují se tedy jak cíle obnovy, tak i cíle zvýšení životnosti porostů. Stručně je lze shrnout takto:

- upravit kyselost půdy a eliminovat či kompenzovat účinky kyselého spadu, zlepšit stav sorpčního komplexu,
- zamezit vyplavování živin z půdy, ovlivnit koloběh živin a organických látek v ekosystému lesa,
- snížit přístupnost hliníku a manganu, popř. i těžkých kovů,
- komplexně zlepšit půdní vlastnosti z hlediska obnovy, růstu a vývoje kultur i udržení vitálních porostů,
- oživit aktivitu humusu,
- odstranit nedostatky ve výživě vápníkem a hořčíkem,
- vyrovnat nedostatečnou výživu dřevin ostatními živinami, způsobenou ztrátami živin z půdy i imisemi velkých množství dusíku,
- zvýšit odolnost porostů a zlepšit zdravotní stav dřevin.

Vápnění je však z ekonomického hlediska značně nákladné opatření, zvláště, je-li používána letecká technika, a to přes klesající trend nákladovosti. Raška (1986) uvádí, že náklady u SmSL činily v letech 1983 až 1985 při použití plošníků asi 4300–2800 Kčs na ha, v případě užití vrtulníků pak v letech 1985 až 1986 6100 a 5000 Kčs. Při vápnění v Jizerských horách činily náklady na 1 letovou hodinu při použití plošníků AN-2 2800 Kčs (Šroubek, 1986) a celkové náklady spojené s vápněním lze pro 8. PLP odhadnout na 200 mil. Kčs (Vala, 1986). Aplikace pomocí pozemní techniky je sice 2 až 3× levnější, u nás však jejímu většímu rozšíření brání nepříznivé terénní podmínky a nedostatky vhodných rozmetadel. Podobné cenové relace popisuje i zahraniční literatura. Preuschoff (1986) uvádí, že při ruční aplikaci se náklady na rozptýlení 1 t vápenatých látek pohybují od 30 do 50 DM, při použití pozemních mechanismů jsou 25 až 80 DM a při aplikaci látek vrtulníkem 140 až 160 DM.

Rozsah ošetřených ploch je při tom značný. Nejrozsáhlejší jsou tyto akce v SRN, kde lze odhadnout, že v letech 1980 až 1985 bylo ročně povápněno asi 50 tis. ha. V bývalé NDR bylo v r. 1987 povápněno 20 tis. ha a v následujícím roce mělo být ošetřeno dalších 40 tis. Plochu povápněnou ve Skandinávii můžeme pouze odhadnout na desetitisíce ha, kromě toho je tu však prováděn i rozsáhlý program vápnění jezer. Jejich počet jen ve Švédsku dosáhl do zimy 1985 čísla 2500 a roční náklady představují až 100 mil. švédských korun (Památky a příroda, 13, 1988, č. 4, s. 253). U nás je stanoven vládní úkol ošetřit v letech 8. PLP 30 tis. ha ročně a aplikovat při tom 100 tis. t látek.

Vápnění s sebou nese i značné problémy ekologické. Je zde především možnost nadměrného odbourávání organických látek a dusíku, které může vést i ke značným ztrátám (Seibt a Wittich, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Evers, 1984; Popovic, 1984). Uvolněnými látkami mohou být zasaženy i vodní zdroje. Dále se předpokládá i poškození mykorrhiz, jejichž výzkum a poznávání jejich důležitosti pro lesní dřeviny se teprve rozvíjí (Hunger, 1962; Derome, 1985; Olsson, 1986).

Oblast aplikace	Frakce v % hmotnosti			
	nad 1 mm	0,5—1	0,2—0,5	pod 0,2
Krkonoše, Orlické hory	56,3	15,6	11,1	17,0
Krušné hory	89,6	4,6	1,3	4,5
Jizerské hory	92,6	3,0	1,2	3,2
Jizerské hory — „slušovický“	45,2	14,4	13,1	27,3

Úloha vápnění v lesním hospodářství všech středoevropských zemí nadále poroste a je nutno znát jeho účinky na ekosystém lesa. Též je třeba stanovit, za jakých podmínek a okolností je toto opatření účinné a tedy i účelné.

VÁPENATÉ LÁTKY A JEJICH ÚČINNOST

Vápenatých látek, použitelných pro melioraci lesních stanovišť, je celá řada a velmi podstatně se liší svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi i účinky. Vápník, poutaný v těchto sloučeninách, je vázán různou silou, která závisí na typu chemické vazby a na velikosti částice vápenaté látky. Jsou známa hnojiva s karbonátovou, silikátovou, oxidovou a hydroxidovou formou vápníku a s různou jemností mletí.

V lesním hospodářství ČSFR je však takřka výhradně používán dolomitický vápenec č. 1, tj. drť, která projde sítím s oky o velikosti 4 mm. Obsahuje velké množství částic větších než 1 mm, které jsou v zemědělské praxi, naší i zahraniční, považovány za neúčinné (Masaryk, 1980). Normy v SRN požadují použití vápenců s 90 % hmotnosti částic menších než 3 mm a 70 % menších než 1 mm. Obdobně v Rakousku má vápenec, použitý k vápnění lesních půd, obsahovat pouze 3 % zrn větších než 3 mm a 70 % mají tvořit částice menší než 1 mm. Zrnitostní složení některých dolomitických vápenců, aplikovaných v ČR, uvádí tab. I.

Kromě dolomitického vápence, který je používán pro příznivý obsah hořčíku, je možné užití i dalších karbonátových hornin. Pokud obsahují více než 70 % uhličitánů, jedná se o vápence či dolomity. Obsah karbonátů vápníku a hořčíku pak určuje jejich bližší zařazení, jak ukazuje tab. II.

V zahraničí je běžné i používání dalších hornin, především slínů a slínovců, jež obsahují 70 až 30 % uhličitánů (Gussone, 1983). Pro svůj malý obsah účinných látek se však využívají pouze v okolí svého naleziště, třebaže obsah dalších živin, např. draslíku, působí na ošetřené kultury příznivě. Podobně je tomu i s luční křídou. U nás se pak tyto látky k vápnění porostů v imisních oblastech nepoužívají.

Účinnost karbonátových hornin, tedy i dolomitického vápence, závisí na jejich chemickém složení, tvrdosti, geologickém původu a stupni mletí.

Uhličitán hořečnatý se rozpouští hůře než vápenatý a účinek horniny s jeho vyšším obsahem je tedy pomalejší, vzhledem k různým relativním atomovým hmotnostem Ca a Mg (40,80 : 24,305) má však dolomit větší neutralizační účinek než stejné množství vápence.

Měkčí horniny se rozpouštějí lépe než tvrdé a tak je účinnost nezpěvněných hornin mnohem rychlejší než zpevněných, či dokonce krystalických, což se odráží i v různých požadavcích na jejich úpravu pro potřeby hnojení.

Vliv geologického původu a stáří hornin souvisí s chemickým složením a tvrdostí.

Skupina	Obsah CaCO_3 [%]	Obsah MgCO_3 [%]
Vápence	100,0–95,4	0–4,6
Dol. vápence	95,4–77,4	4,6–22,9
Váp. dolomit	77,1–58,8	22,9–41,2
Dolomit	55,8–54,3	41,2–45,7

Obecně platí, že starší horniny jsou více zpevněné, častěji krystalické a tedy hůře rozpustné.

Nejvíce ovlivňuje účinnost karbonátových hornin stupeň mletí, což platí zejména pro vápence a dolomity. Řada prací zemědělského výzkumu dokládá podstatné rozdíly mezi jemnou frakcí a hrubými částicemi. S klesajícími rozměry částic roste vliv látky na půdní vlastnosti a růst kultur, především díky rostoucí reakční ploše mezi vápencem a roztokem. Uvádí se, že při velikosti částic pod 0,25 mm již dále účinnost výrazně nestoupá a jemnější úprava pro účely meliorace půd tedy nemá význam. Četné výzkumy potvrdily též i minimální účinnost frakce větší než 2,5 mm a malý vliv frakce 2,5 až 1 mm. Výsledky zemědělského výzkumu je do lesnictví nutno přenášet velmi opatrně, v případě relativní účinnosti různých zrnitostních frakcí vápenců je však jejich aplikace použitelná v plném rozsahu (Šilnikov a Strelnikov 1976; Boháč et al., 1980; Pavlíček a Musil, 1988).

Karbonátové horniny slouží jako surovina pro výrobu vápenatých hnojiv, ve kterých je vápník obsažen jako oxid či hydroxid vápenatý, v praxi ovšem oxidová forma naprosto převládá.

Oxid vápenatý, pálené vápno, byl často využíván i v lesním hospodářství. Vyznačuje se okamžitou reakcí s vodou a rychlým neutralizačním působením. Přechází na hydroxid vápenatý, který poutá vodíkové iony půdního roztoku a vyvolává i výměnné reakce se sorpčním komplexem půd. Jeho přebytek tvoří s kyselinou uhličitou hydrogenuhlíčitany až uhlíčitany, které jsou relativně odolnější proti vyplavování. Je-li použito ekvivalentní množství uhlíčitanu a oxidu, pozorujeme stejné neutralizační účinky, oxid však působí okamžitě a intenzivněji, uhlíčitan naopak pomaleji a s déletrvajícím efektem. Karbonátové sloučeniny přecházejí nejprve velmi pomalu na hydrogenuhlíčitany (působením ve vodě rozpuštěného oxidu uhličitého a jiných kyselin) a ty teprve tvoří hydrolyzou hydroxidy schopné neutralizovat kyseliny. Na rozdíl od oxidu vápenatého, či hydroxidu, je u karbonátů téměř vyloučeno lokální převápnění.

Jak již bylo uvedeno, hydroxidová forma hnojiv se používá minimálně, v lesním hospodářství pak vůbec, v posledních desetiletích to platí i pro oxid.

V zahraničí (Gussone, 1983; Preuschoff, 1986) se k melioraci lesních půd používají i různé strusky, které obsahují vápník ve formě silikátové. Jedná se např. o vysokopeční a konvertorové strusky. Jejich rozpustnost je poměrně malá, avšak srovnatelná s uhlíčitany. V mnohem větší míře záleží na chemických a fyzikálních podmínkách prostředí. Preuschoff (1986) uvádí, že se stoupající kyselostí půdního roztoku výrazně roste i rychlost uvolňování vápníku, zatímco experimenty zabývající se vápencem ukázaly, že jeho rozpouštění záleží více na koncentraci CO_2 a teplotě, než na koncentraci kyselin (Prenzel, 1985). Jeho účinnost na půdách s podvázanou biologickou aktivitou tak může být značně omezena.

Příznivější je i účinek na vegetaci. Při sledování vlivu vápenců a strusek na zemědělské kultury bylo zjištěno, že silikátové formy se lépe projeví v růstu kultur i výnosu.

Vysvětluje se to vyváženějším složením, neboť kromě 40 až 50 % CaO obsahují i 3 až 10 % MgO, 1 až 8 % P₂O₅, draslík a množství stopových prvků jako Cu, B, Zn, Co, Mo a další, zanedbatelný není ani podíl kyseliny křemičité. Také u těchto látek stoupá účinnost s jemností mletí či granulace (Masaryk, 1980; Preuschoff, 1986).

Důležitá je i otázka dávek vápenatých hnojiv. V experimentech a při prvních provozních aplikacích byla používána poměrně velká množství, nadto často páleného vápna. Můžeme sledovat údaje o 3 až 9 t na ha (Seibt a Reemtsma, 1977) i 10 až 20 t na ha (Materna 1963; Gussone, 1983). V posledním období se takřka výhradně používá, míněno v provozní praxi, dávky 2 až 3 t na ha vápence či dolomitického vápence, při níž se předpokládá minimum vedlejších účinků na ekosystém lesa (Ulrich a Keufel, 1970; Gussone, 1984).

Účinnost všech vápenatých látek závisí na míře kontaktu s půdou a půdním roztočkem, proto silně roste při zapravení do půdy. Roste tím však i možnost negativního dopadu na dynamiku humusu a dusíku v důsledku příliš silného působení a současně likvidace přizemní vegetace. Její přítomnost, stejně jako přítomnost relativně vitálního porostu dřevin je často zdůrazňována jako nutnost a podmínka pro využití kladných účinků vápnění a pro zabránění, nebo alespoň zmírnění negativních dopadů vápnění na životní prostředí (Rehfues, 1981; Evers, 1984).

Zvláštní pozornost v lesnickém výzkumu je třeba věnovat působení dolomitického vápence, neboť v příštím období není možnost, a ani důvod či potřeba, používat ostatní vápenatá hnojiva ve větší míře, ovšem až na výjimky umožněné místními podmínkami, především snadno dostupnými lokálními zdroji bez přednostního využití v zemědělství.

VLIV VÁPŇNĚNÍ NA CHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮD

a) pH

Nejčastěji sledovaným účinkem vápnění je úprava reakce půdy, která je provázena změnami ostatních chemických (sorpční komplex, obsah živin) i jiných vlastností půd. Výsledná půdní kyselost je dána půdotvorným substrátem, rychlostí a typem jeho zvětvávání, klimatem a vegetací (Šály, 1978; Pritchett, 1979; Duchaufour, 1982). V posledních desetiletích je ovlivněna i množstvím kyselého spadu (Ulrich, 1986; Reuss a Johnson, 1986) a druhem, jakostí, dávkou a způsobem aplikace vápenaté látky či jiného hnojiva. Je určována složitým a dosud ne plně poznaným cyklem chemických látek a průběhem půdních fyzikálních, chemických a biologických procesů, jejichž dynamika je někdy nahrazována silně zjednodušujícím modelem pohybu vodíkových ionů (Reuss a Johnson, 1986).

V podmínkách blízkých přírodním je systém v rovnováze, změny sledují dlouhodobý vývoj klimatu a vegetace. Člověk do tohoto koloběhu zasahoval nejdříve nepřímo, změnou rostlinstva. Změnilo se množství živin, vyplavovaných z půdy a odčerpávaných úrodou, čímž docházelo k okyselování. V lesním hospodářství pak byla největší změnou též změna druhového složení lesů a s tím spojené zvýšené odčerpávání živin z půdy, ale především změna kvality opadu, který byl v důsledku pěstování jehličnatých dřevin relativně chudší na báze, obsahoval organické kyseliny a špatně se rozkládal. Zásadité látky tak zůstávaly poutány ve vrstvě surového humusu. Tyto procesy byly zesilovány pastvou v lese a hrabáním steliva. Výsledkem bylo okyselování lesních půd a výrazné zhoršení půdních vlastností (Duchaufour, 1982).

K těmto vlivům pak přistupuje kyselý spad, který působí okyselení především přímo. Představuje značná množství vodíkových (H⁺) ionů. Zatímco se počítá s několika kmol na ha ročně při průběhu ostatních procesů, hlavně zvětvávání (Ulrich, 1986), je průměrný kyselý spad v ČR 10,5 kmol na ha ročně a v Severočeském kraji dokonce 37,5

kmol na ha (Jonáš, 1986). Z jiných zemí se např. z SRN uvádí kyselý spad 1 až 6 kmol na ha ročně (Evers, 1984; Ulrich, 1986), podle jiných pramenů (Jonáš, 1986) je průměrný spad 6 kmol na ha ročně. Hlavní součástí jsou sloučeniny síry, jejich množství ve spadu je pro jednotlivé evropské země uváděno takto: Skandinávie 11 až 22 kg S na ha ročně, SRN 65, bývalá NDR 89, Polsko 57 a nejvíce ČSFR 122 kg S na ha ročně (De-rome, 1985).

