

VĚDECKÝ ČASOPIS



LESNICTVÍ

8

ROČNÍK 27 (LIV)
PRAHA
SRPEN 1981
CENA 12 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

LESNICTVÍ

Redakční rada: člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc. (předseda), Ing. Zdeněk Bludovský, CSc., prof. Dr. Ing. Václav Douda, CSc., prof. Dr. Ing. Ján Halaj, DrSc., prof. Dr. Ing. Václav Korf, DrSc., prof. Dr. Ing. Josef Pelíšek, DrSc., člen korespondent ČSAV prof. Ing. Adolf Priesol, DrSc., genmjr. Ing. Václav Růžička, prof. Ing. Miroslav Stolina, DrSc.

Šéfredaktor člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc.

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství,
Praha 1981

CS ISSN 0024-1105

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

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

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

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

LESNICTVÍ publie les traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de science silvicole, études et analyses. Publié par l'Institut des informations scientifiques et techniques pour l'agriculture. Paraît une fois par mois. Rédaction: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

Lesnická pedologie jako relativně mladý vědní obor má stále významnější místo v soustavě lesnických vědních disciplín. I když se zpočátku plně opírala o metody a přístupy používané v agronomické pedologii, v dalším vývoji, jak zdůrazňuje i S. V. Z o n n (1977), je lesnická pedologie nucena rozpracovávat své vlastní metody a přístupy zaměřené na osvětlení a poznání složitých vzájemných vztahů mezi lesními rostlinnými společenstvy a půdním prostředím.

Významný rozmach lesnické pedologie v ČSSR nastává zejména v období po 2. světové válce, kdy kromě řešení základních genetických a klasifikačních problémů lesních půd je zde určitá snaha i po praktické aplikaci této nauky při řešení lesnických problémů. V některých otázkách bylo však potřebné revidovat stanoviska při objasňování složitých vztahů mezi vlastnostmi jednotlivých půdních typů a současnou druhovou skladbou porostů.

V současné době se úkoly lesnické pedologie řeší jednak na katedrách lesnických fakult v ČSR a SSR a rovněž v resortních výzkumných ústavech lesnických. Výsledky jsou využívány v Lesoprojektu při mapování lesních stanovišť.

V roce 1974 byla na X. kongresu Mezinárodní pedologické společnosti (ISSS) v Moskvě ustavena subkomise pro lesní půdy, jejímž předsedou byl zvolen čs. pracovník. Významnou akcí této subkomise bylo mezinárodní sympozium ve Zvolenu v roce 1977 na téma Půda jako stanovištní faktor lesů temperátní a boreální zóny. Rovněž na mezinárodním sympoziu o stabilitě ekosystémů smrkových porostů, které se konalo v roce 1979 v Brně, byla význačná část věnována vztahu mezi smrkovými porosty a půdním prostředím.

Ze zaměření uvedených akcí můžeme pozorovat, že se dnes obrací pozornost lesnických půdoznalců zejména na ekologické aspekty funkce lesní půdy. Půda je chápána jako součást ekosystému lesa a zejména jako stabilizující prvek těchto ekosystémů. Abychom znali hranice této stability, je nutno znát kvalitativní a kvantitativní stránku recentních půdních procesů jak v přirozených, tak i v člověkem silně ovlivněných lesních ekosystémech. K tomu do značné míry směřoval i pedologický výzkum v 6. pětiletce.

Výzkum byl zaměřen zejména na tyto problémy: zvětrávací procesy matečních substrátů jako zdroj potenciální úrodnosti lesních půd, vlastnosti a procesy půd lesních rezervací jako základ pro srovnání s vývojem půd v hospodářských lesích, otázky geneze lesních půd včetně mikromorfologických studií, koloběh živin mezi biosférou, lesním porostem a půdním prostředím v jednotlivých lesních ekosystémech, vliv hospodářské činnosti člověka na vývoj degradačních stadií lesních půd, vliv jednotlivých lesopěstebních a těžebních způsobů na charakter povrchového humusu, vyluhovací a dekompoziční procesy lesních půd, charakter půdních procesů pod různým stupněm zatížení průmyslovými imisemi, zejména SO₂, biologická aktivita lesních půd a dekompoziční procesy, recyklizace některých odpadních látek do lesních ekosystémů, jako jsou např. odpadní kaly z čistíren vod a odpadní smrková kůra.

Rovněž v 7. pětiletém plánu je výzkum na úseku lesnické pedologie zaměřen zejména na studium recentních půdních procesů pod vlivem hospodářské činnosti člověka, např. vliv holopasečného způsobu těžby dřeva na koloběh živin v lesních ekosystémech. Mimořádná pozornost bude věnována studiu ekologických důsledků průmyslových imisí na lesní půdní fond, a to na půdní vlastnosti i procesy vyvolané tímto faktorem. V souvislosti s tím bude studována i funkce lesní půdy z hlediska vodohospodářského a biologie půdy. Rovněž bude probíhat studium abiotického prostředí lesních půd jako podklad pro tvorbu krajiny.

Toto specializované číslo Lesnictví podává určitý výsek výsledků získaných v minulém pětiletém období jako příspěvek čs. lesnických půdoznalců k XII. mezinárodnímu pedologickému kongresu, který se koná 8.—16. února 1982 v Dillí v Indii. Hlavní témata tohoto kongresu budou zaměřena na posouzení současného stavu a budoucích možností optimalizace rostlinné produkce a využití země v aridních, semiaridních a vlhkých tropech. Je rovněž navrhována panelová diskuse o budoucnosti pedologie, ve které vědečtí pracovníci ze 7 komisí mezinárodní půdoznalecké společnosti budou vyzváni k diskusi, jak jejich specializovaný úsek pedologie pomůže lepšímu využití půdního fondu. V rámci XII. kongresu budou též organizována čtyři vědecká sympozia a jednání jednotlivých komisí a subkomisí.

Mezinárodní pedologický kongres a jeho jednání je příležitostí ke konfrontaci stavu dané disciplíny u nás v porovnání se zahraničím. Z této konfrontace pak pro nás vyplývají některé důsledky pro orientaci vědeckovýzkumné práce. Jde zejména o rozvinutí matematického modelování půdních transportních procesů, koloběhu dusíku pod různými stupni zatížení, lesnicko-hospodářských a industriálních vlivů jako podkladu pro předpověď důsledků hospodářské činnosti člověka na lesní půdní fond. Rovněž bude nutno ve větší míře rozvinout monitorování některých půdních vlastností na vybrané síti ploch v lesních oblastech ČSSR. Pro všechny tyto práce nutno založit banku dat získaných informací, která by měla větší efekt společenského využití.

I když hlavní zaměření kongresu je na první pohled vzdáleno našim problémům, mnohá dílčí témata budou zajímat i československé lesnické půdoznalce. Jsou to např. tyto problémy: voda a její pohyb v půdě, půdně fyzikální prostředí a růst kořenů, toxické elementy v půdním prostředí, charakteristika půdního roztoku, mikrobiální procesy v kořenové zóně, využití odpadních městských kalů a rostlinných zbytků, obhospodařování povodí z hlediska kontroly procesů eroze, kvalita vody a produktivita půdy a transformace půdních minerálů.

XII. mezinárodní půdoznalecký kongres přispěje k ujednání pohledů na různé otázky půdoznalství a přinese i hojnost nových podnětů pro jeho další rozvoj.

Prof. Ing. Rudolf Šály, DrSc., doc. Ing. Emil Klimo, CSc.

STRUKTURA A CHEMICKÉ SLOŽENÍ OPADU V EKOSYSTÉMU UMĚLE ZALOŽENÉHO SMRKOVÉHO POROSTU

E. Klimo

KLIMO, E. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Struktura a chemické složení opadu v ekosystému uměle založeného smrkového porostu*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 675-688.

V rámci mezivládního programu UNESCO Člověk a biosféra byla studována struktura opadu v 70letém uměle založeném smrkovém porostu v oblasti Dražanské vrchoviny. Průměrný roční opad je 4877 kg na ha. Podstatnou část opadu tvoří jehličí 68,6 %, pak opad větví a kůry 13,8 %, šupiny a semena 6,6 %, trus hmyzu 4,4 %, dříví 4,0 %, částice menší než 0,2 mm 2,2 %, těla hmyzu 0,2 %. Jednotlivé frakce opadu se vyznačují významně rozdílnou koncentrací živin a rozdílností je i u téže frakce v různém ročním období. Celkový vstup elementů na půdní povrch v opadu nadzemní části porostu je v kg na ha za rok: N — 43,3, P — 4,4, K — 15,9, Na — 1,3, Ca — 14,5, Mg — 2,5, Mn — 9,1, Fe — 22,0, Si — 67,8, S — 5,3, Zn — 1,2, Cu — 0,12. Za zdroj opadu zachyceného pod zápojem lesního porostu nelze považovat pouze fyto masu porostu, ale projevuje se zde i vliv okolních ekosystémů, zejména smyvem minerálních částic z polí.

pedologie lesnická; smrkové porosty; ekologie lesnická; opad

Kromě procesu zvětřování a klimatických podmínek má kontakt zvětřovacího pláště zemského povrchu s organickou hmotou dominantní význam pro úrodnost půdy a pro charakter a intenzitu recentních půdních podmínek. Vychází se při tom ze skutečnosti, že zelené rostliny produkují organickou hmotu ze zdrojů atmosféry (kyslík, uhlíkový, voda a sluneční energie) a půdy (minerální živiny) jenom část této hmoty akumulují v rostlinném společenství a zbytek odumírá a vrací se jako opad do půdy. Návrat živin ve formě opadu ještě neznamená plný návrat do koloběhu živin, protože tento je podmíněn ještě dalšími procesy dekompozice.

Na přísun opadu do půdy se nelze dívat jako na nezávislý proces. Tvorba opadu je podle H. Staafa a B. Berga (1980) v podstatě procesem fyziologickým a jeho velikost i dynamika je odlišná pro různé druhy rostlin, modifikovaná různými vlivy abiotické a biotické povahy.

Pro význam opadu v koloběhu živin v rámci lesních ekosystémů je na tuto otázku soustředěna pozornost zejména z hlediska hmotnosti celkového opadu a jeho chemického složení. Základní informaci o hmotnosti opadu v jednotlivých vegetačních zónách podává Bazilevičová a Rodin (1964, 1965). Informace o hmotnosti, struktuře i chemismu opadu ve smrkových porostech střední Evropy získali autoři již v minulém století (např. Ebermayer 1876) a v současnosti (H. Dietrich 1963). Pro oblast smrkových lesů centrální a jižní tajgy Karelské autonomní republiky SSSR podává obsáhlou informaci o opadu Kazimirov a Morozovová (1974), ze smrkových porostů Eston-

ské SSSR Kölli a Ingermaa (1970), ze smrkových porostů po-
hoří Rila Trašliev a Ninov (1971).

Cílem naší práce bylo stanovit celkovou hmotnost i strukturu opa-
du, jeho dynamiku během roku, chemismus jednotlivých frakcí a celkový
vstup živin z opadu do půdního prostředí studovaného ekosystému.

METODIKA PRÁCE

Zachycování opadu opadoměrem kruhového půdorysu s plochou 0,5 m².
Záchytná plocha opadoměru byla umístěna 1,5 m nad úrovní terénu. Vyměnitelný
vak opadoměru je vyroben z hrubého lněného plátna. Celkem 20 opadoměrů bylo
umístěno na ploše 1 ha po uhlopříčkách. Opadoměry byly vyprazdňovány jednou
měsíčně.

Stanovení struktury opadu: opad byl sušen při teplotě 80 °C, vážen
jako suma a dělen na frakce: jehličí, dřevo a kůra, šupiny a semena, drť, trus
hmyzu, hmyz, částice menší než 0,2 mm.

Chemická analýza byla provedena u jednotlivých frakcí opadu z roku
1977 sesypaných do smíšených vzorků podle časových úseků: leden až březen, červe-
nec až září, říjen až prosinec. Koncentrace jednotlivých elementů byla stanovena
tako: sušina analytická vysušením rozemletého vzorku v množství 2 až 3 g 4 ho-
diný při 105 °C. Popeloviny byly stanoveny metodou podle Grossfelda žihá-
ním rozemletého vzorku při 540 až 550 °C po přidání octanu hořečnatého na zabrá-
nění ztrát fosforu a síry. Dusík po mineralizaci H₂SO₄ s použitím směsného kataly-
zátoru (selén + síran měďnatý + síran draselný) Kjeldahlovou destilační metodou
modifikovanou Winklerem (uvolněný amoniak je jímán do roztoku kyseliny bori-
té). Fosfor z mineralizátu kolorimetricky proměřením modrého zbarvení vzniklého
redukci kyseliny fosfomolybdenové chloridem cínatým. Křemík stanoven vázkově
jako SiO₂. Síra stanovena vázkově jako síran barnatý. K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu
stanoveny ve vzorku mineralizovaném mokřým způsobem kyselinou dusičnou a chlo-
ristou na atomovém absorpčním spektrofotometru Varian Techtron model 1000.

Statistické zpracování získaných analytických dat bylo programově
vyřešeno v jazyku BASIC na samočinném počítači ADT.

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO OBJEKTU

Vědeckovýzkumná stanice se nachází na Lesním závodě Rájec nad
Svitavou v geografickém celku Dražanské vrchoviny. Nadmořská výška
je 620—640 m. Na území stanice je pokryv svahovin zahrnující balvany
o velikosti kolem 1 m. Mocnost svahovin kolísá a v odkryvu je patrné
dosti hluboké zvětření granodioritu bez porušení struktury.

Po stránce klimatické lze území stanice zařadit do oblasti mírně
teplé a mírně vlhké s průměrnou roční teplotou 6,6 °C a ročním úhrnem
srážek 683 mm. Po stránce pedologické jsou na celém území stanice
půdy typu kyselých hnědých lesních půd. Zvětralina granodioritu bez po-
rušení struktury snižuje propustnost půdního podloží a je příčinou ob-
časného převlhčení půdního profilu a místy i oglejení. Obsah jílů v půdě
kolísá v rozpětí 38—45 %; půdy lze označit jako hlinité. Jde o půdy
kyselé, což je podmíněno jednak charakterem matečné horniny, jednak
charakterem povrchového humusu. Nejnížší pH je ve vrstvě H (Ao3)
a A — 3,8 a 3,7. Nasycenost sorpčního komplexu je nízká a v průměru
činí 13 % v horizontu A, 16 % v (B) a 43 % v hlubších horizontech (B)
Cd. Humus je akumulován převážně v horizontu A (12 %) a pak jeho
obsah prudce klesá. Forma povrchového humusu byla označena jako mo-
rový moder. Nejvyšší akumulace organické hmoty byla zjištěna ve vrst-
vě H — 22 319 kg na ha, pak ve vrstvě F — 15 799 kg na ha a ve vrstvě
L — 11 552 kg na ha. Celková hmotnost povrchového humusu činí cca

1. Uměle založený smrkový porost na Lesním závodě Rájec nad Svitavou. Foto J. Říčný. — Artificially established spruce stand in the Forest Enterprise Rájec on Svitava. Photo by J. Říčný



50 t na ha v sušině. Charakteristickým znakem půdních poměrů je šterkovitost profilu, zejména horizontu (B). V horizontu A často vystupují na půdní povrch balvany granodioritu.

Studovaný porost byl z hlediska zásoby a struktury biomasy podrobně studován (Vyskočil M. 1979) a byla stanovena sumární charakteristika: hmotnost sušiny nadzemní části stromů 273,43 t na ha, hmotnost sušiny podzemní části stromů 40,54 t na ha, hmotnost sušiny biomasy stromů celkem 313,97 t na ha. Celkem je na 1 ha 1332 stromů. Z údajů M. Vyskočila (1979) je vidět, že porost ve věku cca 70 let má poměrně vysoký počet jedinců na ha. Jak uvádí M. Vyskočil, nebyla v porostu zřejmě provedena podúrodnová probírka, a tím má porost víceetážový zápoj ve vlastní korunové vrstvě. Z údajů struktury biomasy studovaného porostu nás zajímá ještě hmotnost jehličí, která podle M. Vyskočila (1978) činí 20 600 kg na ha.

I. Hmotnost opadu za období 1977—1979 (kg na ha za rok). — Weight of the cast over the years 1977—1979 (kg per ha/annum)

Rok	Jehličí	Větve kůra	Šupiny semena	Hmyz	Trus hmyzu	Drť	Částice 0,2 mm	Celkem
1977	2735	578	292	7	162	184	72	4030
1978	2840	541	239	23	195	140	95	4103
1979 ^{×1)}	4133	1011	430	41	424	321	139	6499
průměr 1977—79	3246	710	320	24	260	215	102	4877
Oduřelé kořeny ^{×2)}								1257
Celkem								6134

^{×1)} hodnoty jednotlivých frakcí kalkulovány, roční suma měřena.

^{×2)} kalkulovaná hodnota

HMOTNOST, DYNAMIKA A STRUKTURA OPADU

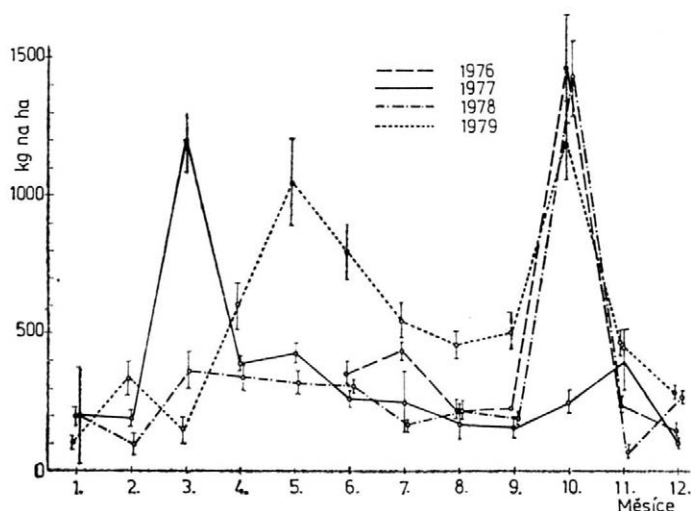
Jestliže posuzujeme hmotnost celkového opadu, jak je uvedena v tabulce I, můžeme konstatovat, že průměrná suma ročního opadu z nadzemní části porostu činí 1,8 % z celkové zásoby nadzemní fytomasy. Vzhledem k tomu, že podstatnou část opadu tvoří jehličí, vypočítali jsme vztah k jeho celkové zásobě v porostu (15 %). K obdobnému poměru zásoby a opadu jehličí dospěli i K ö l l i a I n g e r m a a (1970 — 15,1 %), kteří studovali 80letý smrkový porost s nadzemní zásobou fytomasy 222,2 t na ha, což je porost obdobný našemu porostu. Tyto údaje potvrzují, že vztah mezi strukturou fytomasy porostu a strukturou opadu je významný, i když může být modifikován stadiem vývoje smrkového porostu. Jestliže např. procento opadu jehličí vzhledem k zásobě jehličí u 70 a 80letého porostu je 15 %, je toto procento podstatně vyšší u 40letých smrkových porostů, jak jsme si vypočetli z údajů K a z i m i r o v a a M o r o z o v o v é (1973) z různých typů smrkových porostů Karelské SSR:

zásoba jehličí v porostu v kg na ha	opad jehličí v kg na ha za rok	% opadu jehličí
5 700	1180	20,7
6 530	1490	22,8
7 530	1740	23,1
8 210	1940	23,6
10 210	2410	23,6
9 000	2780	30,9
9 410	3040	32,3

Z výše uvedených údajů můžeme vyvodit tyto závěry: procento jehličí v opadu k celkové zásobě jehličí v porostu je u mladších věkových tříd (40 let) daleko vyšší (20—30 %) ve srovnání s porosty 70 a 80letými (15 %); se zvyšující se zásobou jehličí v porostu se zvyšuje i absolutní hodnota opadu jehličí. Při posuzování celkového opadu v průběhu let vidíme vyrovnané hodnoty cca 4000 až 4100 kg opadu na ha v letech 1977 a 1978. V roce 1979 se suma opadu zvyšuje na 6500 kg na ha. Tuto skutečnost vysvětlujeme vlivem mimořádného poklesu teplot přechodem studené fronty 31.12. 1978 až 2. 1. 1979. Měření na výzkumné ploše zachytila situaci v °C takto (Ž í d e k — osobní sdělení):

datum měření	výška 2 m, Ø teplot	diference	výška 22 m, Ø teplot	diference	výška 37 m, Ø teplot	diference
30. 12. 78	1,3		2,2		2,6	
		0,1		0,4		0,0
31. 12. 78	1,4		2,6		2,6	
		16,9		19,4		20,0
1. 1. 79	—15,5		—16,8		—17,4	
		3,1		3,3		3,6
2. 1. 79	—12,4		—13,5		—13,8	

2. Průběh opadu v letech 1976, 1977, 1978, 1979 ve smrkovém porostu (suma opadu) v kg na ha. — A pattern of the cast in spruce stand (sum of cast) in the years 1976, 1977, 1978, 1979 (kg per ha)



Pokud jde o amplitudu poklesu během necelých 24 hodin, činilo na jednotlivých úrovních studovaného porostu (podle úrovně měření) 20,6, 24,1, a 25,9 °C. Tato prudká změna teploty zřejmě způsobila i mimořádně vysoký opad jehličí během jarního období 1979, a to zejména v dubnu až červnu.

V grafu na obr. 2 je znázorněn roční průběh opadu. Můžeme na něm vidět dvě maxima, výrazné podzimní a méně výrazné jarní. K obdobnému závěru dospěl i Dietrich (1963) při studiu opadu ve smrkových porostech Tharandtského lesa. Při obohacování půdy organickou hmotou nemá význam pouze opad odumřelých částí nadzemní fytomasy porostu, ale i odumírání kořenů. Údajů o tomto procesu je podstatně méně. Zde

II. Hmotnost opadu v letech 1976—1979 podle jednotlivých měsíců (kg na ha). — Weight of the cast over the years 1976—1979 in different months — kg per ha

Měsíce	1976	1977	1978	1979	Průměr 1976—1977
leden		207	197	113	172
únor		188	96	337	207
březen		1197	365	149	570
duben		394	339	598	444
květen		426	320	1052	599
červen	354	262	307	796	430
červenec	437	251	175	545	352
srpen	224	175	222	459	270
září	229	158	190	506	270
říjen	1459	249	1428	1198	1083
listopad	236	400	68	464	292
prosinec	153	113	271	282	204

vedle odumírání kořenů vytěžených dřevin i jemných kořenů porostu má v určitých podmínkách význam i odumírání kořenů přízemní vegetace. Např. Šály (1977) na základě literárních údajů uvádí 1–2 t odumřelých kořenů za rok. V naší práci jsme provedli kalkulaci hmotnosti odumřelých kořenů podle Kazimirova a Morozovové (1973), kteří předpokládají, že tato hodnota je cca 3,1 % z celkové zásoby kořenů v porostu. Tak můžeme předpokládat, že vstup organické hmoty do půdy opadem se zvýší o 1256 kg na ha za rok.

Pokud se týká struktury opadu, tak na prvním místě je opad jehličí, které tvoří v průměru cca 70 % z celkového opadu. Na druhém místě je opad dřeva (zejména větve a kůra) 13,8 % a pak následuje opad šupin a semen 6,6 %. Dostí významné místo zaujímá v opadu trus hmyzu (4,4 %), což podává i informaci o gradaci hmyzu v korunách stromů, který tam konzumuje část fytohmoty porostu a na půdní povrch padá již částečně změněná organická hmota. Čtyři procenta opadu tvoří částice, u nichž nelze zjistit jejich původ; označujeme je jako drť. Při analýze struktury opadu jsme věnovali pozornost frakci menších rozměrů než 0,2 mm. Tato frakce tvoří 2,2 % z celkového opadu, což v průměru znamená hodnotu cca 100 kg na ha za rok. Tuto frakci nelze v plné míře považovat za opad ze stromové části ekosystému, protože její podstatná část je zřejmě importována z okolních agroekosystémů. Část této frakce propadá i přes plátěné sběrače opadu. Při jednorázové kontrole bylo zjištěno, že tato hodnota je cca 4 kg na ha za měsíc. To tedy znamená, že celková hodnota frakce menší než 0,2 mm by činila 100–150 kg na ha za rok.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ OPADU

Hlavním cílem studia kvalitativní charakteristiky opadu v lesních ekosystémech je stanovení hmotnosti jednotlivých živin navracených touto cestou do půdy, protože v lesích, které se nepřihnojují, je opad jedním z nejdůležitějších zdrojů živin pro udržení produkčního potenciálu půdy.

Proto jsme zkoumali chemické složení jednotlivých frakcí opadu. Např. rozrůzněnost koncentrace dusíku v opadu z ledna až března 1977

III. Procentuální zastoupení jednotlivých frakcí opadu v letech 1977 a 1978. —
Per cent proportion of various fractions of the cast in the years 1977 and 1978

Frakce opadu	1977	1978	Průměr 1977–1978
Jehličí	67,9	69,4	68,6
Větve, kůra	14,3	13,3	13,8
Šupiny, semena	7,3	5,8	6,6
Hmyz	0,2	0,6	0,4
Trus hmyzu	4,0	4,8	4,4
Drť	4,5	3,5	4,0
Částice 0,2 mm	1,8	2,6	2,2

IV. Chemické složení jednotlivých frakcí opadu. — Chemical composition of various fractions of the cast

Frakce opadu	Prvek	% obsah v sušině v měsících			
		1.—3.	4.—6.	7.—9.	10.—12.
Jehličí	Popel	7,70	7,13	5,73	7,29
	N	0,66	0,92	1,02	0,67
	P	0,07	0,11	0,12	0,09
	K	0,19	0,46	0,50	0,36
	Na	0,004	0,004	0,004	0,005
	Ca	0,33	0,37	0,35	0,46
	Mg	0,04	0,06	0,06	0,06
	Mn	0,21	0,23	0,24	0,33
	Fe	0,03	0,03	0,03	0,05
	Si	1,38	1,00	1,01	1,24
	S	0,12	0,14	0,12	0,10
	Zn	0,006	0,006	0,014	0,012
	Cu	0,0005	0,008	0,004	0,0005
Větve, kůra	Popel	3,71	3,91	4,40	5,27
	N	0,60	0,70	0,76	0,78
	P	0,03	0,04	0,05	0,05
	K	0,10	0,13	0,15	0,16
	Na	0,004	0,004	0,005	0,008
	Ca	0,09	0,12	0,13	0,17
	Mg	0,01	0,01	0,02	0,02
	Mn	0,02	0,02	0,02	0,03
	Fe	0,14	0,15	0,27	0,56
	Si	0,57	0,70	0,90	0,99
	S	0,07	0,07	0,07	0,08
	Zn	0,007	0,013	0,027	0,063
	Cu	0,0009	0,0008	0,001	0,001
Šupiny, semena	Popel	2,81	4,00	1,97	1,46
	N	0,97	1,18	0,78	0,37
	P	0,08	0,13	0,11	0,04
	K	0,21	0,30	0,68	0,47
	Na	0,005	0,006	0,004	0,004
	Ca	0,03	0,06	0,01	0,02
	Mg	0,04	0,05	0,05	0,03
	Mn	0,03	0,02	0,01	0,01
	Fe	0,21	0,21	0,10	0,10
	Si	0,42	0,62	0,19	0,12