Také schopnost vápenatých látek neutralizovat kyseliny je velmi proměnlivá. Zatímco v oxidové a hydroxidové formě je celý obsah vápníku okamžitě schopen reagovat s kyselými látkami, u uhlíčanů a silikátů je jejich neutralizační schopnost dána rychlostí rozpouštění. Jako maximální teoretická hodnota (10 °C, plný kontakt s půdním roztokem, 1000 mm srážek, 10,0 kmol na ha za rok kyselého spadu) bylo odhadnuto množství 20 kmol na 1 ha ročně rozpouštěného vápence, tedy asi 1 t (Prenzel, 1985). V reálných podmínkách je však třeba počítat s mnohem menšími hodnotami, ovlivněnými navíc obsahem hrubých částic, jež tvoří většinu vápence. U silikátových forem vápníku nejsou k dispozici údaje o rychlosti rozpouštění, uvádí se ale, že jeho působení na půdní vlastnosti je sice pomalejší a méně výrazné než u karbonátů, zato však trvalejší, bez větších vedlejších následků a pro vegetaci příznivější (Preuschoff, 1986).

Skutečně pozorované neutralizační účinky vápnění kolísají podle přírodních podmínek, půdních vlastností, stavu a složení porostů, druhu, dávky, způsobu aplikace a doby působení vápenatých látek.

Ke starším pracím o působení vápenatých látek na půdní vlastnosti patří studie Hungera (1962) z Krušných hor. Uvádějí se zde účinky páleného vápna (72,7 q CaO na ha) a vápence (85,5 q CaO v přepočtu) na kyselost půdy. Stanoviště je ve výšce 600 m n. m., roční srážky jsou 900 mm, průměrná teplota 6,3 °C. Lesní společenstvo je typu *Luzulo-Fagetum* a půdy jsou tvořeny ze zvětralin slídových břidlic. Po osmi letech od založení pokusu byly pozorovány změny v půdní kyselosti, které představovaly ve vrstvě F zvýšení z 2,95 (v KCl) na 5,52 (CaCO₃) a 6,5 (CaO), ve vrstvě H z 2,86 na 3,80 a 4,68 stupně pH. V horizontu A, v minerální půdě, se pak vliv vápence (2,95) vůbec neprojevil a účinek páleného vápna (3,38) nebyl nijak výrazný. Velká část oxidu vápenatého byla opět přeměněna na uhlíčan, obsah karbonátů se u obou variant téměř rovnal.

Na stejné lokalitě provádí výzkum i Czerney (1968) a popisuje vývoj po dalších dvou letech. Uvádí navíc i změny v kyselosti vrstvy L (3,1 v KCl u kontroly proti 3,7 u vápněné plochy). Vrstva F + H změnila svoji kyselost o 3,8, naproti tomu rozdíl v kyselosti A horizontu byl už jen 0,2 stupně pH a B až horizont vápněné plochy byl dokonce kyslejší.

Czerney a Mai (1970) též uvádějí výsledky z lokality Langer Berg (800 m n. m., 120letý smrkový porost, železito-humusový podzol se silným — 15 až 20 cm — surovým humusem). Popisují účinky 5,7 a 11,4 t vápníku na ha ve formě struskového vápna, pískovité strusky a vápenného hydrátu. Kontrolní vzorky byly odebrány v r. 1963, vápnění pak bylo hodnoceno v letech 1965, 1967 a 1968. Výsledky uvádí tab. III.

Podobné výsledky uvádějí i Ulrich a Keufel (1970) v SRN (300 až 500 m n. m., 745 mm srážek za rok, 7,6 °C, smrkový porost, dávky 3, 6, 11 t CaCO₃ na ha, pokus založený 1951 až 1953). Také zde dochází k maximální změně v humusové vrstvě — zvýšení až o 1,24 stupně pH; v minerální půdě nebyly pozorovány významné změny.

V Severním Irsku (do 200 m n. m., mírné přímořské klima, rašelinný glej až glej, porost smrku sitka) byla popsána vysoká účinnost uhlíčitanové formy, ze 4,6 (v H₂O) se pH zvýšilo na 6,4 (5 t na ha) a 6,6 (10 t na ha). Rovněž zde byly popsány výrazné změny v nejsvrchnější vrstvě humusu, mezi oběma dávkami nebyly podstatné rozdíly (Adams a Cornforth, 1973; Adams a Dickson, 1973). Vysokou účinnost karbonátů je možno vysvětlit příznivými klimatickými a půdními podmínkami pro rozpouštění jemně mletého vápence a vysokou výchozí hodnotou pH.

III. Vliv různých forem a dávek vápenatých hnojiv na kyselost svrchní vrstvy půdy (Czerney a Mai, 1970)

pH KCl	t Ca/ha	1965	1967	1968
Kontrola		2,3	3,0	2,7
Pís. struska	5,6	4,1	4,4	3,5
	11,4	4,6	4,7	3,8
Struskové vápno	5,7	5,6	5,2	4,6
	11,4	6,5	5,9	5,2
Vápenný hydrát	5,7	7,2	6,9	5,6
	11,4	8,0	7,1	5,5

Rozsáhlá šetření byla koncem 70. let shrnuta v SRN (Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977). Byly vyhodnoceny pokusy s vápněním zakládané od konce 20. let. Při užití až 9 t páleného vápna na ha byly rozdíly v kyselosti půd značné, i přes 1,0 stupeň pH, a to po dlouhou dobu trvání experimentů. Jako příklad uvedme nejstarší z vyhodnocovaných experimentů, založený v letech 1927 až 1930 (Seibt a Wittich, 1977). Plocha je umístěna na plochem západním svahu, v pohoří Eggengebirge (Teutonský les) v nadmořské výšce 360 m. Klima je vlhké a chladné, vyskytují se zde silné větry a časté mlhy. Průměrná roční teplota je 7,4 °C a od května do září 13,6 °C, srážky jsou 958 mm a přes letní období 409 mm. Původní dávka byla 3 a 6 t páleného vápna a jiných vápenatých látek (Leunakalk) s obsahem dusíku a fosforu. Rozdíly v kyselosti humusu dosahovaly po 20 letech 0,5 stupně pH a druhé vápnění v r. 1953 je udrželo po dalších 20 let. V minerální půdě byly rozdíly v hloubce 0 až 10 cm 0,1 až 0,6 stupně pH, v 10 až 20 cm asi 0,3 stupně a hlouběji se již neprojevovaly. Přitom bylo aplikováno až 8700 kg CaO na ha. Také v ostatních popisovaných případech (Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977) byly změny omezeny takřka výhradně na vrstvu humusu a nejsvrchnějších 10 cm minerální půdy.

Rovněž ze SSSR jsou známy práce, popisující vliv aplikace karbonátových hnojiv na vlastnosti půd. Orlovskij (1982) uvádí výsledky aplikace 5, 10, 15 a 20 t jemně mletého dolomitu na ha. V borovém porostu vzrostlo pH (KCl) ze 4,0 (kontrola) na 5,0 (10 t na ha) a 5,2 (20 t na ha) v 0 až 10 cm hloubky. Ve vrstvě 20 až 30 cm byly naměřeny hodnoty 4,4; 4,5 a 4,8 stupně pH. Ve smrkovém porostu v hloubce 0 až 10 cm byly odpovídající hodnoty 3,7; 3,9 a 4,4 stupně pH, zatímco v hloubce 20 až 30 cm jednotně 4,2 stupně. V doubravě pak byla naměřena v horní vrstvě kyselost 4,2; 4,1 a 6,7 stupně pH a v dolní 4,6; 4,5 a 4,8 stupně. Hlouběji pak byl vliv vápnění ještě méně výrazný až nevýrazný. Doba trvání experimentu činila 3 roky, dolomit byl aplikován do proti-erozních brázd a tedy částečně zapraven do svrchní části minerální půdy. To mělo za následek, spolu s mírnějším klimatem a nižší výchozí kyselostí půdy, jeho relativně vysokou účinnost.

Evers (1984) vyhodnocoval experimenty zakládané v různých částech Německa a uvádí, že 10 let po aplikaci průměrně 5 t vápenatých hnojiv na ha činily rozdíly až 1,0 stupně pH. Během dalších 15 let se varianty téměř nelišily, nebo jen minimálně (0,1 až 0,3 stupně pH).

Výsledky z jižní Skandinávie uvádí Derome (1985). Popisuje aplikaci 2 t vápence na ha v borovém a smrkovém porostu. První hnojení proběhlo v r. 1958 a šetření po 25 letech. V borovém porostu byla kyselost nižší o 0,5 stupně pH ve vrstvě humusu i v mi-

Dřevina	Vrstva	6 let po vápnění	20 let po vápnění
Smrk	humus	0,8	0,5
	minerální půda	—	0,2
Borovice	humus	1,0	0,7
	minerální půda	0,3	0,5

nerální půdě, ve smrkovém pouze v humusu. V hloubce 8 cm se kyselost rovnala kontrole. Na $2 \times$ vápněné ploše (1958, 1978) měl humus pH o 2 stupně vyšší a v 15 cm hloubce byl rozdíl ještě 0,75 stupně. Uvádí se zde i časový průběh změn kyselosti. Původně byla u obou dřevin stejná, pH 4 v H_2O v humusové vrstvě a pH 4,5 v H_2O v minerální půdě. Výsledky ukazuje tab. IV. Lze pozorovat vyšší účinnost u borového porostu a postupné pronikání vápníku do hloubky půdního profilu. Rozdíly v reakci půdy pod smrkovým a borovým porostem jsou připisovány vlivu různého obsahu humusu v půdě, mezi nímž a velikostí změn byla zjištěna úzká korelace ($r = 0,977$).

Lang a Beece (1985) uvádějí změny v reakci vodního výluhu půdy 135 let starého bukového porostu na výzkumné ploše Solling. V r. 1976 zde bylo aplikováno 6 t a v r. 1980 4 t dolomitického vápence s celkovým obsahem 2075 kg Ca a 820 kg Mg na ha. Vzorky byly odebírány během vegetačního období r. 1982. V humusové vrstvě (H + F) byly rozdíly mezi vápněnou plochou a kontrolou 1,5 až 2,0 stupně pH, zatímco v 0 až 5 cm minerální půdy jen 0,2 stupně.

Na stejné lokalitě prováděl výzkum Matzner (1985), uvádí i rozdíly mezi bukem a 100 let starým smrkovým porostem. V prvních 10 cm minerální půdy bylo pH u buku o 0,2 stupně vyšší u vápněné plochy (3,4 proti 3,2; měřeno v $CaCl_2$), u smrku o 0,3 stupně (3,2 proti 2,9). Hluběji se pak vliv vápnění neprojevil ani u jedné dřeviny.

Také Fiedler (1986) uvádí, že větší změny probíhají pouze v humusovém horizontu, dokládá též pomalý účinek dolomitického vápence.

Výsledky z jižního Švédska uvádí Olsson (1986). 10 t vápence na ha, tj. přibližně 4 t Ca, bylo aplikováno v r. 1955 v bukovém porostu (150 m n. m., 6,5 °C, 1046 mm) a vyhodnocení proběhlo po 28 letech. V kyselosti opadu byl rozdíl 0,3 stupně pH, v humusovém horizontu 0,7 stupně, v horizontu A až 1,2 stupně a rozdíl 0,2 stupně se udržel i v horizontu B.

Bosch (1986), jako jeden z mála, zakládal a vyhodnocoval i experimenty ve vyšších polohách Šumavy a Bavorského lesa. Na lokalitě Hochkamm-Dreisessel (Třístoličník) ve výšce asi 1000 m n. m. bylo aplikováno v letech 1982 a 1983 postupně 4 a 17,5 t $CaCO_3 + MgCO_3$ na ha, což představovalo dohromady 7580 kg Ca a 720 kg Mg. Rozdíly v kyselosti po dvou letech byly značné, pH nadložního humusu (v $CaCl_2$) stoupl z 3,5 na 6,7, v 0 až 5 cm z 3,55 na 4,10, v 5 až 10 cm z 3,65 na 4,02 a v 10 až 20 cm z 3,68 na 3,90.

Konečně Heinsdorf et al. (1988) uvádějí maximální účinek po 1 vegetační době ve vrstvě L + F (4 až 5 cm silně).

K dispozici jsou i, byť ne příliš četné, domácí údaje. Např. Tesař (1986) uvádí výsledky pokusu založeného v r. 1961 na Trutnovsku. Lokalita se nachází na mírně skloněné hřebenové plošině Jestřebích hor v nadmořské výšce 655 m, srážky jsou zde 760 mm a lesní typ je určen jako 5Kl. Geologické podloží tvoří tzv. žaltmanské arkózy, na nichž se vyvinuly slabě podzolované hnědé lesní půdy. Smrkové sazenice byly při výsadbě hnojeny 1 kg mletého vápence, nebo 4 kg diabazu do jamky. Po 6 letech bylo měřeno pH v jamkách a srovnáno s neošetřenou plochou. Výsledky shrnuje tab. V.

V. Změny půdní reakce po aplikaci bazických hornin do jamek při výsadbě (Tesař, 1986)

Hnojivo	pH H ₂ O	pH KCl
Kontrola	3,95	2,99
Diabaz	5,2	4,11
Vápenec	6,85	6,28

VI. Vliv vápnění na reakci půdy (Jirgle, 1986)

pH KCl	Dávka (t)	0	5	16
Humus		3,08	3,50	3,97
Minerální půda		3,37	3,90	4,09

VII. Vliv vápnění na kyselost půdy (Konečný, 1986)

1. vápnění 27. 7. 1983
2. vápnění 24. 9. 1985

Průměrné hodnoty kyselosti půdy pH H ₂ O KCl	Odběr v roce 1959	Odběr před vápněním 1. 6. 1983	Odběr po vápnění 9. 11. 1983	Odběr před vápněním 25. 6. 1985	Odběr po vápnění 29. 4. 1986
	pH H ₂ O/pH KCl				
pH celkové	4,63	4,37	4,99	4,51	4,66
	4,20	3,69	4,40	4,12	4,25
pH v hloubce 10 cm	—	4,21	5,02	4,48	4,80
	—	3,59	4,43	4,10	4,39
pH v hloubce 30 cm	—	4,53	4,95	4,56	4,53
	—	3,78	4,37	4,14	4,12

Jirgle (1986) uvádí výsledky z Krušných hor. Experimentální plocha se nachází na území LZ Litvínov v nadmořské výšce 880 m, v pásmu ohrožení A, průměrná roční koncentrace SO₂ dosahuje 60 až 80 µg.m⁻³. Pokus byl založen v r. 1974 a vyhodnocen o 10 let později. Spolu s jinými variantami byl sledován účinek 5 a 16 t mletého vápence na ha. Aplikace byla povrchová. Výsledky uvádí tab. VI.

V Beskydech popisuje Raška (1986) účinek dávky 3 t letecky aplikovaného dolomitického vápence na ha. Po 14 měsících se u 93 % ploch zvýšila hodnota pH o 0,3 až 0,4 stupně. Zde je jedním z metodických problémů neporovnatelné roční období, za které může dojít k podobnému samovolnému posunu (např. Lang a Beese, 1985; Matzner, 1985).

V experimentálním povodí Malé Ráztoky prováděl šetření Konečný (1986). Rovněž zde byly aplikovány 3 t jemně mletého dolomitického vápence na ha. Výsledky jsou shrnuty v tab. VII.