1. Pokračování tab. IV

Frakce opadu	Prvek	% obsah v sušině v měsících			
		1. — 3.	4. — 6.	7. — 9.	10. — 12.
Šupiny, semena	S	0,07	0,07	0,04	0,02
	Zn	0,017	0,058	0,068	0,006
	Cu	0,001	0,001	0,004	0,001
Trus hmyzu	Popel	11,65	7,18	11,51	22,68
	N	1,11	0,83	1,07	0,10
	P	0,08	0,07	0,08	0,05
	K	0,15	0,26	0,17	0,18
	Na	0,01	0,005	0,007	0,009
	Ca	0,17	0,29	0,22	0,17
	Mg	0,05	0,03	0,03	0,05
	Mn	0,06	0,10	0,05	0,10
	Fe	0,83	0,47	2,75	9,28
	Si	3,33	1,10	1,84	2,62
	S	0,17	0,10	0,09	0,17
	Zn	0,05	0,09	0,11	0,12
	Cu	0,002	0,001	0,005	0,012
Dř	Popel	17,73	14,63	16,87	28,11
	N	1,48	1,72	1,67	1,34
	P	0,11	0,15	0,13	0,08
	K	0,26	0,30	0,26	0,27
	Na	0,02	0,02	0,02	0,02
	Ca	0,07	0,10	0,08	0,11
	Mg	0,08	0,07	0,06	0,08
	Mn	0,05	0,06	0,05	0,12
	Fe	2,07	2,32	3,90	9,47
	Si	5,11	2,95	3,60	3,96
	S	0,19	0,18	0,17	0,22
	Zn	0,112	0,128	0,147	0,177
	Cu	0,009	0,007	0,007	0,014
Částice menší než 0,2 mm	Popel	34,99	29,47	36,58	37,87
	N	2,09	2,27	2,08	1,81
	P	0,19	0,22	0,21	0,20
	K	0,41	0,40	0,40	0,43
	Na	0,03	0,03	0,03	0,06
	Ca	0,03	0,04	0,04	0,06
	Mg	0,14	0,13	0,16	0,18

Frakce opadu	Prvek	% obsah v sušině v měsících			
		1. — 3.	4. — 6.	7. — 9.	10. — 12.
Částice menší než 0,2 mm	Mn	0,06	0,04	0,02	0,09
	Fe	2,53	2,89	3,11	8,64
	Si	11,36	9,05	12,16	11,82
	S	0,29	0,25	0,25	0,20
	Zn	0,153	0,164	0,114	0,175
	Cu	0,012	0,007	0,006	0,016

je: jehličí 0,66 %, dřevo a kůra 0,60 %, drť 1,47 %, částice menší než 0,2 mm 2,09 %, šupiny 0,96 %, trus hmyzu 1,10 %, těla hmyzu 9,40 %. U vápníku je tato rozdílnost rovněž výrazná a pohyb v rozpětí 0,03 až 0,33 %, u draslíku v rozpětí 0,09—0,40 %. Obdobně je tomu i u ostatních prvků. Kromě toho jsme zaznamenali i rozdíly v koncentraci prvků u téže frakce opadu z různého ročního období. Pro stanovení této variability rozdělili jsme v roce 1977 opad jednotlivých frakcí do čtyř ročních období.

Podle výsledků uvedených v tabulce IV můžeme vidět, že koncentrace prvků v opadu během roku kolísá. Např. u jehličí, jako nejvýznamnější části opadu, je nejnižší koncentrace dusíku v období leden — březen a říjen — prosinec, kdežto jehličí opadlé během letních měsíců má koncentraci N vyšší. Tato otázka souvisí s koloběhem dusíku v rámci dřeviny během roku. Staaf, Berg (1980) zdůrazňují význam redistribuce dusíku v rostlině před opadem listů. Podotýkají sice, že výrazné přemístění dusíku ze stárnoucích orgánů rostlin znamená nevyhnutelně nižší koncentraci dusíku v povrchovém humusu a jeho odčerpání z koloběhu v rámci ekosystému. Avšak, jak předpokládají výše citovaní autoři, rostlina má z toho výhodu tak dlouho, pokud je redistribuovaný dusík uchován v organické formě. Kromě toho se tím vytváří rezerva dusíku, která je k dispozici pro tkáň rostoucích částí rostlin na počátku nového vegetačního období. Největší redistribuce dusíku nastává ovšem hlavně v prvním roce růstu jehličí, i když změny v jeho koncentraci v průběhu dalších let, jak potvrzují např. údaje Fiedlera (1966), jsou rovněž průkazné. Na základě výše uvedených předpokladů lze konstatovat, že nižší koncentrace N v jehličí při jeho maximálním opadu na jaře a na podzim je podmíněna tím, že v těchto obdobích jde o „fyziologický“ opad starého jehličí, kdežto vyšší koncentrace v letním období může být podmíněna opadem mladšího jehličí způsobeného buď biotickými, nebo abiotickými faktory. Opad mladého jehličí s vyšší koncentrací N může probíhat samozřejmě i v zimním období, je rovněž podmíněn zejména faktory abiotické povahy (sníh, led, vítr), kdy dochází často k ulamování a opadu mladých výhonků. Samozřejmě, že obdobně jako na zásobu jednotlivých elementů ve fytomase porostu má i na jejich koncentraci v opadu vliv půdní prostředí. Na význam tohoto faktoru poukazují Köll a Ingeman (1970), kteří zjistili 2 až 3krát méně draslíku v opa-

du smrkového porostu na hnědé pseudopodzolové půdě než v opadu na hnědých půdách.

Z hlediska významu jednotlivých frakcí opadu pro jeho chemismus je nutno zdůrazňovat např. relativně vysokou koncentraci dusíku u frakce menší než 0,2 mm, a to 2,09, 2,26, 2,08 a 1,81 % v průběhu roku. To rovněž dává předpoklad k závěru, že prachová frakce opadu je importována zejména z okolních zemědělských oblastí. Tímto vlivem je zřejmě ovlivněna částečně i drť. Rovněž trus hmyzu má koncentraci vyšší než jehličí, které bylo konzumací hmyzu přeměněno. Výrazný vliv může mít v některých letech spad pylu při kvetení smrkových porostů, jako tomu bylo v jarních měsících roku 1980. Chemickou analýzou bylo v pylu stanoveno 4,1 % dusíku, 0,8 % fosforu a 0,4 % síry.

HMOTNOST PRVKŮ PŘÍCHÁZEJÍCÍCH S OPADEM NA PŮDNÍ POVRCH

Hodnotíme-li průměrný roční vstup jednotlivých prvků s opadem na půdní povrch, vidíme, že na prvním místě je Si — 67,8 kg na ha za rok. Následuje dusík, kterého se s opadem nadzemní části fytomasy dostává na půdní povrch 43,3 kg. Další pořadí prvků podle jejich hmotnosti je: Fe, K, Ca, Mn, S, P, Mg, Zn, Na, Cu (tabulka V). Při hodnocení údajů uvedených v tabulce V i ve srovnání s údaji jiných autorů (tabulka VI) je výrazně vyšší hodnota hmotnosti Si a Fe v našich informacích. U obou prvků je výrazný poměrně nízký podíl jehličí na jejich hmotnosti: u Si je to 56 % a u Fe pouze 6 %. Když posoudíme podíl jiných frakcí (zejména trusu, drtě a prachu) na hmotnosti těchto dvou prvků, tak zjistíme,

V. Hmotnost prvků v opadu nadzemní části fytomasy smrkového porostu a procento podílu jehličí na těchto hodnotách. — Element weight of the cast of aerial parts of phytomass of spruce stand and per cent proportion of needles in these values

Prvek	Hmotnost v kg na ha za rok	Procentuální podíl jehličí
N	43,3	59,1
P	4,4	71,1
K	15,9	75,4
Na	0,3	46,6
Ca	14,5	87,6
Mg	2,5	73,7
Mn	9,1	94,0
Fe	21,9	5,6
Si	67,8	55,9
S	5,3	72,0
Zn	1,2	24,8
Cu	0,1	59,7
Popel	370,2	62,4

VI. Srovnání množství prvků přicházejících na půdní povrch s opadem nadzemní části smrkových porostů. — A comparison of element levels supplied to soil surface with the cast of aerial parts of spruce stands

Prvek	Údaje podle autorů v kg na ha za rok				
	Ninov (1971)	Kölli Ingermaa (1970)	Pjavčenko (1960)	Dietrich (1963)	Klimo
Si	28,3	27,4	—	—	67,8
Fe	1,1	4,8	—	—	21,9
Al	3,7	2,6	—	—	—
Mn	6,6	—	—	—	9,1
Ca	44,7	42,4	62,2	28,0	14,5
Mg	3,7	11,5	12,7	—	2,5
K	6,2	15,3	19,6	—	15,9
Na	0,4	—	—	—	0,3
P	3,3	9,8	5,7	2,5	4,4
S	1,8	—	—	—	5,3
N	22,7	58,5	35,10	28,3	43,3

že např. drť a částice menší 0,2 mm se podílejí 59 % na hmotnosti Fe a trus hmyzu 26 %. U Si tento podíl není tak vysoký, ale je rovněž významný, protože částice menší než 0,2 mm se podílejí na jeho hmotnosti 17 % a drť 12 %. To znamená, že můžeme předpokládat, že původ těchto dvou prvků v opadu může být mimo lesní ekosystém. Toto vysvětlení podporuje i údaj o podílu popelovin u frakce drť a prach, který je cca 16 % u drtě a 13 % u prachu. Relativně vysoký obsah železa v opadu se odráží i v jeho akumulaci v povrchovém humusu. Při jeho analýze na studovaném objektu byla zjištěna hodnota 267 kg na ha (Klimo 1978). Rovněž Bublinec (1980), který stanovil hmotnost jednotlivých prvků v povrchovém humusu v bukovém a smrkovém porostu Malých Karpat, zjistil vysokou akumulaci Fe v této půdní vrstvě, a to 159 kg na ha v bukovém a 462 kg na ha ve smrkovém porostu.

Hodnocení významu živin přicházejících do půdního prostředí s opadem záleží zejména v posouzení, nakolik tento přírodní proces saturuje živiny odebírané z půdy lesním porostem, který je čím dál tím více exploatován člověkem. Proto údaje o opadu a jeho charakteristika jsou výchozím údajem pro rozpracování objemu a rychlosti koloběhu živin mezi lesním porostem, povrchovým humusem, půdním prostředím a popř. ostatními ekosystémy v krajině.

ZÁVĚR

V ekosystému uměle založeného 70letého smrkového porostu v oblasti Dražanské vrchoviny byla studována struktura a chemismus opadu. Ze získaných výsledků lze vyvodit závěry:

1. Průměrný roční opad studovaného ekosystému je 4877 kg na ha, což činí 1,8 % z celkové zásoby nadzemní části fytomasy porostu.

2. Průběh opadu během roku je charakterizován maximální hodnotou v říjnu a druhým, méně výrazným maximem v jarním období.

3. Pořadí jednotlivých frakcí opadu podle jejich podílu na hmotnosti je: jehličí 68,6 %, větve a kůra 13,8 %, šupiny a semena 6,6 %, trus hmyzu 4,4 %, drť 4,0 %, částice menší než 0,2 mm 2,2 %, těla hmyzu 0,4 %.

4. Koncentrace jednotlivých prvků byla rozdílná u jednotlivých frakcí opadu i u téže frakce z rozdílných ročních období.

5. Celkový vstup prvků v opadu nadzemní části fytomasy na půdní povrch činil za rok v kg na ha: N 43,3, P 4,4, K 15,9, Na 0,3, Ca 14,5, Mg 2,5, Mn 9,1, Fe 21,9, Si 67,8, S 5,3, Zn 1,2, Cu 0,1.

6. Za zdroj opadu zachyceného pod zápojem lesního porostu nelze považovat pouze porost, ale projevuje se zde i vliv okolních ekosystémů, zejména formou vstupu prachové frakce.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatura

1. BAZILEVIČ, N. I. — RODIN, L. E.: The Biological Cycle of Ash Elements and Nitrogen for the Principal Natural Zones of Northern Hemisphere. 8th Int. Congress of Soil Sci Bucharest, Romania 1964, s. 833-844
2. BUBLINEC, E.: Akumulácia prvkov a niektoré zložky ich kolobehu v bukovom a smrkovom ekosystéme Malých Karpát. Záv. správa čiast. úlohy VI-2-1/11 Výsk. ústav lesného hosp. Zvolen, 1980
3. DIETRICH, H.: Untersuchungen zum Nährstoffkreislauf von Fichtenbeständen im Osterzgebirge. Archiv für Forstwesen, Band 12, Heft 10, 1963
4. OBERMAYER, E.: Die gesamte Lehre von der Waldstreu. Springer, Berlin, 1876, 116 s.
5. FIEDLER, H. I. — HÖHNE, H.: Obsah živin v lesných drevinách. Sborník vedeckých prác Lesníckej fakulty VŠLD, Zvolen 1966, r. VII, s. 45-65
6. KAZIMIROV, N. I. — MOROZOVA, R. M.: Biologičeskij krugovorot veščestv v jelnikach Karelii. Izd. Nauka, Leningrad, 1973, 174 s.
7. KLIMO, E.: Charakteristika půdních poměrů výzkumné stanice programu Člověk a biosféra Rájec - Jestřebí. Sborník ústavu ekologie lesa lesnické fakulty VŠZ v Brně
8. KÖLLI, R. — INGERMAA: Amount and Content of Forest Debris and Litter on Some Forest Site Types. Transactions of Eston. Agr. Academy, Soil Regimes and Processes Tartu, 1970, s. 92-105
9. PJAČENKO, N. I.: Biologičeskij krugovorot azota i zolnych elementov v bolotnych lesach. Počvovedenije, 1960, 6, s. 21-32
10. RODIN, E. L. — BAZILEVIČ, N. I.: Dinamika organičeskogo veščestva i biologičeskij krugovorot v osnovnyh typach rastitelnosti. Izd. Nauka, Moskva — Leningrad, 1965, 253 s.
11. STAAF, H.: Plant Litter Input to Soil Swedish Coniferous Forest Project. Univ. of Agr. Sc. Uppsala, 1980
12. ŠÁLY, R.: Lesnícke podoznanstvo. Vysoká škola lesnícka a drevárska Zvolen, 1977, 380 s.
13. TRAŠLIEV, CH. — NINOV, N.: Biologičan krugovorot na azota i popelňite elementi pri njakci počvi v Bulgaria. Akademija na selskostopanskite nauki, Sofia, 1971, 109 s.
14. VYSKOT, M.: Biomasa stromového patra smrkového lesa na České Vysočině. Záv. zpráva úkolu VI-2-2/22, lesnická fakulta VŠZ v Brně, 1978
15. VYSKOT, M.: Kvantifikace biomasy smrku. Lesnická práce, 9 (58), 1979, s. 398-404

КЛИМО, Э. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Структура и химический состав опада в экосистеме искусственно заложенных еловых насаждений. Lesnictví, 27, 1981 (8): 675-688.