Vyhodnocováním provozního vápnění se zabývali i Peřina a Podrázský (1988). Při měření půdní reakce u 17 párů vápněných a kontrolních ploch v Jizerských horách

se nepodařilo určit významné rozdíly v kyselosti půd. Účinná byla kombinace vápnění a přípravy půdy, jež byla spojena s částečným odstraněním vrstvy humusu a zapracováním vápence.

Kyselost půd je tedy možno do určité míry upravit, změny jsou však mnohdy nevýrazné. Prostorově jsou omezeny na horizonty nadložního humusu, při delším nebo silnějším působení i na svrchní horizonty minerální půdy, časově pak na dobu zhruba dvou desetiletí a často méně. Výsledky jsou ovlivněny dávkou (Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977; Jirgle, 1986) i formou vápenatých hnojiv (Hunger, 1962; Czerney a Mai, 1970; Seibt a Wittich, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977), ale také dřevinou (Orlovskij, 1982; Derome, 1985). Účinnost vápnění je silně modifikována rovněž povětrnostními vlivy a působením vegetace.

b) Sorpční komplex

Dalším sledovaným účinkem vápnění jsou změny půdního sorpčního komplexu, který představuje neaktivnější složku při fyzikálně-chemických reakcích v půdě. Celkem nevýrazně se mění výměnná sorpční kapacita (T), což je schopnost půdy poutat kationy. Hunger (1962) dokládá v humusovém horizontu (vrstva F) zvýšení ze 110 mval/100 g půdy na 129 při použití vápence a na 164 při použití páleného vápna, ve vrstvě H potom ze 133 na 137, resp. 160 mval/100 g půdy. V minerálním horizontu A zůstává výměnná kapacita neovlivněna (163 : 163, 165 mval/100 g půdy). Rovněž Czerney (1968) uvádí nejvýraznější změny v humusovém horizontu, v horizontu A pak mírný pokles a v horizontu B je podle něj sorpční komplex neovlivněn. Účinnost hnojiva vzrůstá v pořadí pískovitá struska, struskové vápno a vápenný hydrát. Ulrich a Keufel (1970) neuvádějí měřitelné změny sorpčního komplexu, stejně tak i Matzner (1985). Ve srovnání s uvedenými autory popisuje v souvislosti s vysokou dávkou a částečným zapracováním výrazné a hluboké změny sorpčního komplexu Orlovskij (1982), (tab. VIII).

Změny výměnné kapacity prodělávají vlivem vápnění vývoj podobný změnám v obsahu organických látek. V horizontech humusových dochází v důsledku lepší humifikace ke zvýšení, zatímco v minerálních v důsledku odbourávání organických látek nastává snížení kapacity půdy poutat kationy (Derome, 1985). Na 2 × vápněné ploše byla dynamika výraznější, stejně tak borový humus reagoval příznivěji než smrkový. V měřítku celého profilu tak došlo k nevýraznému poklesu výměnné kapacity. Po delší době — 28 let — byla výměnná kapacita ve vrstvě hrabanky opět nižší než u kontroly a v hlubších horizontech naopak mírně stoupala.

VIII. Změny sorpčního komplexu vlivem vápnění (Orlovskij, 1982)

Dřevina	Horizont [cm]	T mval/100 g zeminy			V %		
		0 t	10 t na 1 ha	20 t	0 t	10 t na 1 ha	20 t
Borovice	0–10	12,2	13,9	14,0	25,0	50,0	54,0
	20–30	3,4	3,5	4,8	21,0	17,0	33,0
Smrk 80	0–10	9,7	9,4	13,7	5,0	18,0	40,0
Dub 20	20–30	5,7	10,8	5,1	2,0	1,0	4,0
Dub	0–10	4,9	8,2	15,6	10,0	20,0	93,0
	20–30	2,8	2,6	4,5	8,0	4,0	47,0

Druhou charakteristikou sorpčního komplexu je obsah bází (S). V některých případech nedošlo k výrazným změnám (Ulrich a Keufel, 1970), většinou však dochází k určitému zvýšení, a to v humusových i minerálních horizontech (Czerney, 1968; Mai, 1970; Olsson, 1986 aj.). Bylo zjištěno, že iony vápníku ze sorpčního komplexu vytěšňují přednostně hliník před vodíkem (Derome, 1985).

Vzájemný poměr hodnot S a T udává procento nasycení sorpčního komplexu (V %), které podobně jako pH odráží stav a úrodnost půdy (Šály, 1978; Scheffer a Schachtschabel, 1984). Mezi pH a V % existují dokonce úzké korelační vztahy (Masaryk, 1980; Baker et al., 1981; Reuss a Johnson, 1986), v rozmezí hodnot pH 4 až 6 zhruba lineární. Vápněním je procento nasycení ovlivněno z vlastností sorpčního komplexu nejvýrazněji, v některých případech dosahují hodnoty i 100 %, tj. plného nasycení sorpčního komplexu bázemi, především pochopitelně vápníkem. Takové zvýšení je podmíněno vysoce účinnou formou vápenatých hnojiv (Hunger, 1962) a vysokou dávkou (Orlovskij, 1982). V hlubších horizontech jsou však změny mnohem méně výrazné. Například Hunger (1962) uvádí zvýšení V % z 29 na 100 % při použití páleného vápna, ovšem pouze ve vrstvě F. Ve vrstvě H stoupl procento nasycení z asi 22 na 69 a v horizontu A z 30 na 44. Při použití vápence stouply hodnoty V % pouze na 85 (F), 45 (H) a 28 (A).

V podmínkách podobných provozním a v nadmořských výškách středohorských poloh ve střední Evropě jsou změny sorpčního komplexu ještě méně výrazné. Matzner uvádí, že ve vrstvě 0 až 10 cm stoupl nasycení z 5 na 20 % a v horizontu 10 až 30 z 3 až 4 % na 5 až 8 %, což je možno považovat za typické pro dané podmínky aplikace a stanovištní poměry. Ovšem i v tomto případě je nutno uvážit poměrně vysokou dávku dolomitického vápence. Vcelku je možné vliv vápnění na stav sorpčního komplexu považovat za příznivý.

c) Dynamika dusíku

Účinek vápnění na dynamiku živin, tedy i dusíku, je podmíněn především aktivizací humusu a zvýšenou mírou mineralizace, humifikace a nitrifikace. Mnoho prací uvádí velký vliv vápnění na přeměnu humusových látek a obrát uhlíku a dusíku v půdě. Činností mikroorganismů i ostatní půdní bioty dochází k výraznému zrychlení odbourávání organických látek, což vede ke ztrátám uhlíku dýcháním a k vyplavování nitrátů z půdy. Velikost těchto ztrát může být značná. Třebaže dochází ke zvýšení obsahu dusíku v organické hmotě (Hunger, 1962; Adams et al., 1978), celkové množství organické hmoty v půdě klesá (Derome, 1985; Matzner, 1985 — u smrku) a s tím i množství dusíku v půdním profilu. Ve většině případů se poměr C/N snižuje, tj. nabývá příznivějších hodnot. Bylo však pozorováno i snížení procenta obsahu dusíku v půdě jako důsledek vápnění (Schüler, 1987) a zvyšování poměru C/N (Olsson, 1986). Ulrich a Keufel (1970) uvádějí ztráty 15 t C a 470 kg N na ha. Seibt a Reemtsma (1977) a Seibt a Wittich (1977) uvádějí případy, kdy došlo ke ztrátám i 1/3 až 1/2 nadložního humusu, a tím i dusíku na vápněných plochách, zejména při zapracování vápenatých látek do půdy, na holinách nebo při silných probírkách. Bilance provedená Wittichem v jednom ze sledovaných porostů (bez dalších zásahů) odhalila ztráty sice jen 10 % celkového dusíku, představovalo to však 30 % dusíku v humusovém horizontu a 70 % lehce mineralizovatelných dusíkatých látek. Rovněž Gussone (1984) cituje prameny dokládající ztráty až 800 kg N na ha. Nechybí ani údaje popisující zvýšení zásob organických látek a dusíku v humusovém horizontu i v půdě, např. Matzner (1985) pozoroval zvýšení obsahu humusu i dusíku v obou horizontech (horizontu nadložního humusu i minerálním) ve vápněném bukovém porostu, zřejmě v důsledku jeho lepší asimilace.

Literární údaje jsou tedy rozličné a často i protichůdné. Výsledek vápnění závisí na stavu porostu před provedením zásahu — věku, složení, hustotě — stanovištních

poměrech, zejména pak na původním obsahu dusíku a organických látek v půdě a na době, která již od vápnění uplynula. Popovic (1984) popisuje dva modely dynamiky dusíku v půdě, které závisí patrně na jeho původním obsahu. V prvním případě, kdy je obsah N nízký, dojde po vápnění k oživení aktivity půdních organismů, ovšem uvolněný dusík je poután v jejich tělech, je immobilizován, což může vyvolat i příznaky jeho nedostatku. V případě druhém, kdy je obsah dusíku v organické hmotě poměrně vysoký, nastává rychlá mineralizace humusu, a tím i dusíku. Uvolněné dusíkaté látky není schopna využít vegetace ani mikroorganismy a tak lze pozorovat jejich vyplavování. Po delší době pak dochází i v tomto případě ke snížení obsahu dusíku v půdě i asimilačních orgánech (Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977).

Rovněž laboratorními experimenty bylo zjištěno, že přidáním vápenatých látek před inkubací půdních vzorků se zlepšují podmínky pro mineralizaci dusíku a pro nitrifikaci, což vede k téměř úplnému vymizení dusíku v amonné formě, kdežto obsah nitrátů se zvyšuje. Při souhrnné bilanci klesá obsah celkového i přístupného dusíku a amonného ionu a zvyšuje se naopak obsah nitrátů, které snáze podléhají vyplavování (Adams a Cornforth, 1973; Seibt a Wittich, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Carey et al., 1981; Rehfuess, 1981).

Matzner (1985) uvádí hodnoty zvýšení obsahu dusičnanů ve vodě prosakující profilem. Pod smrkem se koncentrace zvýšila $2\times$, z přibližně 5 na asi $10 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$, pod bukem z téměř nulových hodnot na zhruba $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Celkový dopad na koloběh dusíku je tedy nepříznivý, s rostoucími účinky vápnění rostou i jeho ztráty. Je proto nutno hledat kompromis mezi žádoucími změnami vlastností humusu i půdy na jedné straně a ztrátami dusíku na straně druhé.

d) Dynamika ostatních živin

Dynamika ostatních živin je též ovlivněna oživením biologické aktivity půdy, stejně tak je však určována aktivitou a vitalitou porostu. Ulrich a Keufel (1970) stanovili, že vlivem vápnění stoupl množství přístupného hořčíku v humusové vrstvě o 59 %, draslíku o 42 %, hliníku o 27 %, železa o 9 % a manganu o 21 %. Dynamika sodíku nebyla ovlivněna. Tyto živiny a prvky byly mobilizovány vegetací z hlubších horizontů. Naproti tomu v minerální půdě došlo k poklesu přístupného hliníku o 24 % v důsledku jeho vytěsnění vápníkem, jehož podíl stoupl o 24 %. Rovněž zde klesl obsah draslíku o 18 %.

Haveraaem (1978) uvádí, že vápnění zpomalilo pohyb rozpustných forem fosforu do spodin a klesly tak jeho ztráty.

Rozsáhlý materiál o vlivu vápnění na dynamiku živin přinesl Matzner (1985). V obou porostech, bukovém i smrkovém, stoupl zhruba $2\times$ obsah vápníku v prosakující vodě, z 2 až 3 na 5 až $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ u buku a z asi 4 na $8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ u smrku. U vápníku i u ostatních živin byla situace komplikována tím, že hnojivo obsahovalo značná množství těchto prvků, 38 kg Na, 205 kg K, 2075 kg Ca, 820 kg Mg a 17 kg Mn na ha, s čímž je nutno při bilancích živin počítat. V humusové vrstvě došlo vlivem vápnění a hnojení k vyšší akumulaci P, Na, K, ale opět i Mn, Fe a Al. V minerální půdě lze pozorovat u Na, K, Ca a Mg zrychlený pohyb do spodin. U hliníku ve smrkovém a manganu v bukovém porostu došlo k výraznému poklesu obsahu. Velká část aplikovaného vápníku a hořčíku zůstala ještě v nadložním humusu (3 roky od poslední vápnění), což souhlasí s poznatky jiných autorů (Adams et al., 1978 — 6 let; Derome, 1985 — dokonce 25 let, Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977 — asi 20 let). Odtud jsou pak vyplavovány aniž při tom výrazněji a trvaleji mění vlastnosti níže ležících horizontů, nalézajících se v zóně prokořenění (Ulrich, 1970).

Beese a Prenzel (1985) se zabývali složením půdní vody v témž bukovém porostu jako Matzner (1985), analyzovali odběry z hloubky 20 a 60 cm. Zjistili výrazné zvýšení

obsahu Ca ionů, asi $4 \times$ ve 20 cm a $2 \times$ v 60 cm. Mnohonásobně stouply koncentrace hořčíkových ionů a ve 20 cm stouply koncentrace ionů síranových.

Vápněním se tedy vesměs zvyšovalo vyplavováníází, přičemž se jednalo přednostně o látky obsažené v hnojivu, nelze však vyloučit — v důsledku výměnných reakcí — přechod živin poutaných sorpčním komplexem do půdního roztoku a jejich vyplavení. Příznivý výsledek vápnění na chemické vlastnosti půd je přímo podmíněn přechodem vápenatých a hořečnatých ionů do roztoku a výměnnými reakcemi. Při charakteru těchto reakcí je nutno počítat s tím, že iony Ca^{2+} a Mg^{2+} budou substituovat nejen kyselinotvorné látky (kyselé kationy, kationové kyseliny) Al^{3+} , H^+ , popř. Mn^{2+} , ale i ostatní báze — K^+ , Na^+ . V případě nízkého obsahuází v půdě může dojít i k jejich nedostatku (Seibt a Reemtsma, 1977), zejména není-li porost dřevin či alespoň přízemní vegetace schopna selektivně poutat přinejmenším část ostatníchází a opětovně je uvést do koloběhu.

Dynamika fosforu, vyloučíme-li extrémní dávky vápna, nevykazuje žádné větší změny, pouze na fosforem velmi chudých půdách dochází někdy k silnějšímu poutání této živiny, což zhoršuje výživu porostů (Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977).

e) Přístupnost toxických látek pro rostliny

Jak již bylo částečně naznačeno v předcházejícím odstavci, velmi výrazný vliv má vápnění na dynamiku kyselých kationů hliníku a manganu, které jsou extrémní kyselostí půdy aktivovány. Předpokládá se u nich negativní působení na zdravotní stav kořenového systému dřevin (Ulrich, 1986; Reuss a Johnson, 1986). Množství přístupného hliníku (stejně tak i manganu) je vápněním velmi výrazně redukováno (Derome, 1985; Matzner, 1985). V humusové vrstvě bylo často pozorováno zvýšení obsahu výměnného Al a Mn, což souvisí s biologickou mobilizací těchto prvků. Díky po vápnění vysokému obsahu vápníku je zde však příznivý poměr Ca/Al, vylučující negativní působení hliníku a organickou hmotou je hliník účinně poután ve formě komplexů (Ulrich, 1986b; Reuss a Johnson, 1986). V minerální půdě je pak obsah hliníku a manganu na vápněných lokalitách jednoznačně menší (Ulrich, 1970; Ulrich Keufel, 1970; Matzner, 1985). Matzner (1985) pozoroval příznivý nárůst poměru Ca/Al v půdní vodě i v hloubce 90 cm, a to z hodnoty 0,2 na hodnotu 1. V bývalé NDR (Heinsdorf et al., 1988) bylo pozorováno téměř úplné vymizení hliníku ve výměnné formě při zvýšení pH nad hodnotu 4,2 (v KCl).