В рамках межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» изучали структуры опада в 70-летнем искусственно заложенном еловом насаждении в области Драганской верховины. Среднегодовой опад составляет 4877 кг/га⁻¹. Существенную часть опада образует хвоя 68,6 %, затем отходы ветвей и коры 13,8 %, чешуя и семена 6,6 %, помет насекомых 4,4 %, крошка 4,0 %, частицы меньше 0,2 мм 2,2 %, опадение тел насекомых 0,2 %. Отдельные фракции опада отличаются весьма различной концентрацией питательных веществ, причем различия отмечаются и у той же фракции в разные периоды года. Общее попадание элементов на поверхность почвы в опале надземной части насаждения в килограммах на гектар за год составляет: N — 43,4; P — 4,4; K — 15,9; Na — 0,3; Ca — 14,5; Mg — 2,5; Mn — 9,1; Fe — 22,09; Si — 67,8; S — 5,3; Zn — 1,2; Cu — 0,12. Источником опада, улавливаемого под пологом сомкнутого лесонасаждения, нельзя считать только фитомассу насаждения, так как здесь сказывается также влияние смежных экосистем, особенно вследствие попадания минеральных частиц с полей.

лесное почвоведение; еловые насаждения; лесная экология; опад

KLIMO, O. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Structure and Chemical Composition of the Cast in the Ecosystem of Artificially Established Spruce Stand. Lesnictví, 27, 1981 (8): 675-688.

The structure of the cast was studied in 70-year artificially established spruce stand located in the Drahanšské Hills; the study was conducted within the international UNESCO program Man and Biosphere. The annual average cast amounts to 4.877 kg per ha. The cast consists of 68.6 % of needles, 13.8 % of branches and bark, 6.6 % of scales and seeds, 4.4 % of insects excrements, 4.0 % of bits, 2.2 % of particles smaller than 0.2 mm, 0.2 % is insects body cast. Nutrient concentration in various fractions of the cast is significantly different, and the concentration in one fraction varies during the year seasons. The total supply of elements to soil surface from the cast of aerial parts of the stand is in kg per ha/annum as follows: N — 43.3; P — 4.4; K — 15.9; Na — 0.3; Ca — 14.5; Mg — 2.5; Mn — 9.1; Fe — 22.0; Si — 67.8; S — 5.3; Zn — 1.2; Cu — 0.12. A source of the cast caught under the tree canopy of forest stand is not only the phytomass of the stand; but also it is influenced by surrounding ecosystems, especially by ingress of mineral particles from fields.

forest pedology; spruce stands; forest ecology; cast

KLIMO, E. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Struktur und chemische Zusammensetzung der Streu im Ökosystem eines künstlich angelegten Fichtenbestandes. Lesnictví, 27, 1981 (8): 675-688.

Im Rahmen des internationalen Programms UNESCO Mensch und Biosphäre wurde die Struktur der Streu in einem 70jährigen künstlich angelegten Fichtenbestand im Gebiet der Drahanšská vrchovina untersucht. Der durchschnittliche jährliche Abfall beträgt 4877 kg. ha⁻¹. Den wesentlichen Teil des Abfalls bilden Nadeln (68,6 %), ferner der Abfall an Ästen und Rinde (13,8 %), Schuppen und Samen (6,6 %), Insektenexkremente (4,4 %), Detritus (4,0 %), Teilchen kleiner als 0,2 mm (2,2 %), Abfall von Insektenkörpern (0,2 %). Die einzelnen Fraktionen des Abfalls zeichnen sich durch signifikant unterschiedliche Konzentration an Nährstoffen aus, und es bestehen Unterschiede auch bei derselben Fraktion in verschiedenen Jahreszeiten. Die Gesamtzufuhr an Elementen zur Bodenoberfläche im Abfall vom oberirdischen Teil des Bestandes beträgt in kg. ha⁻¹. Jahr⁻¹: N — 43,3, P — 4,4, K — 15,9, Na — 0,3, Ca — 14,5, Mg — 2,5, Mn — 9,1, Fe — 22,0, Si — 67,8, S — 5,3, Zn — 1,2, Cu — 0,12. Für die Quelle des unter dem Schirm des Bestandes erfaßten Abfalls kann nicht nur die Phytomasse des Bestandes gehalten werden, sondern es äußert sich hier auch der Einfluß der anliegenden Ökosysteme, insbesondere durch die Zufuhr von Mineralteilchen von den Feldern.

forstliche Bodenkunde; Fichtenbestände; Forstökologie; Abfall

KLIMO, M. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *La structure et la composition chimique de la chute dans l'écosystème d'un peuplement d'épicéa artificiellement établi*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 675-688.

C'est dans le cadre du programme de l'UNESCO Homme et biosphère que l'on étudiait la structure de la chute dans un peuplement d'épicéa âgé de 70 ans, artificiellement établi dans la région de Plateau Drahanská vrchovina. Le volume annuel moyen de la chute s'élève à $4877 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. La partie essentielle de la chute, soit 68,6 p. 100, est formée d'aiguilles, le déchet de branches et d'écorce étant à 13,8 p. 100, celui d'écaillés et de graines à 6,6 p. 100, l'excrément d'insecte à 4,4 p. 100, le moder à 4,0 p. 100, les particules de moins 0,2 mm représentant 2,2 p. 100 et les déchets de crops d'insecte 0,2 p. 100. Les fractions particulières de la chute se distinguent par une concentration notablement différente des matières nutritives et pour la même fraction on constate aussi la différence dans les périodes annuelles différentes. L'apport total des éléments à la superficie du sol, compris dans la chute en provenance de la chute de la partie aérienne du peuplement s'élève en kg par hectare et par an à : N — 43,3, P — 4,4, K — 15,9, Na — 0,3, Ca — 14,5, Mg — 2,5, Mn — 9,1, Fe — 22,0, Si — 67,8, S — 5,3, Zn — 1,2 et Cu — 0,12. Comme source de la chute interceptées au-dessous de la fermeture du peuplement forestier ne peut être considérée seulement la phytomasse du peuplement, car c'est encore l'influence des écosystèmes voisins qui se manifeste ici, notamment par l'apport des particules minérales en provenance des champs.

pédologie forestière; peuplements d'épicéa; écologie forestière; chute

Adresa autora:

Doc. Ing. Emil K l i m o, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

J. Materna

MATERNA, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Výživa krušnohorských smrčín*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 689-698.

Na 26 lokalitách v oblasti Krušných hor a Slavkovského lesa, která je již cca 20 let vystavena výraznému vlivu imisí SO_2 , byly odebrány vzorky jehličí ze smrkových mlazin k listové analýze. Úroveň znečištění ovzduší na těchto lokalitách je sledována již delší dobu přímým měřením koncentrací SO_2 . Výsledky měření ovzduší SO_2 (roční průměry) ukazují na značné rozrůznění vlivu imisí (tabulka I). Protože byl již dříve prokázán vztah mezi koncentrací SO_2 v ovzduší a koncentrací S v jednoletém jehličí smrku, bylo možno ze vztahu mezi koncentrací síry v jehličí a obsahem dalších prvků stejných vzorků usuzovat na ovlivnění výživy dřeviny imisemi. Je možno shrnout, že existuje výsoce významná, pozitivní korelace mezi koncentrací síry v jehličí a koncentrací dusíku a draslíku. Jiné vztahy nebylo možno prokázat. Z toho vyplývá, že listová analýza v tomto případě nepotvrzuje obecný závěr o celkovém ochuzování ekosystémů o živiny.

pedologie lesnická; smrčiny; imise; listová analýza

G u d e r i a n (1977) předpokládá jako obecné schéma vlivu imisí na ekosystémy proces vedoucí od akumulace složek imisí v jednotlivých složkách ekosystému přes změny v druhové pestrosti, narušení biogeochemických cyklů až k vzniku denudovaných ploch. Z toho vyplývá, že se musí změnit podmínky pro výživu rostlin. W o o d w e l l (1970) již přímo uvádí narušení koloběhu látek v ekosystémech jako jednu z hlavních příčin zhoršené výživy rostlin, a tím i pokračující destabilizace ekosystémů. Přitom narušení výživy je výsledkem půdních změn, narušení mykorrhizy i přímého vlivu na dřeviny. Řada starších prací z poslední doby dokládá vliv zejména kyselých složek imisí na půdní biologii i na půdní chemismus, čímž podporují předpoklady zmíněných autorů (L o c h m a n, U l r i c h 1980).

Ve srovnání s těmito výsledky je však jen velmi málo prací, které přímo hodnotí vliv změn lesních porostů způsobených imisemi na výživu lesních dřevin. N ě m e c (1952) přisuzoval ve svých studiích významný podíl na celkové míře poškození smrkových porostů na Krušných horách jejich výživě. Z výsledků jeho listových analýz vyplývá nedostatek vápníku, draslíku i hořčíku, což odpovídá i ochuzování na dvojmočné báze již dosti chudého půdního substrátu. Materiál k listovým analýzám byl však velmi omezený, nebyl odebírán podle současných požadavků, a proto tyto výsledky mohou mít jen orientační hodnotu. Je pravděpodobné, že extrémně nízké koncentrace draslíku zjištěné ve smrkovém jehličí jsou důsledkem méně spolehlivých starších analytických metod.

Kromě toho výsledky neobsahují údaje o koncentracích dusíku v jehličí, tedy prvku, jehož koloběh by měl být podle předpokladů zřetelně narušen ovlivněním mikrobiální činnosti v povrchových půdních vrst-

vách. Zinke (1980) při studiu chronického vlivu imisí prokázal vzestup obsahu dusíku a pokles obsahu fosforu v jehličí douglasky se stoupající úrovní znečištění ovzduší.

Protože otázky vztahu mezi vlivem imisí, koloběhem látek v ekosystémech a reakcí lesních dřevin mají značný význam, protože jejich řešení je mimo jiné možno posoudit účinnost hnojení v imisních oblastech, je žádoucí odpovědět na otázku, jak narušuje vliv imisí na smrkové porosty úroveň jejich výživy. K tomu jsme shromáždili materiál, jehož první stupeň zpracování umožňuje posoudit, jak se vliv imisí projevuje na hladinách dusíku a některých minerálních živin v jehličí smrkových mlazin.

MATERIÁL A METODY

Vzorky smrkového jehličí pocházejí z Krušných hor a Slavkovského lesa. Je to oblast, která je vystavena výraznějšímu vlivu imisí již více než 25 let. Během této doby by se měl vliv imisí na výživu smrkových porostů zřetelně projevit. Vzorky pocházejí především z nadmořských výšek nad 600 m. Byly odebírány z porostů na lokalitách ležících blízko některé ze stanic sítě Hydrometeorologického ústavu nebo sítě Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (Sokolovská pánev) tak, aby expozicí, nadmořskou výškou, sklonem bylo možno považovat výsledky měření koncentrací škodlivin (především SO_2) na odpovídajících stanicích za reprezentativní. Považujeme za nezbytné charakterizovat podmínky růstu dřevin údaji o míře znečištění ovzduší, má-li se jeho vliv na životní procesy dřevin hodnotit. Koncentrace SO_2 z reprezentativních stanic jsou k dispozici jako stanovení denní koncentrace metodou West Gaecke.

Materiál jsme odebírali v listopadu z vrcholové části koruny ze čtvrtého přeslehu 12–18letých mlazin. Vycházet ze vzorků odebíraných z mlazin je motivováno především technickými důvody, protože v rozsahu odběru by bylo velmi obtížné získat dostatečný počet vzorků ze starších porostů. Podle zkušeností z jiných lokalit a oblastí se dá též předpokládat, že mlaziny mohou lépe odrazet stressy způsobené nedostatky výživy než starší porosty, jejichž kořenový systém je rozvinutější.

Celkem jsou zpracovány vzorky z 26 lokalit, z každého porostu byly odebírány vzorky z osmi jednotlivých stromů. To poskytlo dostatečný počet, aby se vyloučil výrazný vliv individuální variability na výsledky analýz a jejich další zpracování.

Z každého jedince jsme odebrali vzorky jednoletého a dvouletého jehličí. Vzhledem ke známým vztahům mezi koncentrací jednotlivých prvků v jednoletém a dvouletém jehličí umožňují analýzy obou ročníků odkrývat ev. chyby při analytickém stanovení.

Analytický postup: dusík podle Kjeldahla, fosfor kolorimetricky, síra jako síran barnatý vážkově, ostatní prvky atomovou absorpční spektrofotometrií.

VÝSLEDKY

Protože základní otázkou je vztah mezi mírou znečištění ovzduší a úrovní výživy smrkových mlazin, je nutno nejprve rozhodnout, jakým způsobem se bude úroveň znečištění ovzduší charakterizovat. Přesné vymezení je nezbytné k výraznému meziročnímu kolísání průměrných hodnot koncentrací SO_2 i vzhledem k výrazné sezónní dynamice imisí SO_2 v daném prostoru. Obojí se odráží ve zdravotním stavu porostů. Protože se pochopitelně dal očekávat nejvýraznější vliv imisí SO_2 na obsah síry v jehličí, byl zpracován nejprve tento vztah. Prokázala se významná závislost obsahu síry v jednoletém jehličí na koncentracích SO_2 v průběhu vegetačního období. Významná závislost však vázala i obsah síry v jehličí s průměrnou roční koncentrací s dalšími modifikacemi (Mater na 1981, v tisku).

I. Charakteristika znečištění ovzduší. Zastoupení stanic, sledujících kvalitu ovzduší, v jednotlivých třídách koncentrací SO₂ podle ročního průměru. — Characteristics of air pollution. Participation of stations observing the air quality in the classes of SO₂ concentrations, according to annual mean

Třída μg SO ₂ ·m ⁻³	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	101-110
V roce odběru vzorků k listové analýze									
Počet	1	3	1	4	10	3	2	1	1
V roce předcházejícím roku odběru									
Počet	2	1	4	3	9	9	4		

Tato skutečnost umožňuje vyhnout se přímému porovnání výsledků měření s úrovní výživy jednotlivými prvky a je možno hodnotit vztah mezi koncentrací síry v odpovídajících vzorcích jehličí a některých dalších prvků.

Míru znečištění ovzduší v oblasti je možno posoudit z rozložení průměrných koncentrací v roce odběru vzorků a v roce předchozím — odpovídá podmínkám vývoje letorostů v době odběru a v době vývoje dvouletého jehličí. Z tabulky I, která obsahuje údaje o koncentracích SO₂, je tedy patrné velké rozpětí míry znečištění ovzduší SO₂. V nejnižších hodnotách sotva přesahují neškodné koncentrace, v maximech jde o koncentrace, které vyvolají rozsáhlé odumírání smrkových a borových porostů. Také průměr koncentrací, který je nejčtenější (60–70 μg SO₂·m⁻³) je za obdobných podmínek, jaké jsou v hřebenové části Krušných hor, příčinou výrazného poškození starších smrkových porostů a jejich skupinového nebo i hromadného odumírání. Poškození mlazin, z nichž jsme odebírali vzorky, nebylo v této partii vzorků tak výrazné, většinou postihovalo jen starší ročníky jehličí a jen na dvou lokalitách poškození překročilo stupeň 3, tj. více než 30% zastoupení značně poškozených jedinců.

ÚROVEŇ VÝŽIVY

Průměrné hodnoty koncentrací prvků v jednoletém a dvouletém jehličí z jednotlivých lokalit jsou obsaženy v tabulce II. Analýzami byl postihnout obsah síry, dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku a manganu. Hodnotíme-li úroveň výživy jednotlivými prvky ve srovnání s tím, co se pokládá za hraniční koncentrace (Strebel 1960), zajišťující úroveň minerální výživy pro dobrý růst, docházíme k těmto závěrům:

Dusík — jeho koncentrace ve většině vzorků překračují spodní hranici dobré úrovně výživy (1,35 % v sušině), a to jak v jednoletém, tak ve dvouletém jehličí, které za normálních okolností je dusíkem chudší.

Vápník — jeho obsahy jsou ve srovnání s jinými oblastmi poměrně nízké. Není známa kritická hranice, zmíněná Strebelova práce uvádí velmi dobrý růst smrkových porostů již při koncentraci Ca v jehličí 0,28 % — převážná většina analyzovaných vzorků tuto koncentraci přesahuje.

II. Výsledky listové analýzy. Rozložení četnosti průměrných koncentrací jednotlivých živin v jehličí sledovaných mlazin. — Results of the leaf analysis. Distribution of frequencies of average concentrations of various nutrients in needles of studied young stands

Síra							
v % sušiny	0,110—0,160	0,161—0,210	0,211—0,260	0,261—0,310	0,311—0,360		
jednoleté	8	9	9	9			
dvouleté	2	3	8	6	7		
Dusík							
v % sušiny	1,10—1,20	1,21—1,30	1,31—1,40	1,41—1,50	1,51—1,60	1,61—1,70	1,71—1,80
jednoleté	1	5	6	5	4	4	1
dvouleté	5	4	8	5	4		
Fosfor							
v % sušiny	0,11—0,12	0,13—0,14	0,15—0,16	0,17—0,18	0,19—0,20	0,21—0,22	
jednoleté	2	4	5	7	6	2	
dvouleté	4	7	10	4	1		
Vápník							
v % sušiny	0,20—0,40	0,41—0,60	0,61—0,80	0,81—1,00	1,01—1,20	1,21—1,40	
jednoleté	15	9	2				
dvouleté	2	10	7	6		1	
Hořčík							
v % sušiny	0,04—0,05	0,051—0,06	0,061—0,07	0,071—0,08	0,081—0,09	0,101—0,11	0,111—0,12
jednoleté		2	5	6	8	5	
dvouleté	1	4	3	4	8	5	1

Pokračování tab. II

Draslik							
% sušiny	0,40 – 0,50	0,51 – 0,60	0,61 – 0,70	0,71 – 0,80	0,81 – 0,90		
jednoleté	1	6	13	6			
dvouleté	2	3	9	11	1		
Mangan							
ppm sušiny	200 – 1000	1001 – 2000	2001 – 3000	3001 – 4000			
jednoleté	18	7	1				
dvouleté	6	18	1	1			
Železo							
ppm sušiny	60 – 100	101 – 140	141 – 180	181 – 220	221 – 260	261 – 300	
jednoleté	6	9	5	4	1	1	
dvouleté	2	7	9	4	4		
Zinek							
ppm sušiny	30 – 50	51 – 70	71 – 90	91 – 110	111 – 130	131 – 150	
jednoleté	18	3	4	1			
dvouleté	13	5	4	3		1	

H o ř č í k — celkově lze označit jeho obsahy za velmi nízké, většina průměrných vzorků je pod hranicí 0,1 % Mg v sušině, i když hranice dostatku Mg v jehličí smrku není zcela spolehlivě stanovena, je pravděpodobné, že koncentrace pod 0,1 % již indikuje nedostatek prvků ve výživě. To znamená, že ve většině případů je možno smrkové porosty v Krušných horách i ve Slavkovském lese považovat za nedostatečně vyživené hořčíkem.

D r a s l í k — obsah tohoto prvku přesahuje ve všech případech předpokládanou kritickou hranici, která leží při 0,350 % K v sušině jednoletého jehličí. Je zde možno pozorovat i málo obvyklý jev, že koncentrace draslíku ve starších ročních jehličí jsou vyšší než v jehličí letorostů.

F o s f o r — tím, že koncentrace fosforu ve vzorcích jehličí ze všech sledovaných mlazin leží nad 0,1 % v sušině a převážná většina nad 0,12 %, je zajištěna dostatečná výživa tímto prvkem.

Totéž podle všech dosavadních poznatků lze usuzovat i pro výživu manganem, železem a zinkem.

Shrneme-li tedy poznatky ze zpracování celého souboru výsledků listových analýz, pak lze o nedostatku ve výživě uvažovat především pokud jde o hořčík, a to u převážné části porostů, u menší části je pravděpodobný i určitý nedostatek ve výživě vápníkem a dusíkem.

U těchto dvou prvků je však rozsah ev. nedostatku v míře, která je obvyklá i v jiných oblastech. Nevybočují tedy mimořádně z obecného průměru výživy smrkových porostů v ČSSR.

Jinou otázkou je, zda je možno prokázat v poměrně širokém rozpětí koncentrací kysličníku siřičitého, který na porosty působí, jeho vliv na hladinu některého ze sledovaných prvků, tj. zda imise SO₂ ovlivňují v některém směru výživu smrčin bezprostředně.

Analyzovali jsme tedy vztah mezi hladinou síry v jehličí podle ročníků a koncentrací dalších prvků. Vzhledem k tomu, že koncentrace SO₂ v ovzduší je ve vysoce průkazném vztahu k hladině síry v jehličí odpovídajícího ročníku, je možno považovat existenci vztahu mezi hladinou síry a dalším prvkem za obraz vztahu k míře znečištění ovzduší.

Výsledky analýzy jsou shrnuty v tomto přehledu:

prvek	vztah ke koncentraci síry v jehličí	
	jednoletém	dvouletém
dusík	kladný, vysoce průk.	kladný, vysoce průk.
fosfor	neprůkazný	neprůkazný
draslík	kladný, vysoce průk.	kladný, vysoce průk.
vápník	neprůkazný	neprůkazný
hořčík	neprůkazný	neprůkazný
mangan	neprůkazný	kladný, na hranici průk.

DISKUSE

Uvažujeme-li mechanismy, kterými může znečištění ovzduší ovlivňovat výživu lesních porostů, je zřejmé, že jde o několik cest. Jsou to:

Ovlivnění půdních vlastností, a to zejména na velkých plochách, kyselými složkami imisí — kysličníky síry a kysličníky dusíku — se

všemi následky, jako je ochuzování půdního profilu o bazické látky, uvolňování hliníku a jeho přechod do půdního roztoku až v toxických množstvích (Ulrich 1980, Němec 1952).

Poškození, ev. redukce kořenového systému, redukce mykorrhizy, a to jak nepříznivými půdními změnami, tak i nedostatkem asimilátů, které jsou mykorrhizickým houbám k dispozici.

Přímé ovlivnění asimilačního ústrojí a reakce dřeviny na změny v poměru aniontů a kationtů v asimilačních orgánech vyvolané příjmem a dispozicí plyných sloučenin síry v pletivech.

Změnami v rozkladu opadlé organické hmoty narušením biologické aktivity.

Listovou analýzou je pochopitelně nemožné spolehlivě odlišit, který z uvedených procesů se v daném případě uplatňuje nejvýrazněji. Výsledky krušnohorských listových analýz je možno s pravděpodobností interpretovat tak, že nízká hladina hořčíku a poměrně nízká hladina vápníku jsou důsledkem nízkého obsahu těchto prvků v půdách v přístupné formě i celkem, což vyplývá jak z velmi chudého výchozího půdotvorného substrátu, tak i ze zvýšeného vyplavování, vyvolaného kyselým spadem (Němec 1952).

Příčinou zvyšování hladiny dusíku v jehličí jsou pravděpodobně dusíkaté sloučeniny obsažené v imisích včetně spadu. V některých místech Sokolovské pánve i Krušných hor byly zaznamenány poměrně vysoké spady dusíkatých sloučenin dosahující výše až několika desítek kilogramů dusíku na 1 ha ročně. To se pochopitelně ve výživě rostlin může projevit. Vysoce významná pozitivní korelace mezi obsahem síry v jehličí a obsahem dusíku však naznačuje ještě jednu možnost, kterou je přímý příjem kyslíčnického dusíku, ev. čpavku, z ovzduší asimilačními orgány smrku. Využití plyných dusíkatých sloučenin z ovzduší bylo prokázáno.

Pokud jde o vysoce průkazná zvyšování obsahu draslíku v jehličí smrku v souladu se zvyšující se úrovní znečištění ovzduší. Lze si to vysvětlit jako reakci dřeviny na zvyšování obsahu aniontů přijímaných z ovzduší. Experimentálně byla tato reakce prokázána (Materna 1972).

U metody, které jsme použili jako kritéria pro posouzení vlivu imisí na výživu rostlin, tj. listové analýzy, jsou alespoň dvě skutečnosti, které omezují její možnosti, jak vyjádřit změny nebo je vyhodnotit. Především pro hodnocení výživy je nutno mít na zřeteli nejen koncentraci živiny v jehličí, ale i celkové množství, které je v určité objemové jednotce obsaženo (např. ve 100 jehlicích apod.). Protože v daném případě je vlivem imisí růst porostů značně omezen, např. u nejvíce postižených mlazín je výškový růst omezen na zlomek výškového přírůstu zdravých stromů, nelze vyloučit, že je to působení nedostatkem některého prvku, jehož koncentrace se dnes jeví jako celkem normální.

Druhou skutečností je, že u údajů o kritických koncentracích, odvozených především ze vztahu mezi růstem souboru porostů a hladinou živin v odpovídajících vzorcích jehličí, není soulad ani mezi blízkými oblastmi, které jsou reprezentovány prací Strebelovou (Bavorsko), ani dalšími zjištěními ze Šumavy a Krušných hor (Nebe, Beneš 1959) a z Krušných hor a Vogtlandu (Hunger, Fiedler 1965).