Ovlivněním dynamiky těžkých kovů se v lesnictví zabývá málo autorů. V práci Lamersdorfa (1985) je uvedeno, že vápnění redukovalo vyplavování Cu, Cd, Cr a Co. Nebyly zjištěny změny v koncentraci půdní vody, pokud se týče Zn u smrkového porostu, Cu, Co, Cd v bukovém a Pb v obou porostech. U Zn v bukovém, Cr a Ni se vyplavování zvýšilo.

Naopak Schierl et al. (1986) pozorovali mobilizaci organických komplexů Cu a Pb. Souvisela s celkovou mobilizací rozpustných organických látek, zvýšenou tvorbou jejich komplexů a vyplavováním.

OVLIVNĚNÍ BIOLOGICKÉ AKTIVITY PŮD A DYNAMIKY ORGANICKÝCH LÁTEK

Biologická aktivita půd je vápněním zpočátku silně podpořena, zvláště výrazně roste počet a biomasa bakterií a aktinomycet (Czerney a Mai, 1970; Adams et al., 1978). Czerney a Mai (1970) stanovili, že počet půdních bakterií byl ve vzorcích vápněných půd $7 \times$ a aktinomycet až $10 \times$ větší. Na druhé straně klesl počet mikrosko-

IX. Změny v počtu zástupců půdní bioty (Adams et al., 1978)

Skupina	Množství	0 – plocha	5 t CaCO ₃ · ha ⁻¹	10 t CaCO ₃ · ha ⁻¹
Aktinomycety	10 ⁵ /g ⁺	0,6	8,4	6,8
Baktérie	10 ⁶ /g ⁺	2,5	10,4	7,7
Žížaly	ks/m ²	145,0	130,0	198,0
Stonožky	ks/m ²	50,0	95,0	54,0
Plodnice hub	ks na ploše	13,0	36,0	39,0

+ – suchá hmotnost

pických hub. Adams et al. (1978) popsali změny počtu zástupců některých skupin půdní mikroflóry a makrofauny, výsledky jsou uvedeny v tab. IX.

Roste tedy počet i aktivita půdních organismů, což je umožněno relativně příznivými půdně-chemickými změnami. Ovlivněny jsou i kořeny lesních dřevin. Zvýšenou aktivitu bakterií popsali i Lang a Beese (1985), červů, zejména žížal pak Schauer-mann (1985) a Olsson (1986). Schauer-mann (1985) popsal i početní nárůst jiných skupin živočichů, např. chvostoskoků, jím pozorované zvýšení jejich biomasy i počtu, stejně jako u žížal, bylo výraznější ve smrkovém porostu ve srovnání s bukovým. Olsson (1986) uvádí v důsledku zvýšení činnosti půdních organismů výrazný nárůst půdních makro- i mikropórů a změnu jejich orientace z horizontálního směru na vertikální.

Pokud se týče změn v humusu, prudce se zvyšuje mineralizace organických látek, jejíž důsledek pro dynamiku půdního uhlíku a dusíku byl již popsán. Zvýšené dýchání a uvolňování CO₂, až 2× větší na vápněných půdách, dokládají např. Czerney a Mai (1970) a Popovic (1984). Také další autoři se zabývali immobilizací dusíku a stanovili, že jeho velká část je poutána zvýšenou biomasou mikroorganismů (Nömmik, 1979; Ulrich, 1986). Nömmik (1979) dále dokládá, že poměr mineralizace a immobilizace dusíku záleží na vlastnostech nadložního humusu: v humusu typu moru klesá čistá (netto) mineralizace v důsledku immobilizace a u mullu stoupá díky relativně dobrému zasození dusíkem.

Vzhledem ke skutečnosti, že výraznější změny v aktivitě půd jsou při povrchové aplikaci omezeny na povrchové vrstvy (Czerney, 1968; Lang a Beese, 1985), probíhají zejména v nadložním humusu. Tím se především zde upravují podmínky pro nerušený rozvoj kořenů a dřeviny, zvláště smrk, toho využívají. Murach a Schünemann (1985) pozorovali zvýšení počtu živých kořenů v horizontech nadložního humusu a jejich pokles v horizontech minerální půdy. Počet mrtvých kořenů se podstatně snížil v celém prokořeněném profilu.

Uvádí se i nebezpečí poškození mykorrhiz vápněním (Hunger, 1962; Derome, 1985). Při relativně vysokých dávkách účinných látek bylo pozorováno jejich téměř úplné vymizení (Hunger, 1962), zároveň však byl růst vápněných a hnojených porostů lepší. Zhodnocení vlivů v současné době používaných forem a dávek vápenatých látek za nynější imisně-ekologické situace na stav mykorrhiz však zcela chybí.

Vápněním je silně ovlivněna i půdní vegetace. Roste počet i biomasa náročnějších druhů trav a bylin, je patrný zesílený vliv větších dávek a účinnějších forem. Bujný rozvoj vegetace je však svázán s prosvětlením porostů a při plném zápoji nenastává (Hunger, 1962; Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977).

Důležitá je i otázka vlivu vápnění na formy humusu. Na stanovištích se surovým humusem bylo dosaženo minimálních kladných změn (Ulrich a Keufel, 1970; Materna, 1986), na lokalitách s příznivějšími formami pak lze pozorovat posun ve směru

k typu mull (Olsson, 1986; Ulrich a Keufel, 1970). Vysokými dávkami účinných látek bylo na příznivějších (zejména nevysýchavých) stanovištích dosaženo i změn surového humusu, ovšem dočasně a po 1 až 2 desetiletích se začala hromadit nová vrstva surového humusu opět a často s ještě nepříznivějšími vlastnostmi (Ulrich a Keufel, 1970; Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977). Předpokládá se, že účinkem vápnění došlo k odbourání lehce mineralizovatelných organických látek a ztrátám dusíku, takže opad obsahuje v důsledku ochuzení stanoviště méně látek podporujících rozklad a humifikaci. Zdůrazňuje se i vliv přízemní vegetace a prosvětlení na udržení příznivých změn humusu.

Příznivé chemické a fyzikální změny v půdě, vyvolané vápněním, mají za následek zvýšení aktivity půd a kladné ovlivnění humifikace, ovšem při použití pouze vápenatých látek nejsou změny trvalé a po odeznění účinku může být situace, pokud se týče biologické aktivity humusu i svrchních vrstev minerální půdy, dokonce zhoršena. Již nejstarší, ale i novější experimenty s vápněním potvrdily nemožnost trvalé meliorace humusu vápněním (Seibt a Reemtsma, 1977; Kramer a Ulrich, 1985).

VLIV VÁPŇNĚNÍ NA VÝŽIVU POROSTŮ

Ve výživě porostů se odráží ovlivnění aktivity humusu a s ním spojené půdně-chemické a -biologické změny. Obecně lze říci, že změny obsahu živin v asimilačních i jiných orgánech dřevin, tedy ve stavu výživy, jsou méně výrazné než změny v půdě (v podmínkách výživy).

V první řadě je ovlivněna výživa vápníkem a hořčíkem. I když před aplikací většinou tyto prvky nebyly limitujícími živinami, dochází pak k jejich zvýšenému příjmu a akumulaci, především ve starších ročnících jehlic. V některých případech, na stanovištích chudších Ca a Mg došlo k výraznému zvýšení i v jednoletých jehlicích (Schüler) 1985 či listech (Beese a Prenzel, 1985). Murach a Schünemann (1985) popsali i tři až čtyřnásobné zvýšení obsahu vápníku a hořčíku v kořincích smrku při hnojení dolomitickým vápencem (projekt Solling). Také další autoři potvrdili zvýšení obsahu Ca a Mg v asimilačních orgánech dřevin (Adams a Dickson, 1973; Seibs a Reemtsma, 1977; Adams et al., 1978; Bauch, 1985; Matzner, 1985). Jako příklad uvádíme výsledky Adamse a Dicksona (1973) a Adamse et al. (1978) v tab. X., společně s údaji zjištěnými pro jiné živiny.

X. Vliv vápnění na obsah makroelementů v jehlicích smrku sitky (Adams a Dickson, 1973; Adams et al., 1978)

%	dávka t/ha 0	5 1973	10	průkaz- nost	0	5 1978	10	průkaz- nost
N	1,86	1,75	1,74	***	1,58	1,58	1,59	—
P	0,21	0,19	0,19	*	0,14	0,13	0,12	**
K	0,96	0,94	0,93	—	0,62	0,66	0,66	—
Ca	0,40	0,46	0,52	**	0,56	0,68	0,69	*
Mg	0,16	0,17	0,15	—	0,12	0,12	0,12	—
Na	0,031	0,032	0,034	—				
Mn					0,017	0,008	0,007	***

*** rozdíl velmi vysoce průkazný

** rozdíl vysoce průkazný

* rozdíl průkazný

— rozdíl neprůkazný

Z domácích autorů dokládá příznivý vliv vápnění na obsah vápníku a hořčíku v jehličí smrku pichlavého Jirgle (1986). V jednoletých jehlicích stoupl obsah vápníku z 0,242 % v sušině na 0,303 (dávka 5 t.ha⁻¹) a 0,319 (16 t.ha⁻¹), obsah hořčíku z 0,035 na 0,063 (5 t.ha⁻¹) a 0,062 (16 t.ha⁻¹). Působení vápnění na výživu těmito dvěma prvky je tedy příznivé.

Jinak je tomu u ostatních živin. Zejména, jak již bylo zmíněno, má vápnění často negativní dopad na dusíkatou výživu porostů, což je však mnohdy pozorovatelné až při delší době sledování. Především Seibt a Reemtsma (1977) a Seibt a Wittich (1977) doložili většinou sice mírné, ale patrné a z hlediska přírůstu významné snížení obsahu dusíku v jehlicích. Ke snížení docházelo po odeznění první fáze účinku vápnění, tj. po období zvýšené mineralizace a nitrifikace a po vyčerpání zásob humusu a dusíku snadno přístupných mineralizací.

Z dalších autorů to byli např. Adams a Dickson (1973), kteří popsali snížení obsahu N v jehličí. Matzner (1985) pozoroval slabé zvýšení obsahu N v jehličí, ovšem v tomto případě byla v roce 1973 součástí hnojení silná aplikace dusíku (celkem 316 kg.ha⁻¹).

Výživa fosforem je ovlivněna méně výrazně. Je popisován mírný vzestup v 1. ročníku jehlic (Matzner, 1985), neovlivnění výživy P (Murach a Schünemann, 1985), většinou je však předpokládáno a dokládáno mírné, statisticky i fyziologicky nevýznamné snížení jeho obsahu (např. Adams a Dickson, 1973; Adams et al., 1978, tab. X.).

Velmi je sledovaný vliv vápnění na výživu draslíkem, neboť se předpokládá antagonismus vápníku a draslíku při příjmu rostlinami. Zhoršení draselné výživy je popsáno v řadě prací (Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977; Matzner, 1985).

Není-li obsažen hořčík, může dojít i v jeho případě ke zhoršení podmínek pro příjem a ke vzniku nepříznivého poměru Ca/Mg.

Z ostatních prvků bylo pozorováno snížení příjmu Mn (Adams et al., 1978; Jirgle, 1986), uvádí se nebezpečí vzniku nedostatku mědi (Haveraaem, 1986), ale i B, Zn aj. stopových prvků.

VLIV VÁPŇNÍ NA ZDRAVOTNÍ STAV POROSTŮ

V literatuře, zahraniční i naší, naprosto chybí údaje o vlivu vápnění na zdravotní stav porostů v horských oblastech s drsným klimatem a silným imisním zatížením, kde převládající škodlivinou jsou přímo působící oxidy síry. V jednotlivých případech je doloženo kladné působení vápnění na ujmavost kultur a zdravotní stav porostů, ovšem za podstatně jiných imisně-ekologických podmínek.

Tesař (1986) popisuje příznivé působení aplikovaného vápence a diabázu na zdravotní stav sazenic posuzovaný vizuálně (7 až 11 % nezdravě vyhlížejících po výsadbě, 5 % po pěti letech na vápněné ploše, na kontrolní stále 30 %) i na ujmavost a přežívání (pouze 1 % ztrát po výsadbě proti 5 % do 5 let na neošetřené ploše). Rovněž Jirgle (1986) dokládá až o 15 % menší ztráty na vápněných plochách.

Evers (1984) uvádí, že po 26 letech od aplikace 2,5 t CaCO₃ na 1 ha spolu s plným NPK hnojením porosty nevykazují významné rozdíly ve zdravotním stavu, kromě plného minerálního hnojení se zde ale uplatňují i příznivější klimatické podmínky.

Bauch (1985) uvádí, že zdravotní stav vápněných porostů je mírně lepší, ovšem i zde bylo s hnojením rozptýleno značné množství ostatních živin (viz Matzner, 1985).

Někteří autoři (Hüttel, 1985; Bosch, 1986) předpokládají, že v oblastech se silným imisním zatížením — Hüttel (1985) přímo uvádí horské oblasti severu ČR — není možno vápněním ani hnojením deficitními prvky dosáhnout zlepšení zdravotního stavu porostů a zabránit jejich odumírání.

Citovaní autoři, spolu s dalšími (Hüttl, 1986; Hüttl, 1987; Schüller, 1987; Heinsdorf et al., 1988) dokládají, že za určitých podmínek lze výrazně zlepšit zdravotní stav porostů. Podmínky úspěchu jsou dány následovně:

- nízké imisní zatížení SO_2 , průměrné roční koncentrace dosahují pouze 16–20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Hüttl, 1985; Bosch, 1986), převažuje působení tzv. kyselých dešťů a vyskytují se jen mírně zvýšené koncentrace ozónu,
- relativně klimaticky příznivější oblasti, vylučující současné působení nepříznivých klimatických faktorů a vysokých koncentrací imisí,
- půda s nízkým obsahem živin, takže i imisemi, resp. kyselým spadem nezasažené porosty vykazují nedostatky ve výživě, které se působením imisí zvyrazňují,
- porosty jsou jen slabě poškozené, ne odumírající.

V těchto případech má dodání deficitních živin a úprava půdního prostředí vápněním za následek výrazné, i během první vegetační doby patrné zlepšení zdravotního stavu (např. Hüttl, 1985; Heinsdorf et al., 1988). Tyto podmínky jsou u nás splněny, např. na Šumavě, v Českém lese (některé úspěšné experimenty byly založeny na německé straně těchto pohoří), na Českomoravské vrchovině a v nižších polohách vnitrozemí mimo dosah imisních zdrojů. Na základě rozboru literatury nelze nic tvrdit o výsledcích vápnění v exponovaných (klimaticky a imisně) polohách, ovšem, při uvážení současné imisně-ekologické situace, nelze zlepšení zdravotního stavu porostů ani zabránění jejich odumírání předpokládat.

CELKOVÉ HODNOCENÍ VÁPŇENÍ

Vápnění je velmi výrazný zásah do lesního ekosystému a s jeho používáním v provozu lesního hospodářství ve stále větší míře je třeba počítat (Matzner, 1985; Matera a Skoblik, 1988). Proto je nutno uvědomit si jeho možnosti, tak jak vyplývají z dosavadního sledování jeho účinků.