Zhodnotíme-li celkově zjištěné skutečnosti, pak je jasné, že vliv imisí zřetelně ovlivňuje výživu smrčín ve studovaném území. Nelze však zde prokázat ani po dlouholetých intenzivních vlivech všeobecné zhoršení

stavu výživy porostů, ale je nutno posuzovat úroveň výživy jednotlivými živinami odděleně. Je nutno počítat i s tím, že při nižším nebo narušeném zápoji smrkových porostů má značný význam pro koloběh látek i paseční vegetace a keřové patro. I z toho důvodu nelze v této oblasti přijmout představu o všeobecném ochuzování koloběhu látek v ekosystémech.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatura

1. GUDERIAN, R.: Air pollution, Ecological Studies 22, 1977, Springer Verl. Berlin
2. HUNGER, W. H. — FIEDLER, J.: Düngungsdiagnosen für ältere Fichtenbestände des Erzgebirges und Vogtlandes, II. Wachstum und Ernährung der Fichte, Arch. f. Forstw. 14, 1965, s. 963-986
3. LOCHMAN, V.: Dynamika geobiogenů v půdách smrkového porostu a holé seče v imisemi zasažené části Krušných hor. Soubor opatření ke snížení vlivu imisí na lesní hospodářství, 1980
4. MALCOLM, D. C. — GARFORTH, M. F.: The sulfur-nitrogen ratio of conifer foliage in relation to atmospheric pollution with sulfur dioxide. Plant and Soil 47, 1977, s. 89-102
5. MATERNA, J.: Einfluß niedriger Schwefeldioxidkonzentrationen auf die Fichte. Mitt. Forst. Bundes Versuchsanst. Wien 97, 1972, s. 219-232
6. MATERNA, J.: Vztah mezi koncentrací SO₂ v ovzduší a obsahem síry v jehličí smrku. 1981, v tisku
7. NEBE, W. — BENEŠ, A.: Über Standort, Höhenwachstum und Ernährungszustand optimal wachsender Fichtenbestände der Beskiden, des Böhmerwaldes und Erzgebirges. Arch. f. Forstw. 14, 1965, 9, s. 1003-1020
8. NĚMEC, A.: Příspěvek k otázce odumírání smrku v Rudohoří se zvláštním zřetelem ke kouřovým škodám. Práce VÚL 1, 1952, s. 167-226
9. STREBEL, O.: Mineralstoffernährung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (Picea abies) in Bayern. Forstw. Cbl. 79, 1960, s. 17-42
10. ULRICH, B.: Deposition, production and consumption of hydrogen ion in a beech and spruce ecosystem in the Solling District. Int. Conf. on the Ecological Impact of Acid Precipitation, The SNSF Project 1, 50, 1980
11. WOODWELL, G. M.: Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystems. Science 168, 1970, s. 429-433
12. ZINKE, P. J.: Influence of chronic air pollution on mineral cycling in Forest. Proc. Symp. Effects of Air Pollutants on Mediterranean and Temperate Forest Ecosystems, 1980, s. 88-89

МАТЕРНА, Я. (Вýzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady). Питание круšnoгорских ельников. Lesnictví, 27, 1981 (8): 689-698.

На 26 местопроизрастаниях в области Крушных гор и Славковского леса, уже на протяжении примерно 20 лет подверженной сильному влиянию имиссий серного ангидрида, были взяты образцы хвои из еловых молодняков для листового анализа. Уровень загрязнения воздуха в этих местах изучают уже долгое время путем прямого измерения концентраций SO₂. Результаты измерения содержания в воздухе SO₂ (среднегодовые данные) свидетельствуют о значительной различности влияния имиссий (табл. I). Ввиду того, что уже ранее была доказана зависимость между концентрацией SO₂ в воздухе и концентрацией серы в однолетней еловой хвое, на основании отношений между концентрацией серы в хвое и содержанием других элементов тех же образцов, можно судить о влиянии имиссий на питание древесных пород. Можно подытожить, что существует высокостойкая положительная взаимозависимость между концентрацией серы в хвое и концентрацией азота

и калия. Иные зависимости не были установлены. Из этого вытекает, что листовой анализ в данном случае не подтверждает принятые заключения об общем обеднении экосистем в питательных веществах. Отдельные элементы нужно оценивать особо.

лесное почвоведение; ельники; имиссия; листовой анализ

MATERNA, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Nutrition of Spruce Forests in the Ore Mts.* Lesnictví, 27, 1981 (8) : 689-698.

At 26 localities in the Ore Mts. and Slavkovský Forest, which have been exposed intensively to SO₂ immissions for 20 years, samples of needles from spruce young stands were taken for leaf analysis. The level of air pollution has been studied at these localities for a long time by directly measuring SO₂ concentrations. Diversified effects of immissions (Tab. I) are reflected in results of measuring SO₂ in the air (annual means). As a relationship had been demonstrated between SO₂ concentration in the air and S concentration in annual spruce needles, it was possible to estimate the influence of immissions on tree species nutrition from the relationship of S content in needles and the content of other elements in the same samples. It can be concluded that there exists a highly significant, positive correlation between S content in needles and content of nitrogen and potassium. No other relationships could be proved. It can be inferred that the general assumption of nutrient deprivation in the ecosystems has not been confirmed by the leaf analysis. Various elements should be evaluated separately.

forest pedology; spruce stands; immissions; leaf analysis

MATERNA, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *Ernährung erzgebirgischer Fichtenwälder.* Lesnictví, 27, 1981 (8) : 689-698.

Auf 26 Lokalitäten im Gebiet des Erzgebirges und des Kaiserwaldes, das bereits ungefähr seit 20 Jahren dem ausgeprägten Einfluß von SO₂-Immissionen ausgesetzt ist, wurden Nadelproben aus Fichtenjungwüchsen zur Blattanalyse entnommen. Das Niveau der Luftverunreinigung auf diesen Lokalitäten wird bereits längere Zeit mittels direkter SO₂-Konzentrationsmessungen verfolgt. Die Messungsergebnisse des SO₂-Gehalts in der Luft (Jahresmittel) weisen auf eine starke Differenzierung des Immissionseinflusses hin (Tab. I). Da bereits früher die Beziehung zwischen der SO₂-Konzentration in der Luft und der S-Konzentration in einjährigen Fichtennadeln nachgewiesen wurde, war es möglich aus der Beziehung zwischen der Schwefelkonzentration in den Nadeln und dem Gehalt an anderen Elementen in denselben Proben auf die Beeinflussung der Ernährung der Holzart durch die Immissionen zu schließen. Es kann zusammengefaßt werden, daß eine hochsignifikante positive Korrelation zwischen der Schwefelkonzentration in den Nadeln und der Stickstoff- und Kaliumkonzentration besteht. Andere Beziehungen konnten nicht nachgewiesen werden. Daraus folgt, daß die Blattanalyse in diesem Falle den allgemeinen Schluß über eine totale Verarmung der Ökosysteme an Nährstoffen nicht bestätigt. Die einzelnen Elemente müssen gesondert beurteilt werden.

forstliche Bodenkunde; Fichtenwälder; Immissionen; Blattanalyse

MATERNA, J. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady). *La nutrition des jeunes peuplements d'épicéa dans les Monts métalliques.* Lesnictví, 27, 1981 (8) : 689-698.

Sur 26 localités de la région des Monts métalliques et de la forêt Slavkovský qui est déjà exposée pendant environ 20 années à l'influence expressive des immixtions de SO₂, on a prélevé sur les jeunes peuplements d'épicéa les échantillons d'aiguilles pour effectuer l'analyse des feuilles. Le niveau de pollution de l'atmosphère sur ces localités est suivi déjà assez longtemps en procédant à la mesure directe des concentrations de SO₂. Les résultats de la mesure de l'ambiance de SO₂ (moyennes annuelles) montrent qu'il y a une différenciation considérable de l'influence des immixtions (tableau I). Comme on a prouvé déjà auparavant le rapport entre la concentration de SO₂ dans l'atmosphère et la concentration de S dans les

aiguilles annuelles d'épicéa, on peut juger du rapport entre la concentration du soufre dans les aiguilles et la teneur en d'autres éléments dans les mêmes échantillons, à l'influence exercée par les immixtions sur l'alimentation de l'essence. On peut en conclure qu'il existe une corrélation positive hautement importante entre la concentration du soufre dans les aiguilles et la concentration de l'azote et du potassium. D'autres rapports n'ont pu être prouvés. Il en résulte que l'analyse des feuilles ne confirme pas dans le cas mentionné la conclusion commune sur l'appauvrissement général des écosystèmes de matières nutritives. Il est nécessaire d'évaluer séparément les éléments particuliers.

pédologie forestière; jeunes peuplements d'épicéa; immixtions; analyse des feuilles

Adresa autora:

Ing. Jan Materna, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

ZMĚNY PŮDNÍCH EKOLOGICKÝCH PODMÍNEK, ZEJMÉNA CHEMISMU PŮD, V LESÍCH ZASAŽENÝCH PRŮMYSLOVÝMI IMISEMI

V. Lochman

LOCHMAN, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Změny půdních ekologických podmínek, zejména chemismu půd v lesích zasažených průmyslovými imisemi*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 699-714.

V předložené práci je hodnocena změna obsahu přístupných biogenních látek v humusu a půdě smrkových porostů zasažených znečištěným ovzduším. Současně je uveden i výsledek stanovení jejich celkového obsahu v pokryvném humusu. Z opakovaných rozborů je zřejmé okyselování půd zasažených porostů, zejména snižování výměnného pH a současně i pokles přístupného Ca a Mg v humusu a povrchu minerální půdy. Nejintenzivnějšímu vymývání podléhá mangan. Zvyšuje se množství Fe ve výluhu 1% kyselinou citrónovou i celkový obsah rozpustného Al. Zásoba přístupných fosforečnanů stoupá, obsah síranových iontů zůstává bez podstatných změn. Obsah těžkých kovů, který je uvolňován do citrátového roztoku, není zřetelně vyšší než v humusu a půdách nezasažených porostů. Největší dispoziční k dynamice v humusu ploch má K, Mn, Ca a nejnižší Fe, SO_4^{2-} , Cu, Ni. V půdě silně poškozeného porostu je do gravitační vody uvolňován hliník. Rozhodující význam pro vývoj půd má vzdálenost lokalit od zdrojů a nadmořská výška porostů.

pedologie lesnická; chemismus půdní; imise; okyselování půd

Změny ekologických poměrů v půdě lesních porostů způsobené průmyslovými imisemi mají negativní vliv nejen na lesní ekosystém, ale nepřímou i na vodní hospodářství a na změny životního prostředí. Chemismus a množství spadů ovlivňují složení vody v jejím koloběhu, chemismus humusu a půd a podmínky výživy porostů. Kvantitativní změny v obsahu toxicky působících látek ovlivňují průběh půdní biologické činnosti. Souhrnné působení uvedených změn zasahuje do vývoje pedogenetických procesů a vyvolává trvalé zhoršení ekologických vlastností kontaminovaných půd. Studium vlivu přímého působení toxických látek na lesní porosty probíhá u nás v oblastech zasažených exhaláty již od padesátých let, nejvíce se touto problematikou zabývá Materna (1974, 1975).

Změny ve složení půdní biologické složky a její činnosti v imisních oblastech studovali pracovníci VÚLHM a dalších institucí již v uplynulých dvaceti letech [Langkramer 1975, Mrkva a Grunda 1969, Sobotka a kol. 1964]. V posledních letech je také konán výzkum specifických skupin mikroorganismů, zejména mikrobů s metabolismem síry, a výsledky jsou již také publikovány [Lettl 1980, Lettl a kol. 1980]. Vývojem chemismu půd, zejména půdní kyselosti a zásobou živin, se u nás již zabýval Němec (1952), později Materna (1975). V Beskydech sledoval působení exhalátů na obsah síry v půdě Pelíšek (1976). Problematika působení imisí na vývoj půd je i předmětem dlouhodobého výzkumu Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti.

vosti v Jílovišti-Strnadech uskutečňovaného ve spolupráci s Lesoprojektem v Brandýse nad Labem a lesnickou fakultou Vysoké školy zemědělské v Brně.

Předkládaná práce navazuje na výsledky dlouhodobého výzkumu mikrobiální biocenózy a biochemické aktivity půdy, které jsou publikovány Langkramerem a Lettlm (1981). Zabývá se hodnocením vývoje chemismu humusu a půd na výzkumných plochách, kde byl konán komplexní výzkum včetně sledování složení půdní gravitační vody (Lochman, Langkramer, Lettl 1980).

POPIS PLOCH

Pro výzkum vlivu imisí na lesní půdy byly vybrány smrkové porosty v rozdílné vzdálenosti od zdrojů imisí Sokolovské hnědouhelné pánve, které také vykazovaly různý stupeň poškození jehličí. Zčásti byly založeny v roce 1971 (Hrušková, Prameny, Kladská) a další v roce 1974 (Šabina, Trstěnice). Od roku 1977 je také konán výzkum dynamiky biogenních látek a vývoje půd v Krušných horách (Moldava). Pro konfrontaci byly použity i výsledky z oblastí s relativně málo znečištěným ovzduším, z výzkumného objektu Želivka a z výzkumných ploch v polesí Chejlava u Nepomuku. Bližší charakteristika porostů a půd výzkumných ploch je uvedena v tabulce I.

METODIKA

Pro stanovení vývoje chemických vlastností humusu a půdy byly opakovaně odebírány vzorky na laboratorní analýzy. První odběr byl proveden v roce 1974, další v letech 1977 a 1980. Rozbory konala laboratoř půdní kontroly VÚLHM. Ve vzorcích byly stanoveny obsahy celkového organického uhlíku (C_{ox}) mokřým spalováním.