VLIV VÁPŇENÍ NA VLASTNOSTI PŮD

Především je možno vápněním dosáhnout příznivých změn půdních vlastností. V důsledku aplikace živin, obsažených ve vápenatých látkách, a jejich chemického působení se mění chemické vlastnosti půd a oživuje se činnost půdních mikroorganismů. To má za následek mohutný rozvoj půdních bakterií, aktinomycet a živočichů, jako jsou prvoci, chvostokoci, hmyz a žížaly, což vede ke zrychlené mineralizaci, lepší humifikaci a ze stanovištního hlediska příznivému mísení organických a minerálních částic (Adams et al., 1978; Schauer mann, 1985; Olsson, 1986). Zlepšují se i fyzikální vlastnosti lesních půd, jako je pórovitost, vodní kapacita, provzdušněnost aj. (Masaryk, 1980; Olsson, 1986). Změny surového humusu jsou méně výrazné, zato u příznivějších forem dochází k rychlému posunu ve směru mull (Gussone, 1984; Derome, 1985; Matera, 1986). Po odeznění účinků vápnění je zde však tendence návratu ke stavu humusu, jaký byl na dané lokalitě před vápněním. Pak dochází k akumulaci nové vrstvy surového humusu, často ještě nepříznivějšího, neboť lehce mineralizovatelné látky, i část látek rozkladu hůře přístupných, byly již vyčerpány, výrazný podíl živin ztracen vyplavením a nové vápnění již nevede k úspěchu (Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977). Je proto účelné používat vápnění jako součást komplexní meliorace, kde plynule navazují další opatření, jako je hnojení a biologická meliorace. Je zdůrazňována přítomnost vitálního porostu, který je schopen využít živiny uvolněné vápněním, nebo přítomnost přízemní vegetace; její rozvoj umožňuje trvalejší změnu humusu na příznivější formu, zároveň však, zejména v mladších stádiích vývoje porostu, signalizuje

značné prosvětlení a tedy nedostatečné využití růstového prostoru dřevinami, hlavně jehličnatými (Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977).

Z dlouhodobého hlediska je tedy dopad samotného vápnění na stav půdy sice větší, nicméně však pozitivní, neboť-li však v úvahu ztrátu živin, hlavně dusíku (Matzner, 1985). Chemismus, biologické a fyzikální vlastnosti se zlepšují, k trvalému využití těchto příznivých změn je však třeba ověřit a využít řadu dalších opatření chemické a biologické meliorace stanovišť.

VLIV VÁPŇENÍ NA KULTURY

Při sledování vlivu vápnění na kultury bylo pozorováno jeho vcelku příznivé působení. To bylo zesíleno zapravením vápennatých látek do půdy (Seibt a Reemtsma, 1977; Derome, 1985; Materna, 1986). Tím se však zároveň zesiluje mineralizace a vyplavování živin a nutno uvážit, co je výhodnější pro vývoj porostu z dlouhodobého hlediska, minimálně na období jednoho obmýtí (Seibt a Reemtsma, 1977).

Kladné působení vápnění bylo pozorováno zejména při zalesňování a obnově stanovišť primárně velice chudých, jako jsou písky, rašeliny a kaolinické jíly, dále pak degradovaných a devastovaných půd (Lhotský a kol., 1987).

Méně vhodná se jeví aplikace vápennatých látek pouze na místo výsadby sazenic. Tesař (1986) vyhodnotil plochu, kde bylo do jamky přidáno množství 1 kg mletého vápence, nebo 4 kg diabázu. V prvních letech rostly hnojené sazenice výrazně rychleji, takže se o 40 % vyšší náklady takřka vrátily díky menším nákladům na ožínání. V dalších letech však náskok hnojených sazenic klesal, až po sedmi letech zanikl. V důsledku příznivých půdních vlastností v jamkách totiž kořeny nepronikly do okolní půdy a po vyčerpání živin v kořenovém prostoru došlo k růstové depresi. Docházelo též k vývrátům sazenic s deformovaným kořenovým systémem.

Při celoplošné aplikaci vápennatých látek k těmto jevům nedocházelo, zato však byl na těchto plochách podpořen rozvoj buřene, což zvýšilo požadavky na její likvidaci. Tomu je možno zabránit, alespoň dočasně, celoplošnou přípravou půdy spojenou nejen se zapravením vápennatých látek, ale i s celoplošnou mechanickou likvidací buřene, to však nadměrně zvyšuje negativní ekologické dopady vápnění i náklady (Seibt a Reemtsma, 1977). Na extrémních stanovištích, jako jsou např. písky nebo jíly, degradované a devastované půdy, je naopak příprava a zpracování půdy výhodou, zlepšuje strukturu půdy a likvidace buřene vede k lepší vodní bilanci nové kultury (Lhotský a kol., 1987).

V imisních oblastech ČR je potom vápnění považováno za neoddelitelnou součást obnovy, ve spojení s plným hnojením je nezbytným prostředkem pro udržení životaschopných kultur v extrémních podmínkách imisních holin (Jirgle, 1986, 1988).

VLIV VÁPŇENÍ NA POROSTY

Vliv vápnění na starší a dospělé porosty je hodnocen méně příznivě. Zejména dlouhodobý účinek je popisován jako neutrální až mírně negativní. Bez dalších opatření dochází opět, po přechodném zvýšení, k růstové depresi a objevují se nedostatky ve výživě, často prohloubené. Dochází k citelným ztrátám organických látek a dusíku (Derome, 1985; Seibt, 1977; Seibt a Reemtsma, 1977; Seibt a Wittich, 1977).

V oblastech postižených nepřímým působením imisí (požadové koncentrace SO_2 , kyselé srážky) lze vápněním a současným hnojením zvýšit odolnost a zdravotní stav porostů, zejména byly-li meliorační hmoty aplikovány před objevením se prvních vážných příznaků onemocnění lesa. Je zdůrazňována důležitost dodání ostatních živin, např. fosforu (Ulrich a Keufel, 1970) či draslíku (Matzner, 1985). Beese a Waraghai

(1985) uvádějí, že zdravotní stav je možno zlepšit, nejsou-li překročeny hraniční hodnoty odstínitelného zatížení.

Klíčový význam je připisován hořčíku. Je nejčastěji uváděn jako deficitní prvek v důsledku intenzivního vymývání kyselými srážkami, a to z asimilačních orgánů i z půdy, a v důsledku zvýšeného přísunu dusíku do lesních ekosystémů. Intenzivnější rostoucí porosty pak vykazují nedostatek jiných živin, nejčastěji právě hořčíku (např. Hüttl, 1985).

Otázka hlavní příčiny poškozování lesních dřevin a způsobu jejich revitalizace je však dosud předmětem diskusí, ba i sporů. Někteří autoři za hlavní stresor považují acidifikaci půdy a uvolňování hliníku v přístupné formě (např. Ulrich, 1989) a jako hlavní protipatření navrhuji velkoplošné vápnění, jiní za důležitější považují právě absolutní i relativní ochuzování lesních ekosystémů o hořčík i jiné živiny, jako vápník, draslík a zinek (např. Rehfuess, 1989). Nápravu vidí v dodání deficitních živin hnojením na základě analýz půdy a asimilačních orgánů a posouzení stanovištních podmínek a stavu výživy. Oba dva hlavní názory jsou v konkrétních případech podloženy experimentálními výsledky.

Všichni autoři se ale shodují v tom, že pro revitalizaci lesních porostů je bezpodmínečně nutné antropogenní zatížení cizorodými látkami snížit.

V oblastech silného imisního zatížení není naděje na zlepšení zdravotního stavu dřevin a na zabránění hynutí původních, zejména jehličnatých lesů. Vápnění odumírajících a odumřelých lesů, stejně tak i holin, se nedoporučuje, neboť se nadměrně zvyšuje nebezpečí ztrát živin, hlavně dusíku a zasažení vodních zdrojů.

Evers (1984) tak doporučuje vápnit a hnojit:

- zdravé, uzavřené porosty všech věkových tříd,
- porosty slabě poškozené, před obnovou a při ní, při přirozené obnově,
- slabě až mírně poškozené mladší porosty s celkově příznivou prognózou.

Hnojit nedoporučuje:

- staré porosty,
- porosty odumřelé a těžce poškozené.

Podobné názory má i Fiedler (1986).

Vápnění je považováno za důležitou součást meliorace a udržení kvality stanoviště, zejména v souvislosti s minerálním hnojením, při kterém hrozí nebezpečí okyselení půdy (Ulrich, 1986).

V imisních oblastech nepředpokládají někteří autoři změny půdních vlastností, ani stavu porostů v důsledku vápnění, to má pouze odstínit alespoň část kyselého spadu (Materna a Skoblík, 1988). Také Beese popisuje posun ve významu připisovanému vápnění v historii jeho vývoje. Od představ o zlepšení přírůstku, dnes překonaných (např. Seibt a Reemtsma, 1977), se přešlo ke koncepci meliorace stanoviště a v poslední době k představě o kompenzaci kyselých atmosférických i pedogenních látek v půdách. Vápnění není považováno za opatření obrany proti odumírání lesa a působení imisí, ale za prostředek prevence poškození půd (nikoli porostu) (Gussone, 1983a, 1984).

V situaci, jaká je v ČR, lze tedy počítat s odstíněním pouze části spadů kyselých látek, což může mít ekologický a snad i ekonomický význam pouze při podstatné redukci znečištění ovzduší kyselinotvornými látkami, především oxidy siřy.

PERSPEKTIVY DALŠÍHO VÝZKUMU VLIVU VÁPŇENÍ NA LESNÍ EKOSYSTÉMY

Je zřejmé, že výsledky vápnění jsou do velké míry určovány stanovištními podmínkami. Proto bude důležité získat údaje o vztahu účinků vápnění a jednotlivých stanovištních faktorů, zejména:

půdních — půdní typ, druh, půdotvorný substrát, druh a obsah organických látek a ostatní půdní fyzikální, chemické i biologické vlastnosti,
klimaticko-půdních — jejich souhrnné působení se odráží ve vylišení různých typologických jednotek,
porostních — druh dřeviny, stáří porostu, jeho zdravotní stav,
antropogenních — druh a množství imisí, typ a intenzita hospodářských zásahů.

Zejména je nutno získat urychleně podklady pro vápnění půd v horských oblastech, na zahuštěných holinách a za současného silného působení imisí a intenzivního používání těžké mechanizace. Je třeba upřesnit vliv aplikace různých forem vápenatých látek s rozdílnou účinností, různých dávek a jak se účinky vápnění skládají s procesy probíhajícími na holinách, které jsou vyvolané intenzivní přípravou půdy a působením těžké mechanizace na půdu.

Je nutno sledovat ovlivnění:

- půdních vlastností fyzikálních, chemických i biologických,
- zdravotního stavu a vývoje porostů a
- dopad na ostatní složky biosféry, zejména na kvalitu vody protékající profilem a opouštějící povodí.

Literatura

- ADAMS, S. N. — CORNFORTH, I. S.: Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka Spruce plantation. II. Laboratory studies on litter decomposition and nitrogen mineralization. *Forestry*, 46, 1973, č. 1, s. 39—47.
- ADAMS, S. N. — DICKSON, D. A.: Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka Spruce plantation. I. Field studies on the forest litter and the uptake of nutrients by the trees. *Forestry*, 46, 1973, č. 1, s. 31—37.
- ADAMS, S. N. — COOPER, J. E. — DICKSON, D. A.: Some effects of lime on a Sitka Spruce plantation. *Forestry*, 51, 1978, č. 1, s. 57—65.
- BAKER, A. S. — KUO, S. — CHAE, Y. M.: Comparisons of arithmetic average soil pH values with the pH values of composite samples. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 1981, č. 4, s. 828—830.
- BAUCH, J. et al.: Einfluss einer Kalkung bzw. Düngung auf den Elementgehalt in Feinwurzeln und das Dickenwachstum von Fichten aus Waldschadensgebieten. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 41, 1985, č. 43, s. 1148—1150.
- BEESE, F. — PRENZEL, J.: Das Verhalten von Ionen in Buchenwald-Ökosystem auf podsoliger Braunerde mit und ohne Kalkung. *Allg. Forstz.*, 41, 1985, č. 43, s. 1162—1164.
- BEESE, F. — WARAGHAI, A.: Ionenstatus und Säure-Neutralisationsverhalten von Buchenblättern. *Allg. Forstz.*, 41, 1985, č. 43, s. 1164—1166.
- BOHÁČ, J. — VALÍKOVÁ, M. — PAVLÍČEK, V.: Ověření agrochemické účinnosti zrnitostních frakcí vápenců. [Závěrečná zpráva] ÚKZÚZ. Opava, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský 1980. Nestr.
- Boj proti zakyselování jezer ve Švédsku. *Památky a příroda*, 13, 1988, č. 4, s. 253.
- BOSCH, CH.: Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen zu den Erkrankungen der Fichte *Picea abies* (L.) Karst. in höheren Gebirgslagen. *Forstliche Forschungsberichte*, č. 75 München, 1986. 241 s.
- BUTZKE, H.: Bodenversauerung auch in Bayern. *Forst- u. Holzwirt*, 38, 1983, č. 13, s. 339 až 340.
- CAREY, M. I.: Mobilization of nutrients in a Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) forest floor. I. Influence of lime and fertilizers. *Forest Ecology and Management*, 3, 1974, č. 3, s. 209 až 227.
- CZERNEY, P.: Über dem Einfluss der Kalkdüngung auf die chemischen Eigenschaften von Fichtenhumus. *Arch. Forstwes.*, 17, 1968, č. 5, s. 513—530.
- CZERNEY, P. — MAI, H.: Bodenkundlich-chemische und mikrobiologische Untersuchungen an einer Kalkversuchsfläche auf dem Langen Berg in Thüringen. *Tagungsberichte der Deutschen Akademie für landwirtschaftliche Wissenschaften*, č. 112, Berlin 1970, s. 141—152.
- DEROME, J.: Forest liming as a means of counteracting the effect of soil acidification. In: *Symposium on the effects of air pollution on forest and water ecosystem*. Helsinki, 1985, s. 89—100.
- DUCHAUFOR, P.: *Pedology. Pedogenesis and classification*. 1. ed. London, G. Allen & Unwin 1982. 448 s.