I. Charakteristika výzkumných ploch. — Characteristics of research areas

Plocha	Zastoupení dřevin	Věková třída	Stupeň poškození porostu	Lesní typ	Půdní typ	Geologický podklad	Nadmořská výška v m
Šabina	smrk 10	V	II	<i>Luzulo-abietum</i>	mírně oglejená hnědozem	dvojslídny svor	490
Trstěnice	smrk 10	V	0	<i>Luzulo-abietum</i>	oglejená hnědozem	biotická žula	540
Hrušková	smrk 8 modřín 1 buk 1	VI	II	<i>Luzulo-fagetum</i>	okrová lesní půda	biotická žula	620
Prameny	smrk 10	VI	I	<i>Fagopiceetum</i>	humózní hnědá lesní půda	amfibolit	835
Kladská	smrk 10	IV	0	<i>Fagopiceetum</i>	humózní hnědá lesní půda	biotická žula	870
Moldava	smrk 10	V	III	<i>Fagopiceetum</i>	sl. podzol, hnědá lesní půda	křemenný porfýr	830
Želivka	smrk 10	IV	0	<i>Luzulo-abietum</i>	ilimerizovaná hnědozem	biotická pararula	430

váním, celkový dusík (N_t) metodou Kjeldahlovou, pH skleněnou a kalomelovou elektrodou (Klika a kol. 1954). Pro zjištění zásoby přístupných živin byl použit výluh 1% kyselinou citrónovou. Celkové množství biogenních látek v pokryvném humusu popela kyselinou chlorovodíkovou. V obou extraktech byly stanoveny jednotlivé biogenní látky stejnými metodami. Fosforečnany kolorimetricky s kyselinou molybdenosírovou, SiO_2 a SO_4^{2-} gravimetricky (Hofmann a kol. 1965). Při rozbořech vzorků odebraných v roce 1974 bylo použito pro zjištění vápníku a hořčíku komplexometrické metody (Hraško a kol. 1962), železo kolorimetricky s použitím rhodanidu (Klika a kol. 1954), draslík na plamenném fotometru, stejně tak i sodík. Těžké kovy byly stanoveny na atomovém absorpčním spektrofotometru Varian Techtron (Parker 1969). Od roku 1977 je pro analytické stanovení kationtů využíván atomový absorpční spektrofotometr, pouze železo je určováno s použitím dipyridylu (Hraško a kol. 1962). Při sledování složení gravitační půdní vody bylo měřeno pH skleněnou elektrodou, NO_3^- a NH_4^+ podle Hofmanna a kol. (1965) a ostatní biogenní látky stejně jako při půdních rozbořech (železo je určováno na AAS).

VÝSLEDKY VÝZKUMU

VÝVOJ OBSAHU PŘÍSTUPNÝCH BIOGENNÍCH LÁTEK

Výsledky opakovaných stanovení chemických vlastností půd, včetně pokryvného humusu, jsou uvedeny v tabelárních přehledech (tabulka II). Při srovnání vzorků odebraných v roce 1974 ukazuje naměřené aktivní i výměnné pH půd Slavkovského lesa závislost na nadmořské výšce porostů. Analyzované lesní půdy v Krušných horách mají kyselejší půdní reakci než půdy ve stejné nadmořské výšce buko-smrkového stupně ve Slavkovském lese, kde smrkové porosty vykazují současně i nižší stupeň poškození listových orgánů (Prameny, Kladská). Acidita humusu a půdy poškozovaných smrkových porostů v menší nadmořské výšce (Šabina, Hrušková) odpovídá poměrům zjišťovaným v porostech obdobných souborů lesních typů v oblastech s relativně málo znečištěným ovzduším (Želivka, Chejlava). V odběrech z posledních let sledování (1979–1980) se oproti předchozím projevují poklesy hodnot pH, zejména v porostech se znaky vyššího stupně poškození (Hrušková).

Množství celkového dusíku a jeho poměr k obsahu uhlíku organické hmoty (C_{ox}) zůstává v období sledování téměř stejný a je poměrně příznivý i v oblasti buko-smrkového stupně. Vysvětlení je možno spatřovat ve zvýšeném obsahu amoniaku a nitrátů ve srážkových a půdních vodách zachycovaných v porostech zřetelněji zasažených (Lochman, Langkramer, Lettl 1980a). Problematikou dusíku v půdách námi sledovaných ploch se zabývá samostatná práce (Langkramer, Lettl 1981).

Zásoba přístupného vápníku je stejně jako hodnoty pH humusu na jednotlivých plochách Slavkovského lesa nepřímou úměrná nadmořské výšce a současně i vzdálenost lokalit od zdrojů imisí. V lesních půdách Krušných hor byly zjištěny nižší obsahy, zejména v odumřelých nebo odumírajících porostech (Lesná, Klíny). Vyrovnanější množství přístupného vápníku obsahují minerální horizonty. Ze srovnání výsledků opakovaných rozborů z let 1974–1980 vyplývá, že na plochách Hrušková a Prameny je zřejmý pokles obsahu přístupného vápníku v humusovém horizontu A_0 .

Hořčík je obsažen v humusu a půdě výzkumných ploch ve vyrovnanějším množství. Půdy v porostech menších nadmořských výšek (Šabina, Trstěnice) mají vyšší zásobu vyluhovatelného hořčíku, zejména

II. Změny chemismu půd výzkumných ploch. — Changes in soil chemism on experimental areas

Plocha	Rok	pH		Celkový C _{ox} %	C : N	Obsah biogenních látek vyluhovaných 1 % kyselinou citrónovou											
		akt.	vým.			Na	K	Mg	Ca	Zn ppm	Mn	Fe	Al	Cu	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂
Hrušková																	
L (A ₀₁)	1974					40	548	111	840	42	288	224	—	4	—	—	—
	1977	4,2	4,1	41,3	27,7	24	489	52	1475	15	191	320	—	2	321	466	134
	1980	4,2	3,4	31,1	25,1	46	135	49	851	9	125	775	875	3	492	362	2566
F (A ₀₂)	1974	3,8	3,0	34,0	23,6	44	212	100	1100	42	280	448	—	5	—	—	—
	1977	4,2	4,0	37,2	25,8	32	274	84	1449	16	154	780	—	2	500	362	554
	1980	4,0	3,2	31,3	26,3	39	100	48	711	10	113	875	1125	3	481	206	740
H (A ₀₃)	1974	3,6	2,7	31,8	25,0	24	108	90	1000	22	192	616	—	3	—	—	—
	1977	3,9	3,7	26,2	28,0	32	136	55	926	13	61	800	—	2	302	286	94
	1980	3,7	3,0	31,4	27,3	39	113	60	701	11	100	750	1125	1	340	192	466
0—10 cm	1974	4,1	4,0	1,4	16,6	—	37	13	103	—	—	400	—	—	267	—	2000
	1977	3,7	3,5	2,7	24,3	14	54	30	195	2,7	23	1450	850	0,5	156	162	497
	1980	3,6	2,9	2,8	20,7	14	51	25	137	2,3	29	1312	625	1,3	124	96	803
10—20 cm	1974	4,7	4,6	0,75	15,3	—	40	7	85	—	—	266	—	—	—	—	2357
	1977	4,0	4,2	0,84	12,7	16	33	19	129	1,8	87	650	650	0,4	50	94	1333
20—30 cm	1974	4,9	4,8	0,36	4,0	—	36	13	117	—	—	166	—	—	76	—	2020
	1977	4,3	4,3	0,32	9,1	10	44	11	100	1,7	111	590	1100	0,4	54	74	1807
30—40 cm	1974	5,0	4,8	—	—	—	32	24	107	—	—	300	—	—	254	—	750
	1977	4,0	4,4	0,48	10,7	12	40	11	113	1,8	104	660	1650	0,4	197	30	2507

1. Pokračování tab. II

Plocha	Rok	pH		Celkový C _{ox} ‰	C : N	Obsah biogenních látek vyluhovaných 1 ‰ kyselinou citrónovou											
		akt.	vým.			Na	K	Mg	Ca	Zn ppm	Mn	Fe	Al	Cu	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Si ₂ O
40—55 cm	1977	4,0	4,5	0,09	12,8	11	58	10	200	2,6	34	435	4780	0,4	864	98	1287
Prameny																	
L (A ₀₁)	1974	—	—	—	—	36	600	185	600	21	320	144	—	3,0	—	—	—
	1977	4,2	3,9	44,4	40,00	22	455	90	1099	12	86	158	—	1,5	313	350	194
	1980																
F (A ₀₂)	1974	3,5	3,0	38,4	24,8	44	312	120	1060	25	192	212	—	3,0	—	—	—
	1977	3,8	3,7	31,6	26,5	32	191	70	1277	19	96	690	—	1,8	275	422	166
	1980	3,6	2,8	34,8	24,0	40	235	85	695	18	75	456	625	0,9	321	391	280
H (A ₀₃)	1974	3,4	2,9	33,0	23,8	37	92	105	680	21	100	290	—	2,5	—	—	—
	1977	3,5	3,4	30,1	28,7	36	96	110	1264	25	36	650	—	0,7	222	468	180
	1980	3,6	2,8	25,5	23,8	27	113	112	430	12	30	775	750	0,5	231	187	300
0—20 cm	1974	4,2	4,1	4,7	21,4	—	47	19	161	—	—	866	—	—	115	—	4597
	1977	3,9	3,8	4,2	17,3	17	37	65	170	4,4	24	1830	—	0,9	53	88	2330
20—40 cm	1974	4,8	4,6	3,3	15,4	—	25	13	106	—	—	341	—	—	98	—	5753
	1977	4,4	4,7	3,1	16,0	10	44	15	113	2,2	48	940	—	0,9	90	126	3960
Kladská																	
L (A ₀₁)	1974	—	—	—	—	28	600	120	720	20	184	224	—	3,0	—	—	—

2. Pokračování tab. II

[illegible]

3. Pokračování tab. II

Plocha	Rok	pH		Celkový C _{ox} %	C : N	Obsah biogenních látek vyluhovaných 1% kyselinou citrónovou											
		kat.	vým.			Na	K	Mg	Ca	Zn ppm	Mn	Fe	Al	Cu	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂
F (A ₀₂)	1974	4,0	3,6	43,0	38,4	48	148	95	1140	15	184	942	—	6	—	—	—
	1977	4,1	4,0	31,7	23,5	43	340	100	1600	14	186	1180	1300	3	481	550	2140
	1980	4,4	3,3	25,2	17,1	39	315	116	1250	17	420	938	1375	5	445	550	574
H (A ₀₃)	1974	3,8	3,6	36,0	30,0	34	68	75	770	15	184	1028	—	6	—	—	—
	1977	3,7	3,7	30,1	22,6	27	174	63	1079	11	80	1000	3600	1,5	142	346	1026
	1980	3,9	3,2	24,4	18,2	40	232	72	750	12	112	1250	1500	2,5	481	504	3200
0—10 cm	1974	3,8	3,7	1,5	18,7	—	26	26	149	4,0	710	766	—	1,3	36	252	257
	1977	4,0	3,9	1,8	16,4	9	32	50	348	3,0	80	975	1750	0,8	36	227	1940
10—40 cm	1974	4,5	4,4	0,19	3,7	—	48	65	245	3,0	172	333	—	1,0	17	384	217
10—20 cm	1977	4,2	4,0	1,00		13	23	34	225	3,1	243	695	1600	1,1	27	230	880
20—30 cm	1977	4,4	4,1	0,57		13	17	22	240	2,8	280	450	1370	0,6	25	252	1210
30—40 cm	1977	4,0	4,2	0,40	5,7	14	16	40	365	3,0	171	510	1250	0,5	27	348	1913
40—55 cm	1974	5,4	4,7	0,17	4,0	—	51	78	458	1,3	55	266	—	0,6	17	264	287
40—45 cm	1977	4,2	4,5	0,32	6,5	12	22	40	340	2,2	140	465	1050	0,5	17	401	647
45—50 cm	1977	4,5	4,3	0,30		12	29	66	476	1,8	61	290	770	0,6	27	371	343

Plocha	Rok	pH		Celkový C _{ox} %	C : N	Obsah biogenních látek vyluhovaných 1% kyselinou citrónovou											
		akt.	vým.			Na	K	Mg	Ca	Zn ppm	Mn	Fe	Al	Cu	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂
Moldava																	
L (A ₀₁)	1977	3,6	2,9	44,2	21,9	—	473	103	750	11	30	598	250	—	551	624	492
F (A ₀₂)	1977	3,6	2,7	36,1	22,9		183	62	526	9	20	1366	550	—	286	329	380
H (A ₀₃)	1977	3,2	2,5	34,4	25,7		121	70	561	9	10	1132	600	—	241	285	280
0—8 cm	1977	3,2	2,3	6,4	13,9		34	22	126	8,5	10	1999	700	—	214	113	363
8—15 cm	1977	3,3	2,5	3,8	21,0		51	23	113	6,5	20	6330	1075	—	124	247	90
15—35 cm	1977	3,9	3,5	2,2		—	21	13	62	5,5	20	4331	2000	—	53	305	307
35—70 cm	1977	4,2	4,1	1,4	18,0	—	22	9	45	7,5	10	483	3500	—	338	119	867
70—100 cm	1977	4,3	4,2	—	—	—	21	10	58	7,5	10	307	1450	—	156	55	500
Chejlava																	
L (A ₀₁)	1978	4,0	3,4	45,2	32,7	—	639	206	2651	44	1200	250	—	—	963	290	68
F (A ₀₂)	1978	4,7	3,8	34,5	23,2	—	398	149	2451	37	1500	550	—	—	650	571	194
H (A ₀₃)	1978	4,4	3,6	20,8	19,6	—	367	149	1675	49	2920	1000	—	—	374	396	776
Želivka																	
0— 8 cm	1975	3,9	3,8	1,81	—	—	61	45	171	3,8	288	767	—	1,0	31	258	363
8—25 cm	1975	—	—	0,4	—	—	57	149	480	1,9	590	800	—	0,8	27	340	320
25—40 cm	1975	4,9	4,1	0,13	—	—	83	79	693	—	18	400	—	1,5	13	186	433

III. Podíl biogenních látek vyluhovatelných 1% kyselinou citrónovou k celkovému obsahu v procentech v pokryvném humusu ploch Šabina, Hrušková, Prameny, Kladská. — The proportion of biogenetic substances extractible by 1% citric acid in the total content expressed in per cent in surface humus on the areas Šabina, Hrušková, Prameny, Kladská

Vrstva	Rok	Maximální a minimální hodnoty v %											
		Na	K	Mg	Ca	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni	Cr	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
L	1977	—	93	9–35	25–39	23–40	—	22–51	5–16	—	—	5–10	7–13
	1980	20	22	9	28	7	5–6	33	8	1	16	11	14
F	1977	—	47–52	6–14	23–44	32–36	—	29–58	3–12	—	—	4–10	13–30
	1980	15–30	16–43	8–17	27–28	21–60	2–5	33–45	5–8	2–7	13–21	5–10	11–16
H	1977	—	18–25	6–7	31–39	27–50	—	28–42	7–11	—	—	4–10	13–20
	1980	18–30	13–21	4–16	21–36	10–21	2–3	20–36	8–10	5–17	11–20	5–7	8–15

v pokryvném humusu, než půdy porostů buko-smrkového stupně. Pokles jeho zásoby během let sledování je patrný v pokryvném humusu plochy Hrušková a Prameny. Zásoba přístupného draslíku je v půdních profilech ploch Slavkovského lesa vyrovnaná. V pokryvném humusu jsou nejvyšší hodnoty na níže položené ploše Šabina a na méně zasažené ploše Kladská. Změny obsahu při opakovaných odběrech nevykazují v jednotlivých horizontech a vrstvách půdy jednotnou tendenci. Je možno konstatovat pokles zásoby přístupného draslíku v pokryvném humusu na Hruškové a jeho nárůst na Šabině.