- EVERS, F. H.: Lässt sich das Baumsterben durch Walddüngung oder Kalkung aufhalten? Forst- u. Holzwirt, 39, 1984, č. 4, s. 75–80.
- FIEDLER, H. J.: Forstdüngung gegen negative Immissionswirkungen im Mittelgebirgsraum. Arch. Naturschutz Landsch. Forschung, 26, 1986, č. 2, s. 117–131.
- GUSSONE, H. A.: Die Praxis der Kalkung im Walde der Bundesrepublik Deutschland. Forst- u. Holzwirt, 38, 1983, č. 3, s. 63–71.
- GUSSONE, H. A. (a): Auswirkung von Immissionen und Gegenmassnahmen in der Wäldern Nordwestdeutschlands. Forst- u. Holzwirt, 38, 1983a, č. 20, s. 541–545.
- GILMORE, A. R.: Liming retards height growth of young short leaf pine. Soil Sci., 113, 1972, č. 6, s. 448–452.
- HAVERAEM, O.: Kalking og gjødsling av torvjord i karforsok med gran. Meld. norg. Landb. Hogs., 57, 1978, č. 44, s. 1–22.
- HEINSDORF, D. et al.: Erste Ergebnisse der Düngung mit magnesiumhaltigen Kalken in Fichtengebieten des Thüringers Waldes auf die Verbesserung der Nährstoffversorgung in Boden und Nadeln. Sozial. Forstwirtschaft., 38, 1988, č. 6, s. 167–169.
- HUNGER, W.: Zur Kalkdüngung älterer Fichtenbestände des Erzgebirges. In: Tagungsberichte der DAL Nr. 50, Berlin, Deutsche Akademie für landwirtschaftliche Wissenschaften 1962, s. 181–191.
- HÜTTL, R.: „Neuartige“ Waldschäden und Nährelementversorgung. Freiburg im Breisgau, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre 1985. 195 s.
- HÜTTL, R. F.: „Neuartige“ Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. Allg. Forstz., 42, 1987, č. 12, s. 289–299.
- JIRGLE, J.: Význam vápnění půd pro obnovu lesa v Krušných horách. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 45–54.
- JIRGLE, J.: Ekologické podmínky obnovy lesa v Krušných horách. Lesn. Práce, 67, 1988, č. 7, s. 318–322.
- JONÁŠ, F.: Acidifikace lesních půd, její prognóza a úprava reakce půdy. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 19–26.
- KONEČNÝ, M.: Vápnění lesních půd v experimentálním povodí Malá Ráztoka. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 71–75.
- KRAMER, W. — ULRICH, B.: Ergebnisse eines Kalksteigerungsversuchs im Forstamt Syke. Forst- u. Holzwirt, 40, 1985, č. 6, s. 147–154.
- LAMERSDORF, N.: Der Einfluss von Düngungsmassnahmen auf den Schwermetall-Output in einem Buchen- und einem Fichten-Ökosystem des Sollings. Allg. Forstz., 41, 1985, č. 43, s. 1155–1158.
- LANG, E. — BEESE, F.: Die Reaktion der mikrobiellen Bodenpopulation eines Buchenwaldes auf Kalkungsmassnahmen. Allg. Forstz., 41, 1985, č. 43, s. 1166–1169.
- LHOTSKÝ, J. et al.: Degradace lesních půd a jejich meliorace. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1987. 234 s.
- MASARYK, Š.: Vápnění půd. 1. vyd. Bratislava, Příroda 1980. 185 s.
- MATERNA, J.: Hnojení lesních porostů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1963. 227 s.
- MATERNA, J.: Změny ve výživě lesních porostů a jejich kompenzace. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 8–17.
- MATERNA, J. — SKOBLÍK, J.: Vápnění — nutné opatření pro omezení vlivu imisí na les. Lesn. Práce, 67, 1988, č. 9, s. 387–391.
- MATZNER, E.: Auswirkungen von Dängung und Kalkung auf den Elementumsatz und die Elementverteilung in zwei Waldökosystemen im Solling. Allg. Forstz., 41, 1985, č. 43, s. 1143–1147.
- MURACH, D. — SCHÜNEMANN, E.: Reaktion der Feinwurzeln von Fichten auf Kalkungsmassnahmen. Allg. Forstz., 41, 1985, č. 43, s. 1151–1154.
- NÖMMIK, H.: Vilken roll kan kalken spela i framtidens skogskruk? In: Kalkningsbehov och kalkningsmedel för jord, skog och vatten — nuläge och utvecklingsmöjligheter. Stockholm 1979, s. 31–37.
- NOŽIČKA, J.: Kouřové škody v našich lesích a boj proti nim do r. 1918. In: Práce VÚL ČSSR 26. Zbraslav—Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 1963, s. 237–258.
- OLSSON, M. T.: Long-term impact of lime on the humus form in a beech stand on sandy till. Studia Forestalia Suecica No. 174, Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences 1986, 12 s.
- ORLOVSKIJ, V. B.: Izmenenije svojstv počv pod lesnymi nasaždenijami pri vneseniji dolomitovoj muki. Počvovedenije, 1982, č. 11, s. 77–81.
- PAVLÍČEK, V. — MUSIL, I.: Některé chemické a fyzikální aspekty ovlivňující účinnost vápnění v imisních oblastech. Lesn. Práce, 67, 1988, č. 9, s. 397–399.
- PEŘINA, V. — PODRÁZSKÝ, V.: Účinnost vápnění v Jizerských horách. Lesn. Práce, 67, 1988, č. 1, s. 12–17.

- PRENZEL, J.: Die maximale Löslichkeit von oberflächlich ausgebrachtem Kalk. *Allg. Forstz.*, 41, 1985, č. 43, s. 1142.
- POPOVIC, B.: Mineralization of carbon and nitrogen in humus from field acidification studies. *Forest Ecology and Management*, 8, 1984, č. 2, s. 81–94.
- PREUSCHOFF, H. G.: Kalk für gesunde Böden und Pflanzen. 5. Aufl. Düsseldorf, Landwirtschaftliche Beratung Thomasdünge 1986, 56 s.
- PRITCHETT, W. L.: Properties and management of forest soils. 1. ed. New York, Wiley 1979, 500 s.
- RAŠKA, L.: Letecké vápnění porostů poškozených imisemi u SmSL. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 65–70.
- REHFUES, K. E.: Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Hamburg, Paul Parey 1981, 193 s.
- REHFUES, K. E.: Bodenkundliche Forschung im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden. Entgegnung auf eine Stellungnahme von B. Ulrich in AFZ 43/1988, Seite 1171.
- Allgemeine Forst Zeitschrift*, 45, 1989, č. 15, s. 390–396.
- REUSS, J. O. — JOHNSON, D. W.: Acid deposition and the acidification of soils and waters. *Ecological Studies* Vol. 59, New York, Springer-Verlag 1986, 120 s.
- SEIBT, G.: Ergebnisse einiger Kalkdüngungsversuche in Nordwestdeutschland. *Forstarchiv*, 48, 1977, č. 10, s. 197–199.
- SEIBT, G. — REEMTSMA, J. B.: Ertragskundliche und bodenkundliche Ergebnisse langfristiger Kalkungsversuche im nord- und westdeutschen Bergland, weitere Kalkungsversuche. *Mitteilungen Niedersächs. Versuchsanst.* Band 50, Göttingen, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen 1977, s. 89–298.
- SEIBT, G. — WITTICH, W.: Der älteste Kalkungsversuch in Neuenheerse und bodenkundliche Grundlagen. *Mitteilungen Niedersächs. Versuchsanst.* Band 50, Göttingen, Forstliche Fakultät der Universität Göttingen 1977, s. 5–88.
- SCHAUERMANN, J.: Zur Reaktion von Bodentieren nach Düngung von Heinsimsen-Buchenwäldern und Siebenstern-Fichtenforsten im Solling. *Allg. Forstz.*, 41, 1985, č. 43, s. 1159–1160.
- SCHAEFFER, F. — SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Aufl. Stuttgart, F. Enke 1984, 442 s.
- SCHIERL, R. et al.: Einfluss von saurer Beregnung und Kalkung auf Humusstoffe sowie die Aluminium- und Schwermetallodynamik in wässrigen Bodenextrakten. *Forstwissenschaftliche Centralblatt*, 105, 1986, č. 4, s. 309–313.
- SCHÜLER, G.: Neue Wege bei der Kompensationskalkung. *Forst- u. Holzwirt*, 42, 1987, č. 15, s. 400–401.
- ŠÁLY, R.: Pôda, základ lesnej produkcie. Bratislava, Príroda 1978, 235 s.
- ŠAL'NIKOV, I. A. — STREL'NIKOV, V. A.: Zavisimost' effektivnosti izvestkovykh udobrenij ot granulometričeskogo sostava. Moskva, 1976, 58 s.
- ŠROUBEK, V.: Zkušenosti s vápněním lesních půd v Jizerských horách a jeho výhled v dalším období. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 87–94.
- TESAŘ, V.: Reakce smrku ztepilého na přihnojení vápencem nebo diabazem při výsadbě do imisní oblasti. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 36–45.
- ULRICH, B.: Die Reaktionen von Calciumcarbonat bei der Binarbeitung von Kalkmergel in stark versauerten Waldböden mit Auflagehumus. *Allg. Forst- u. Jagdzeitung*, 141, 1970, č. 1, s. 5–9.
- ULRICH, B.: Eine ökosystemare Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens (*Abies alba* Mill.). *Forstwiss. Cbl.*, 100, 1981, s. 228–237.
- ULRICH, B.: Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. *Forstwiss. Cbl.*, 105, 1986, č. 5, s. 421–435.
- ULRICH, B. (a): Natural and anthropogenic components of soil acidification. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 149, 1986, s. 702–717.
- ULRICH, B. (b): Factors affecting the stability of temperate forest ecosystems. In: 18th IUFRO World Congress, Division 1, Vol. 1. Ljubljana, IUFRO 1986, s. 121–135.
- ULRICH, B. — KEUFEL, W.: Auswirkungen einer Bestandeskalkung zu Fichte auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. *Forstarchiv*, 41, 1970, s. 30–35.
- ULRICH, B.: Depositionsbedingte Veränderungen von Waldböden. *Österreichische Forstzeitung*, 100, 1989, č. 3, s. 38–40.
- VALA, L.: Vápnění jako součást programu meliorací lesních půd Severočeských státních lesů. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS 1986, s. 1–7.

PRAŽSKÁ LESNICKÁ FAKULTA OBNOVENA

Akademický senát Vysoké školy zemědělské v Praze na svém prvním zasedání v červenci 1990 vydal mj. následující významné rozhodnutí:

Zřizovací listina

Akademický senát Vysoké školy zemědělské v Praze, v souladu s § 4 zákona č. 112/90 Sb. o vysokých školách, zřizuje svým rozhodnutím ze dne 9.7.1990 s účinností od 1.8.1990 lesnickou fakultu Vysoké školy zemědělské v Praze.

Sídellem fakulty je Praha.

Název fakulty: Lesnická fakulta Vysoké školy zemědělské v Praze

Působnost lesnické fakulty Vysoké školy zemědělské v Praze stanoví Statut fakulty.

Za akademický senát:
Doc. Ing. Jaroslav Mach, CSc.
Jaroslav Mach

V Praze dne 10.7.1990

Tímto rozhodnutím byla tedy po jednáctičeti letech obnovena činnost pražské lesnické fakulty. Příprava lesních inženýrů v Praze má mnohaletou tradici. Z historických dokumentů se dovídáme, že výuka zemědělství se v Praze datuje již od roku 1778, a to na Karlově univerzitě, teprve později přešla na technické učiliště. O samostatný zemědělský obor se na pražské technice usilovalo od roku 1864, k jeho zřízení však došlo v roce 1906.

Odborné přednášky lesnické na pražské technice byly zahájeny 15. listopadu 1848 (Liebich).

Ke zřízení lesnického odboru na české technice v Praze došlo teprve po vzniku Československa v roce 1919; lesnické přednášky byly zahájeny 16. března 1919. Zákonem byla v roce 1919 zřízena Vysoká škola zemědělská v Brně s lesnickou fakultou a téhož roku byl vládním nařízením znovu potvrzen lesnický obor při české technice v Praze a organizačně byl začleněn do Vysoké školy zemědělské a lesního inženýrství.

V roce 1952 vládním usnesením byl z rámce ČVUT vyčleněn zemědělský obor a byla zřízena samostatná Vysoká škola zemědělská. Tehdy, tj. ve školním roce 1952/53 lesnická fakulta zůstala jako jedna z osmi fakult součástí ČVUT v Praze.

Výuka na lesnické fakultě v Praze byla přerušena ve druhé světové válce, kdy byla zásahem německých okupantů přerušena výuka na všech našich vysokých školách. Na základě vládního nařízení č. 58/59 Sb. byla lesnická fakulta převedena na Vysokou školu zemědělskou v Praze a postupně v roce 1964 zrušena. K likvidaci pražské lesnické fakulty došlo přes četné protesty lesnické a i širší odborné a kulturní veřejnosti, přes odpor tehdejšího ministra školství. Při tomto nezdůvodněném politicko-byrokratickém aktu sehrál svou úlohu i tehdejší tajemník ÚV KSČ Jiří Hendrych. Je faktem, že za těchto okolností tehdejší děkan, profesor ing. dr. Václav Korf, DrSc., jako nezájmový a bývalý generální ředitel lesů pražského arcibiskupství, neměl sílu ani moc fakultu obhájit.

I přes tyto nepříznivé okolnosti se podařilo v roce 1964 změnit bývalou lesnickou fakultu na Vědecký lesnický ústav, který byl v roce 1982 přebudován na Ústav aplikované ekologie a ekotechniky Vysoké školy zemědělské v Praze se sídlem v Kostelci nad Černými lesy, kde současně sídlí i Školní lesní podnik Vysoké školy zemědělské v Praze. Podařilo se tak uchovat velmi cenný potenciál, tolik dnes potřebný pro obnovu lesnické fakulty.

O rehabilitaci této instituce se pokoušeli pracovníci Vědeckého lesnického ústavu již v roce 1968, kdy vůdčí osobností byl opět profesor Korf, tehdy jako prorektor Vysoké školy zemědělské v Praze. I když se tehdy podařilo dosáhnout rehabilitace obdobně postižených oborů (farmacie, veterinární medicína), lesnická fakulta obnovena nebyla a veškeré snahy byly v polovině roku 1969 umlčeny.

Proto akt akademického senátu Vysoké školy zemědělské v Praze z 9. července 1990, spojený s rozhodnutím o zřízení lesnické fakulty Vysoké školy zemědělské v Praze chápeme jako akt vysoké kulturní a odborné hodnoty. Tímto aktem došlo nejen k politické rehabilitaci lesnické fakulty, ale i k realizaci akutního požadavku lesnické praxe na rekonstrukci a znovuobnovení imisemi poškozených lesů v Čechách, spojeného s vyšší potřebou lesních inženýrů.

Proto hlavním posláním obnovení pražské lesnické fakulty Vysoké školy zemědělské v Praze je příprava ekologicky vzdělaných lesních inženýrů. Chceme, aby její absolventi uměli zakládat a pěstovat les, který bude plnit všechny své produkční a mimoprodukční funkce, který kromě toho postupně získá vyšší ekologickou stabilitu a vyhoví také podmínkám racionalizace a humanizace práce v lese. Základní lesnické disciplíny se proto budou rozvíjet nejen na biologických a ekologických základech, ale také v ekonomickém a sociálním pojetí — v podmínkách tržního mechanismu a ekonomické přestavby státu. Chceme obnovit tradici výchovy odpovědných a zanícených lesních hospodářů, jejichž pýchou bude nejen plnění plánovaných úkolů, ale především vzorný stav lesa.

Vedle odborné přípravy je položen důraz na všeobecné a teoretické vzdělání budoucích lesních inženýrů, především na jejich filozofické přístupy k náročné práci s živou přírodou a s přírodními zdroji. Velice je zvýrazněna jazyková příprava s možností výměny studentských stáží a prázdninových pobytů v lesnický vyspělých zemích.

Proto výchovně vzdělávací a vědeckovýzkumný program představuje soubor logicky navazujících a propojených skupin lesnických předmětů, přičemž k nosným disciplínám patří ekologie a ochrana prostředí, dendrologie a genetika, pěstování lesů, hospodářská úprava lesů, ochrana lesů, technické nauky lesnické, ekonomika a řízení lesního hospodářství.

Součástí programu lesnické fakulty je i další rozvoj Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy. Příprava budoucích lesních inženýrů je nemyslitelná bez didakticky účinného praktického zázemí. Proto je v Kostelci nad Černými lesy již od roku 1936 budován účelový podnik, který se postupně stává ukázkou vzorového lesního hospodářského celku. K hlavním současným úkolům Školního lesního podniku patří obnova lesního hospodářského plánu, realizace projektu ekologických soustav hospodaření a urychlená rekonstrukce černokosteleckého zámku, sídla Školního lesního podniku i sídla centra praktického vyučování budoucích lesních inženýrů.

Ve výchovně vzdělávací a vědeckovýzkumné práci obnovené lesnické fakulty chceme otevřeně řešit vztah stát — společnost — lesní hospodářství, chceme být nápomocni při obnovení společenského postavení lesníků, jako odpovědných lesních hospodářů, při zvyšování kultury práce lesního dělníka. Chceme být nápomocni při uplatňování ekologických přístupů v lesním hospodářství i při konstituování nové lesnické politiky, spojené s účinnou právní úpravou lesního hospodářství, novým organizačním uspořádáním lesů, vypracování nového systému ekonomických nástrojů řízení víceúčelového lesního hospodářství.

Lesnická fakulta se stává důležitou složkou Vysoké školy zemědělské v Praze a obohacuje velice významně její výchovně-vzdělávací i vědeckovýzkumný program o lesnictví, které společně se zemědělstvím tvoří organicky propojený základ nauky o krajině.

Lesnická fakulta v Praze i při využití všech minulých zkušeností a tradic stojí na úplném prahu svého rozvoje. Při jejím dobudování se proto počítá s plnou podporou celé lesnické veřejnosti. Prostřednictvím veřejných konkursů chceme doplnit učitelský sbor o nejlepší odborníky z lesnické praxe, lesnického výzkumu, Lesoprojektu a ostatních lesnických organizací.

již dnes víme, že na nás čeká velká a vysoce odpovědná práce. Právě proto se upřímně těšíme na spolupráci se sesterskými fakultami Vysoké školy zemědělské v Praze, Lesnickou fakultou v Brně, s Vysokou školou lesnickou a dřevařskou ve Zvolenu, se všemi lesnickými školami a učiteli, s lesním provozem a lesnickým výzkumem. V této spolupráci a ve vzájemném porozumění se chce i lesnická fakulta pražské Vysoké školy zemědělské aktivně podílet na záchraně ekologicky narušených lesů v Čechách, na jejich obnově a dalším rozvoji.

Literatura:

- ČECH, M.: Program lesnické fakulty Vysoké školy zemědělské. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 6—7.
FÉR, F.: Učebny v přírodě. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 11—12.
HOLÍK, M.: Školní lesní podnik. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 10—11.
KORF, V.: O obnovení lesnické fakulty na Vysoké škole zemědělské v Praze. Lesn. Práce, 1968, s. 305—307.
KOUBA, J.: Lesnická fakulta — bude? Zpravodaj VŠZ v Praze. Červen 1990, s. 3—4.
MARTIŠ, M.: Ústav aplikované ekologie — jak dál? Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 12—13.
PETR, J.: K obnovení a rehabilitaci lesnické fakulty na VŠZ Praha. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 4.
PFEFFER, A.: Z historie pražské lesnické fakulty. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 7—9.
ROČEK, I.: Výchova lesních inženýrů. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 9—11.
VAVROUŠEK, J.: Není naléhavější priority. Zpravodaj VŠZ v Praze. Září 1990, s. 4—5.

Prof. ing. Mirjam Čech, CSc.

PRŮBĚH A VÝSLEDKY 19. SVĚTOVÉHO KONGRESU MEZINÁRODNÍHO SVAZU LESNICKÝCH VÝZKUMNÝCH ORGANIZACÍ (IUFRO), 1990

Ve dnech 6. až 11. srpna 1990 se konal v kanadském Montreálu světový kongres Mezinárodního svazu lesnických výzkumných organizací, v pořadí 19. Jeho ráz a obsah byl předznamenán předcházejícím úspěšným kongresem v Ljublani v r. 1986 (Vyskot, 1987) a uváděl instituci IUFRO přes práh svého prvního století, které se uzavře v roce 1992.

Předcházející kongres se konal pod heslem *Lesnická věda na pomoc lidstvu*, v záhlaví tohoto stálo: Věda v lesnictví — druhé století IUFRO.

Kongres byl zářímován zahajovacím ceremoniálem v pondělí dopoledne a závěrečným ceremoniálem v sobotu dopoledne. I když se tak dělo podle tradic kongresů, slavnostní atmosféře byla dodána zvláštní kanadská příchuť díky sugestivním hudebním, tanečním a vizuálním představením, která odkrývala tajemství krajiny a života v Kanadě. S uvítacími projevy vystoupili ministři lesnictví Kanady a provincie Quebec a zástupci města. Při závěrečném ceremoniálu dosavadní prezident IUFRO R. E. Buckman (USA) účastníky seznámil s personálními změnami ve výkonném výboru IUFRO a se závěrečným prohlášením.

Kongres znamenal pět dnů velmi bohatých a intenzivních vědeckých jednání. Ta probíhala na několika úrovních a podle ustáleného scénáře. Každodenní program až do pátku byl zahajován plenárním zasedáním, na kterém bylo předneseno programové prohlášení k určitému klíčovému problému. Poté proběhla dvě paralelní subplenární zasedání, na kterých byly předneseny zásadní referáty k vytyčenému problému, většinou interdisciplinárně pojatému, za moderování v daném oboru významnou osobností. Konečně v úterý, čtvrtek a pátek odpoledne, často do pozdních večerních hodin, probíhaly denně desítky užších tematických zasedání a organizačních schůzí oddílů (tematických skupin, divisions), předmětových, projektových a pracovních skupin. Výčet témat, programových prohlášení a subplenárních zasedání nás bude zajímat, neboť ukazuje, o co se lesnická věda v posledních letech zajímala a na co se hodlá a musí zaměřit do budoucna.

Bylo předneseno těchto pět prohlášení:

Lesnictví a životní prostředí Kanady (K. Hare, Kanada). Dosáhnout vynikajících výsledků v lesnickém výzkumu (J. Burley, Velká Británie). Biologické vědy v trvale udržitelném lesnictví (O. T. Solbrig, USA). Úloha společenských věd v trvale udržitelném rozvoji (S. Sabhasri, USA) Trendy lesního průmyslu, technický pokrok a vědecké problémy příštích let (J. Pöyry, Finsko).

Témata subplenárních zasedání byla následující:

Znečištění ovzduší a hynutí lesů. Výzkumné problémy tropů. Výzva znečištění ovzduší lesnickým vědám. Přírodní ekosystémy, biologická diverzita a odlesňování. Přínosy biotechnologií lesnickému výzkumu. Environmentální vědy ve službách lesnictví. Agrolesnictví. Lesy pro průmyslové požadavky, včetně energie; odhady, inventarizace, zásoby. Fyzikální vědy a technika ve službách lesnictví. Sociální lesnický výzkum pro trvale udržitelný rozvoj; institucionální a lidské zdroje.

Nejintenzivnější jednání probíhala na odpoledních a večerních zasedáních nižších organizačních jednotek, vlastních výkonných skupin. Vyjmenovat všechny příspěvky by si vyžádalo mnoho místa. Proto uvedme jen jakýsi volný souhrn námětů, který bude samozřejmě poznamenán subjektivním přístupem hodnotitele. Podkladem pro něj je kongresový program. Uvádíme je podle oddílů.

Oddíl 1. Lesní prostředí a pěstování lesů:

Změny lesů ve vztahu k podnebí a znečištění ovzduší. Výzkum přírodních lesních ekosystémů — základna pěstování a hospodářské úpravy lesů. Analýza a hodnocení kvality stanoviště. Výživa a hnojení lesa. Geomorfologická rizika v obhospodařovaných lesích. Splývání ekosystému a moderní lesnictví založená na výsadbě. Pokrok v zakládání a pěstování porostů. Pokrok a možnost výzkumu tropického pěstování lesů. Agrolesnictví. Mediteránní cedrové lesy. Problémy a výhledy získávání energie z lesní biomasy. Lesnictví a krajinná ekologie. Nový rozvoj příměstského lesnictví. Snahy o zvládnutí buřeně. Prostředky pro vyhodnocení prostředí zvěře. Pokrok ve výzkumu lesních požárů.

Oddíl 2. Lesní rostliny a ochrana lesa:

Zvýšený obsah CO₂ v atmosféře a lesy. Účinnost využití sluneční energie. Fyziologie stresu. Existuje v lesních ekosystémech chaos? Provenience — šlechtění borovic. Molekulární genetika a cytogenetika, genetická odolnost proti hmyzům a chorobám. Choroby dřevin (působené různými skupinami organismů). Populační dynamika lesního hmyzu. Hmyz poškozující mladé kultury. Priority entomologického výzkumu v tropech. Diagnóza a monitorování účinku znečištění ovzduší na lesní ekosystémy. Účinky znečištění ovzduší s biotickými stresy. Genetické důsledky znečištění ovzduší pro lesní ekosystémy. Účinek znečištění ovzduší na půdu. Obnova lesních ekosystémů poškozených a zničených v důsledku znečištění ovzduší.

Oddíl 3. Lesnické činnosti a pracovní technika:

Plánování a řízení výrobních procesů. Potřeba výzkumu při zakládání a výchově porostů. Lesní těžba, dodávka a zpracování dřeva. Výzkum lesní těžby pro budoucnost. Lesní výroba v horských podmínkách. Lesní výroba v tropech. Těžba a zužitkování stromové zeleně. Hospodaření v malolesích. Ergonomie.

Oddíl 4. Plánování, ekonomika, růst a výnos, hospodářská úprava a politika. Nové označení: Investice, růst, výnos a systémy řízení:

Pokrok neprozkoumané oblasti výzkumu růstu a výnosu — dendrometrie. Způsoby inventarizace a monitoringu lesních zdrojů. Inventarizace lesů, růst a výnos. Pokrok ve výzkumu inventarizace a monitoringu. Vztahy mezi inventarizací, monitorováním, růstem a výnosem. Plánování, provádění a vyhodnocování experimentů. Expertní systémy v hospodářské úpravě lesů. Aplikované sektorové modelování. Lesnictví v trvale udržitelném ekonomickém rozvoji. Plánování a ekonomika obhospodařování lesů. Biologické a ekonomické aspekty těžby v mladých porostech. Ekonomické vyhodnocení škod v lese. Ekonomické hodnocení polyfunkčního lesnictví. Analýza a hodnocení různých přístupů lesnické politiky. Vliv práva a legislativy na zachování lesů. Lesnictví a rozvoj venkova v rozvojových zemích. Dito v průmyslových zemích. Nabídka a poptávka po kulatině a produktech lesního průmyslu. Trendy ve struktuře a administrativě lesnických institucí a organizací.

Oddíl 5. Lesní produkty:

Budoucí požadavky na kvalitu dřeva. Kvalita dřeva, požadavky na konečné využití a jejich ekonomická hodnota. Výzkum lesních výrobků a zachování zdrojů dřeva. Dopady na vlastnosti dřeva klonového lesnictví. Energie a látky z lesní biomasy. Letokruhová analýza. Účinky znečištění ovzduší na stromy. Tropická dřeva ve službách lidí. Vysoušení dřeva. Ochrana dřeva před ohněm. Ochrana dřeva. Účinné postupy pro jakostní výrobky. Jakost konstrukčních materiálů ze dřeva. Kompozity ze dřeva pro budoucnost. Nedřevnaté lesní produkty.

Oddíl 6. Všeobecné. Nové označení: Společenské, ekonomické, informační a politické vědy:

Statistické metody, matematické postupy a počítače. Současný a ve 21. století předpokládaný pokrok v lesnické statistice a simulačních systémech. Informační systémy a terminologie. Nová tříjazyčná zkrácená verze lesnického desetinného třídění. Filozofie a metody lesnického výzkumu. Kvantita a kvalita lesnického výzkumu. Řízení lesnického výzkumu pro budoucnost. Teorie a praxe umělé inteligence v lesnické vědě. Převod výsledků výzkumu v lesnických technologiích do 90. let. Změnit monitorování lesů. Dálkový průzkum ke zjištění a monitorování poškození. Obhospodařování a plánování krajiny a požadavky rekreace na les. Dějiny lesa (Severní Amerika, Evropa, tropy). Dějiny dřevařského průmyslu a obchodu se dřevem.

Skryta na kongresu byla práce komise (task force) ze zástupců mnoha zemí „Znečištění ovzduší — odumírání lesů“, která pracovala od posledního kongresu. Svou neúnavnou prací výrazně poznamenala zaměření kongresu. Napříště bude její název změněn na „Znečištění ovzduší — globální změny klimatu“.

Kongresu se zúčastnilo na 2400 osob, z toho asi 1900 delegátů členských institucí IUFRO a další hosté a pozorovatelé jiných organizací. Po této stránce to byl kongres snad reprezentativnější než minulý. ČSFR byla zastoupena šesti delegáty z ČR a čtyřmi ze SR. Spolu s dalšími, kteří před lety z vlasti odešli a stali se v cizině úspěšnými vědci, vysokoškolskými učiteli a výkonnými lesníky, tvořili Češi a Slováci na kongresu nezanedbatelnou komunitu, která se hned přátelsky sžila.

Úplný soubor dokumentů kongresu bude obsahovat celkem 7 svazků vyžádaných referátů, výtahů z volných příspěvků a abstraktů posterů (po jednom svazku každého oddílu s výjimkou dvou svazků 1. oddílu), které byly k dispozici na kongresu a svazek kongresové zprávy, který bude vydán dodatečně. Tyto materiály obdrží každá členská orga-

nizace. V ČSFR jich je šest: VÚLHM Jíloviště-Strnady, ÚAEET Kostelec nad Černými lesy, Lesnická fakulta VŠZ v Brně, Lesnická fakulta VŠLD ve Zvolenu, VÚLH Zvolen a Výzkumný ústav dřevársky v Bratislavě.

V průběhu kongresu byla uspořádána řada satelitních jednání, více nebo méně úzce napojených na aktivitu IUFRO, výstavní a obchodní expozice přístrojů, pomůcek a zařízení sloužících výzkumu, výstavy uměleckých předmětů ze dřeva a tradičně výstavy vědeckých publikací významných světových nakladatelství lesnické a dřevařské literatury a propagační a konzultační expozice mezinárodní dokumentační služby (CAB-International).

Při zahajovacím ceremoniálu byli představeni mladí vědečtí pracovníci, kterým byla udělena cena za vědecké úspěchy. Ze širokého návrhu vybrala komise devět osob, z toho tři z Evropy. Byla rovněž oznámena jména vědců, kterým bylo ještě před kongresem v r. 1990 vyjádřeno uznání za jejich podstatný přínos v podpoře cílů IUFRO a předána plaketa zhotovená z pěti dřev všech kontinentů. Mezi šesti vybranými z celého světa bylo toto ocenění přiznáno Janu Maternovi za jeho úspěšné organizování mezinárodních vědeckých styků v rámci široké pracovní skupiny „Znečištění ovzduší“. Byl v ní zapojen po třicet let, po dvě funkční období jí předsedal a organizoval tři úspěšná mezinárodní zasedání v Čechách (1966 Janské Lázně, 1974 Mariánské Lázně, 1984 Most).

V průběhu kongresu zasedaly výbory všech organizačních článků IUFRO, aby projednaly své personální a technické a organizační záležitosti. Nově se ustavil tzv. mezinárodní výbor (IC), sestávající ze zástupců všech členských zemí, prezidenta a dvou viceprezidentů. Novým prezidentem IUFRO byl zvolen Salleh Mohd. Nor z Malajsie, viceprezidenty J. Burley (Anglie) a J. H. Cayford (Kanada). V mezinárodním výboru je též zástupce FAO, SPDC (Speciální program pro rozvojové země), komise IUFRO „Znečištění ovzduší — globální změny klimatu“ a další se zvláštními pověřenými.

Výkonný výbor (EB) sestává z předsedů všech šesti tematických skupin (divizí) a zástupců devíti regionů světa (za východní Evropu Andras Winkler z Maďarska). Koordinátory divizí pro příště jsou: 1 — J. L. Whitmore (USA), 2 — H. Kriebel (USA), 3 — P. O. Nilsson (Švédsko), 4 — A. Röder (SRN), 5 — A. R. de Freitas (Brazílie), 6 — H. F. Kaiser (USA).

Kongres upravil názvy 4. a 6. oddílu a uvedl je tak ve větší soulad s jejich skutečnou náplní (v přehledu kongresových jednání jsou uvedena již označení nová). Zde uvádíme jejich bližší obsahové zaměření. Oddíl 4 se bude napříště zabývat studiem růstu a výnosu, inventarizací lesních zásob, dálkovým průzkumem, vědami o řízení lesních podniků, statistickými metodami, matematickými a výpočetními postupy.

Oddíl 6 zahrnuje ekonomiku na oblastní, národní a mezinárodní úrovni, lesnickou politiku, lesnickou historii, organizaci výzkumu, řízení rekreace v lese a péče o krajinu, sociální a institucionální aspekty lesnictví, informatiku a terminologii.

Pro život organizace IUFRO jsou významná i další rozhodnutí. Je to přijetí španělštiny jako čtvrtého oficiálního jazyka, což umožní rozvinout kontakty s lesnickou významnou částí světa. Dále je to nové a zřetelnější zformulování IUFRO jako nestátního a nepolitického svazu, který přijal zásady Mezinárodního výboru vědeckých unií.

IUFRO sdružovalo v r. 1990 501 členských institucí se 14 783 přihlášenými pracovníky. Sekretariát IUFRO působí při Spolkovém výzkumném ústavu lesnickém ve Vídni pod adresou: IUFRO Sekretariat, Seckendorf-Guten-Weg 8, A-1131 Wien, Austria.

Kongres konečně přijal velkorysou nabídku finské vlády na uspořádání 20. kongresu v srpnu r. 1995 v Tampere. Této nabídce byla dána přednost před pěti dalšími vzhledem k tomu, že Finsko bylo vybráno pro kongres r. 1940, který se však nemohl uskutečnit. Při příležitosti stého výročí založení IUFRO se v r. 1992 uskuteční v Eberswalde — v místě založení organizace — a v Berlíně mezinárodní setkání, které bude věnováno především historii IUFRO. Počítá se s dvoudenním hlavním jednáním všech tematických skupin a poté s exkurzemi po Německu a sousedních státech, včetně ČSFR.

Organizátoři kongresu budou mít nelehkou úlohu — sestavit program, který nebude kolidovat se světovým lesnickým kongresem, pořádaným v září 1991 v Paříži a s řádným kongresem IUFRO v r. 1995.

Kongres přijal toto závěrečné provolání:

ÚVODNÍ ZAMYŠLENÍ

S blížícím se stým výročím Mezinárodního svazu lesnických výzkumných organizací (IUFRO) se prudce zvyšuje význam světových lesů pro lidstvo. Lesy jsou nepostradatelné pro ekonomický a sociální blahobyt a příznivé životní prostředí obyvatel světa. Lesy a stromy napomáhají ochraně půdních a vodních zdrojů, ovlivňují podmínky pro zemědělství, zlepšují místní i celkové podnebí, vytvářejí rezervy uhlíku pro strategický zásah v případě změny celkového podnebí, přispívají k estetické hodnotě měst a venkova, slouží rekreačním účelům, uspokojují duchovní nároky, plní požadavky lidstva na potravu, palivové dříví, materiál a léky, přispívají k rozvoji mezinárodního obchodu s důležitým materiálem a udržují ekosystémy nutné pro zachování biologické rozmanitosti, čímž vytvářejí dědictví budoucím generacím.

Kongres IUFRO konaný v Ljublani v roce 1986 se zabýval problematikou znečištění ovzduší a odlesňování v oblastech tropů. IUFRO reagovalo vytvořením zvláštních programů. Znečišťování ovzduší a odlesňování jsou i nadále hlavními problémy. Od té doby prudce vzrůstá zájem o zachování lesů, o úlohu lesnictví ve společenskoekonomickém rozvoji, o vliv celkového oteplování na lesy a vliv lesů na celkové oteplování a o postavení lesů při změnách ve využívání půdy.

Tento zájem o využívání, obhospodařování a ochranu lesů, o jejich produktivitu a hodnoty vede k nutnosti rozvíjet a uvádět do praxe nové odborné a vědecké poznatky. Vzájemná součinnost mezi tak závažnými tématy jako změna celkového podnebí a kvalita ovzduší na straně jedné a lesy mírného a tropického pásma na straně druhé není zcela jasná. Proto je nutná lepší znalost jak biologických a fyzikálních aspektů lesů, tak společenskoekonomických hledisek.

Lesnická věda a lesnické výzkumné instituce mají rozhodující úlohu při řešení složitých problémů v lesnictví. V celosvětovém měřítku neodpovídá lesnický výzkum rychlosti, s jakou problémy narůstají. V mnoha rozvojových zemích již výzkum zaostal.

Lesnická věda se stává obsáhlejší a složitější, neboť lesnictví se dotýká zemědělství, životního prostředí i úrovně ekonomického vývoje.

Věda se musí zaměřit na tropické lesy. Zvláště důležitá je potřeba koordinovat řadu výzkumných lesnických činností v rozvojových zemích a rozvinout spolupráci na již započatých programech v zemědělství. Tento aktuální úkol, dotýkající se nyní i ochrany lesů a lesního hospodářství, klade velké nároky na práci IUFRO a světovou lesnickou vědu.

DOPORUČENÍ

Je nutné, aby vlády, mezinárodní organizace pro rozvoj a lesnické výzkumné organizace podporovaly mezinárodní spolupráci a koordinovaly zaměření výzkumných programů uvedených v akčním plánu tropického lesnictví. Proto by IUFRO mělo posílit vazbu Speciálního programu pro rozvojové země (SPDC) s ostatními mezinárodními organizacemi, zvláště pak s Poradní skupinou pro mezinárodní výzkum zemědělství (CGIAR), Organizací pro výživu a zemědělství (FAO), Mezinárodní radou pro výzkum agrolesnictví (ICRAF) a Mezinárodní organizací tropického dřevařství (ITTO). I když projekty Speciálního programu pro rozvojové země (SPDC) by měly brát v úvahu práci ostatních organizací, metoda řízení Speciálního programu pro rozvojové země by měla podporovat aktivitu a zdůrazňovat poměrné výhody.

IUFRO si uvědomuje souvislost znečišťování ovzduší se změnou celkového podnebí, a proto by mělo podporovat zahájení, rozvoj a změnu zaměření základního a aplikovaného výzkumu úlohy lesů. Lesnické výzkumné organizace v zemích mírného a tropického pásma i v zemích kolem Středozemního moře by měly rozvíjet nebo zahájit programy, které se budou zabývat vlivem znečištění ovzduší na lesní ekosystémy, a rozšířit výzkum na vztah mezi změnou celkového podnebí a lesy. Zaměření zvláštního úkolu IUFRO na znečištění ovzduší by se tedy mělo rozšířit. Doporučuje se program dlouhodobého monitorování lesních ekosystémů s využitím standardizovaných povolených metod. Jako světová nevládní organizace musí IUFRO hrát přední úlohu při prosazování mezinárodního komplexního přístupu. Navíc je třeba brát v úvahu i společenskoekonomické souvislosti a taktické možnosti. IUFRO vyžaduje, aby vytváření, rozvoji a činnosti institucí pro lesnický výzkum, výchovu nových vědců a další vzdělávání současných vědců byla věnována potřebná pozornost. Výchova budoucích vědců, kteří se budou zabývat problematikou lesů, a rozvoj schopností k výzkumu jsou velmi důležité hlavně v rozvojových zemích. Zvláštní vliv IUFRO při výchově a práci vědců zabývajících se otázkou lesů, uplatňovaný prostřednictvím činnosti jednotlivých oddílů a Speciálního programu pro rozvojové země, bude stále větší a silnější.

Mezinárodní společenství lesnické vědy je povinno informovat ostatní o vědeckých poznatcích a jejich využití v lesnické praxi a utvářet názor veřejnosti v diskusích o obecných nebo lokálních otázkách lesnictví. Současné a nové vědecké poznatky musí být vhodně zpřístupňovány, zvláště v rozvojových zemích a mezi vědci rozvinutých a rozvojových zemí. V této souvislosti je mimořádně důležité zaměření oddílů, programů a úkolů IUFRO. IUFRO podporuje úsilí vědců z oblasti lesnictví podílet se na řešení závažných problémů.

K dosažení těchto zásadních cílů je třeba podstatně zvýšit finanční podporu výzkumu v lesnictví. Je nezbytné, aby vlády, mezinárodní organizace a jednotlivci podporující výzkumné programy dlouhodobě

sledovaly vzrůstající obecný zájem o zachování lesů při uspokojování ekonomických a sociálních potřeb lidí a nároků na životní prostředí. Z tohoto hlediska je třeba posílit zájem o lesnictví. I když je tato otázka aktuální na všech úrovních, mimořádně závažné jsou lesnické výzkumné programy určené rozvojem zemím.

ZÁVĚR

18. kongres IUFRO byl úspěšný nejen bohatostí témat a způsobem jejich projednání, ale i lesopolitickým úsilím, které bylo formulováno v závěrečném prohlášení, určeném vládám celého světa. Bude dobře, když se tyto výzvy v době, kdy les je z mnoha stran ohrožen, setkají s účinnou odezvou. Světové lesnické vědecké a výzkumné společenství má pět let na to, aby na 20. kongresu v Tampere v r. 1995 mohlo ukázat další pokrok lesnické vědy. Československá lesnická věda by měla znovu získat v IUFRO pozice, ze kterých v posledním období ustoupila.

Odkaz

Vyskot, M.: Výsledky 18. světového kongresu Mezinárodní unie lesnických vědeckovýzkumných organizací (IUFRO). 1986, Lublaň. Lesnictví, 33, 1987, s. 289 až 294

Doc. ing. Vladimír Tesař, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 3, 613 00 Brno

POKYNY PRO AUTORY VĚDECKÝCH ČASOPISŮ ČSAZ

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky a současný stav v dané oblasti.

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být připojen souhlas vedoucího pracoviště s publikací článku a prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

Jednotlivé původní práce nemají přesahovat rozsah 20 stran (včetně tabulek, obrázků a grafů), referát 10 stran. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Technická úprava rukopisu

Úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádek, mezi řádky dvojité mezery). Obrázky mají vyhovovat ČSN 88 2109. Pěrovky, grafy, mapky mají být narysovány tuží na pauzovací papír a popsány šablonou 3,5, aby velikost písma po zmenšení byla alespoň 2 mm. Fotografie mají být ostré. Na zadní straně se vyznačí tužkou pořadové číslo obrázku nebo grafu a napíše se jméno autora článku. Texty k obrázkům a grafům se dodávají na zvláštním listě, umístění se označuje na levém okraji příslušné strany rukopisu číslicí v kroužku. Tabulky se číslicí zvlášť římskými číslicemi.

Vlastní úprava práce

Název práce (titul) nemá přesahovat 85 úhozů. Jména autorů se uvádějí bez titulů s počátečním písmenem jména.

Souhrn — Stručný obsah článku začíná jménem autora, adresou pracoviště titulem článku a citací časopisu. Autor musí dodat k původní práci dva souhrny. Jeden, který bude publikován v češtině popř. slovenštině (jedna rukopisná strana) a druhý delší, který bude přeložen do angličtiny (v rozsahu dvě až tři rukopisné strany) s odkazem na tabulky a obrázky. Souhrn pro překlad může autor dodat s anglickými odbornými názvy, popř. celý v angličtině. Tímto opatřením chceme zamezit větším opravám v korektuře.

Klíčová slova (Key words, index terms) — Připojují se po vynechání řádku pod souhrn. Klíčovým slovem rozumíme substantivum, které je nutné pro věcné zařazení předložené práce. Klíčová slova se řadí směrem od obecnějších výrazů ke konkrétním. Začínají malým písmenem a oddělují se středníkem. Jejich počet závisí na povaze práce a neměl by klesnout pod tři a převýšit dvanáct slov.

Úvod — Má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce uskutečněna a velmi stručnou formou stav studované otázky. Je nutno se v něm vyhnout rozsáhlým historickým přehledům. Uvádí se bez nadpisu, je možné v něm uvést k práci se vztahující autory, přičemž se doporučuje co nejnižší počet autorů.

Materiál a metoda — Metody se popisují pouze tehdy, jsou-li původní, jinak postačuje citovat autora metod a uvádět jen případné odchylky. Je v nich popsán pokusný materiál. Popis metody by měl umožnit, aby kdokoli z odborníků mohl podle něho a při použití uvedených citací práci opakovat.

Výsledky — Doporučuje se nepoužívat k vyjádření kvantitativních stavů tabulek a dát přednost grafům, anebo tabulky shrnout v statistickém hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse — Obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, kteří mají k publikované práci bližší vztah), pokud mají souvislost nebo jsou s předloženou prací nějak srovnatelné.

Literatura — Musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197, tj. citace seřadit abecedně podle jména prvních autorů; příjmení (verzálkami); zkratka jména (dvojtečka); plný název práce (tečka); úřední zkratka časopisu, ročník, rok vydání, číslo, první stránka — poslední stránka (před číslo se uvádí zkratka č. a před první stránku s.); u knih je uvedeno místo vydání, vydavatel a rok. Odkazy na literaturu v textu jsou uvedeny jménem autora (čárka) a rokem vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu.

Pokud autor používá při práci zkratk jakéhokoliv druhu, je nutné je vysvětlit, aby se předešlo omylům při překladech. V názvu práce a v souhrnu je lépe zkratky nepoužívat.

Na zvláštním listě uvede autor plné jméno (i u spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ.

LESNICTVÍ č. 3/1991

má obsahovat tyto práce:

Chroust L.: Ekologické aspekty porostní výchovy mladých smrkových porostů v imisních podmínkách

Šindelář J.: Nebezpečí zúžení genetické variability populací lesních dřevin v lesním hospodářství ČR a jeho důsledky

Pirochtová M., Barták M.: Formalizace architektury koruny smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.): Model větvení vyšších řádů

Beneš J.: Zpřístupnění lesů v pahorkatinách

Zach J., Drápel K.: Možnosti využití matematických funkcí ke standardizaci letokruhových sérií

Blužovský Z.: Společné vlastnictví lesů a výrobní vztahy lesního hospodářství

Objednávky přijímá

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

Rukopisy odevzdány k tisku 24. 1. 1991 — Podepsáno k tisku 12. 6. 1991

Vědecký časopis LESNICTVÍ • Vydává Československá akademie zemědělská —
Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redak-
torka RNDr. Marie Forejtová • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541
• Vytiskl Final, s.p., Legerova 22, 120 00 Praha 2.

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá admi-
nistrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Pra-
ha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha,
závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9.