Obsah železa v citrátovém výluhu je nejvyšší v humusu a půdách porostů buko-smrkového stupně. Maximální koncentrace byly nalezeny v horizontech A_h půdních profilů na plochách Moldava a Kladská (6300 a 5100 ppm). Při opakovaných rozborech v letech 1974, 1977 a 1980 je patrný růst vyluhovatelného železa ve vrstvě F (A_{02}) a H (A_{03}) pokryvného humusu a zejména v povrchových horizontech minerální půdy na plochách Hrušková, Prameny, Kladská. Na ploše Šabina je růst méně zřetelný.

Zásoba přístupného manganu je v organické hmotě nadložního humusu (A_0) poměrně velká, klesá od vrstvy L (A_{01}) do vrstvy H (A_{03}) a minima dosahuje v horizontu A minerální půdy. Z tabelárního přehledu je patrna rozdílná zásoba manganu výše položených ploch oproti půdám porostů dubo-bukového stupně, kde je zřetelně vyšší. Zatímco v humusu lesních půd Krušných hor jeho koncentrace nepřekračují 30 ppm, vystupují v pokryvném humusu na Chejlavě téměř na 3000 ppm. Příčinu této skutečnosti je možno hledat i v působení imisních látek rozpuštěných v půdní vodě. Opakované rozbory ukazují pokles koncentrace rozpustného manganu na všech lokalitách zasažených imisemi. Množství přístupného zinku je v humusu ploch zasažených imisemi nižší než mimo oblast znečištění ovzduší (Chejlava) a v průběhu sledování jejího vývoje se zřetelně snižuje. V minerální půdě jsou obsahy na všech plochách vyrovnanější, klesají s hloubkou profilu a jsou vzhledem k hmotnosti vzorků podstatně nižší.

Zásoba přístupné mědi na většině odběrových míst v humusu poklesá a v minerální půdě zůstává na stejné úrovni, která dosahuje hodnot zjišťovaných v půdách imisemi nenarušovaných lesních ekosystémů (Želivka).

Stanovení množství hliníku ve výluhu vzorků 1% kyselinou citrónovou bylo konáno v odběrech od roku 1977. Podle zásoby a dynamiky přístupného hliníku v půdním profilu porostu na Moldavě je možno předpokládat jeho zvýšenou přítomnost i na ostatních imisemi silně zasažených plochách.

Hodnocení obsahu fosforečnanů v pokryvném humusu a minerální půdě nevykazuje souvislost se stupněm zasažení porostů imisemi, ale spíše s jeho obsahem v matečném substrátu. Poměrně velké množství přístupného fosforu (PO_4^{3-}) bylo zjištěno v půdním profilu půdy porostů na Moldavě a Hruškové v hloubce pod 40 cm.

Podle našich šetření je koncentrace síranů, jež jsou vyluhovatelné 1% kyselinou citrónovou, v půdách jednotlivých ploch poměrně vyrovnaná, i když je možno na plochách intenzívně zasažených imisemi pozorovat zvýšení jejich obsahu (Moldava, Šabina). Rozbory opakovaných odběrů neukazují stejné vývojové tendence na všech plochách v jednotlivých pedogenetických horizontech a vrstvách humusu.

IV. Dynamika biogenních látek v půdní gravitační vodě plochy Moldava v období říjen 1977 až prosinec 1978. — Dynamics of biogenetic substances in soil gravitational water on the area Moldava from October 1977 to December 1978

Hloubka lyzimetru	Anionty celkem mval	Kationty celkem mval	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Z toho Mg ²⁺ mval	Ca ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	H ⁺ mval
pod A ₀	981	745	131	36	69	62	273	137	8	249
20 cm	668	746	45	20	22	44	157	448	3,5	75
50 cm	599	745	5	29	8	32	97	566	0,7	37

DYNAMIKA BIOGENNÍCH PRVKŮ V PŮDNÍM PROFILU

Složení půdní vody a chemismus půd se vzájemně ovlivňují. Dynamika biogenních látek zprostředkovaná vodou je jedním z hlavních faktorů změn chemismu půdy. V tabulce V je uvedeno celkové množství aniontů a množství vodíkových iontů, zachycených s gravitační vodou, a současně i jednotlivé kationty, které mají význam pro vývoj půdních vlastností (NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Al³⁺, Fe³⁺). Údaje jsou z období od října 1977 do konce roku 1978. Z předložených dat je zřejmá změna poměrů aniontů a kationtů (v miligramekvivalentech) v gravitační vodě zachycované lyzimetrem v hloubce 20 cm oproti gravitační vodě odtékající z humusového horizontu, kde převažují anionty. Celkové množství transportovaných kationtů zpravidla klesá až na hliník, jehož koncentrace v gravitační vodě a celkově vymývané množství roste. Dynamika sodíku zůstává zachována díky značnému růstu jeho koncentrace v půdní vodě s hloubkou profilu. Zvýšené vymývání hliníku v povrchové části půdy je spojeno se silným narůstáním koncentrací, které ve sledovaném období dosáhly průměrné hodnoty 21 mg.l⁻¹ (v hloubce 50 cm). Valenčně pokrývá suma Al³⁺ přibližně 75 % celkového množství kationtů.

Velmi silný růst dynamiky hliníku kontrastuje se snižováním koncentrace železa (Lochman, Langkramer, Lettl 1980a), a tím i snižování jeho dynamiky, ačkoliv jeho zásoba stanovená v půdě výluhem 1% kyselinou citrónovou je také vysoká. Dosahuje maxima v povrchových horizontech minerální půdy (do 35 cm), zatímco maximum rozpustného hliníku je v hlubších horizontech. Rozpustný hliník v gravitační vodě je zřejmě ukládán v půdním profilu hlouběji než 50 cm. Ve vodě nedalekého pramene zůstává jeho koncentrace 0,5 mg.l⁻¹.

DISKUSE A ZÁVĚRY

Opakované rozbory půd na dlouhodobě sledovaných plochách a porovnání výsledků s údaji získanými v oblastech imisemi málo zasažených potvrzují, že imisní látky působí nejen fyziologicky na listové orgány vegetace, ale také podstatně ovlivňují chemismus lesních půd.

Všeobecně je pozorovatelné zvyšování kyselosti půd, zejména na jejich povrchu. Toto zjištění koresponduje s dlouhodobým sledováním pH půd na společných plochách ve Slavkovském lese, které konali od roku

1971 do roku 1979 Langkramer a Lettl (1981). Uvedená skutečnost je známa i ze zahraniční literatury, která byla přehledně zpracována Samkem (1979). Vyšší pH humusu a půdy ploch ve Slavkovském lese je vysvětlitelné méně nepříznivým působením imisí v této oblasti oproti Krušným horám.

V gravitační vodě odtékající z pokryvného humusu (z horizontu A_0) do půdního horizontu A je koncentrace vodíkových iontů, forma biogenních prvků a jakost humusových látek podstatně ovlivněna půdní biologickou činností a zásobou látek schopných neutralizace pH. To také vysvětluje relativně příznivější poměry pH na plochách s intenzivněji poškozovanými porosty a s vyšším podílem suchého spadu (Hrušková, Šabina) v porovnání s pH vody zachycované na plochách od zdrojů vzdálenějších a s humidnějším klimatem (Lochman, Langkramer, Lettl 1980a).

Zásoba přístupného draslíku, hořčíku a vápníku odpovídá stupni nasycení a velikosti sorpčního komplexu. Draslík je prvkem, který má v biologickém koloběhu vysokou dynamiku (Lochman 1978, 1980a, Lochman, Langkramer, Lettl 1980a). Vzestup obsahu K v pokryvném humusu, zejména ve vrstvě L (A_{01}), je možno vysvětlit rozšířením přízemní vegetace (trav). Zvýšení celkového obsahu draslíku nelze jednoznačně vysvětlit.

Vyšší zásoba přístupných forem vápníku a hořčíku v půdě i celkového množství v pokryvném humusu je patrna na plochách v nižších nadmořských výškách a současně je nepřímou úměrná vzdálenosti ploch od hlavních zdrojů znečištění ovzduší. Při opakovaných rozbořech byl zjištěn relativně vyšší pokles celkového obsahu vápníku. Může souviset s pokročilejší mineralizací organické hmoty v prosvětlovaných porostech nebo s intenzivnějším vyluhováním anorganických komponentů humusového horizontu. Dlouhodobější působení imisí, průběh přirozených pedogenetických procesů před obdobím působení imisí a složení matečné horniny jsou zřejmě příčinami nižšího zásobení půdního sorpčního komplexu kationty v Krušných horách.

Z kovů jsme největší pozornost věnovali železu, zinku, manganu a hliníku. Zn a Mn jsou zařazovány do mikroprvků, i když jejich obsahy v rostlinném materiálu a v okapové i půdní vodě jsou vysoké a u manganu často větší než u železa (Lochman 1978, Lochman, Langkramer, Lettl 1980b).

Kritériem pro hodnocení vývoje zásoby těžkých kovů v humusu a půdách poškozovaných porostů může být jejich zásoba v oblastech s relativně nižším znečištěním atmosféry. Z porovnání výsledků vyplývá, že nezasazené lesní půdy v dubo-bukovém stupni mají zpravidla vyšší zásobu Mn a Zn, zejména v pokryvném humusu. Obsah Cu je vyrovnaný nebo vyšší na plochách ovlivněných imisemi. Srovnání našich výsledků se zahraničními údaji je problematické vzhledem k odlišnosti metodik i typů půd. Podle Zyrina a kol. (1979) zapadají naše zjištění do širokého rozmezí koncentrací v půdách SSSR. Podstatným dopadem imisí na chemismus půd je snižování obsahu manganu, které se nejvíce projevuje v lesních půdách Krušných hor, zejména v odumřelých porostech nebo na sečích (Lochman 1980b). Toto zjištění odpovídá výsledkům šetření Lesprojektu v Brandýse nad Labem (Pokorný 1979).

Zvýšení přítomnosti rozpustného železa v pokryvném humusu a povrchových horizontech minerální půdy se projevuje na lokalitách, kde

současně také došlo ke snížení pH půdního materiálu. Vysoký podíl nerozpustného Fe v humusu ukazuje, že oxidy železa jsou stabilní i při poměrně nízkém pH půdního prostředí i v roztoku kyseliny citrónové. Půdní gravitační voda s minimálním pH pod 3,5 transportuje poměrně malá množství železa ve srovnání s množstvím extrahovatelným v citrátovém výluhu s pH 2,3. Obsah železa stoupá v pokryvném humusu od vrstvy L do H a jeho maximální koncentrace je v horizontu A obohacovaném humusovými látkami. Až do tohoto horizontu také proniká gravitační voda s vyšším obsahem rozpuštěného Fe (Lochman 1978, 1980a, 1980b). Tato vazba železa na humusové látky a jeho transport probíhá v půdách s podzolizačním procesem (Zanelli 1971, Djakonova 1971). Djakonova (1971) také uvádí, že v lyzimetrických vodách podzolových půd byly nalezeny vyšší koncentrace Al než Fe. Zanelli (1971) zjistila maximum koncentrace Al hlouběji než maximum Fe, což vysvětluje menší stabilitou oxidů hliníku než oxidů železa v kyselém prostředí. Uvolňování hliníku z krystalických mřížek jílových minerálů v kyselém prostředí a tvorbu hydroxidů popisuje Laatsch (1954) a také Low, Black (1947).

Zásoba přístupného fosforu je v pokryvném humusu a v celém půdním profilu ploch zasažených imisemi poměrně vysoká, současně byl v humusovém materiálu zjištěn velký podíl vázaného fosforu v organické hmotě, popř. v nerozpustných anorganických sloučeninách. Vzestup obsahu P v humusu odpovídá poklesu rozpuštěných fosforečnanů v gravitační vodě odtékající z horizontu A₀ (Lochman, Langkramer, Lettl 1980a).

Uvolňování velkého množství fosforečnanů z půdního materiálu působením kyseliny citrónové odpovídá zjištění Schwertmanna (1968), že oxidy železa silně adsorbují citráty, a tím mohou tyto ionty konkurovat adsorbovaným fosforečnanům a zvyšovat jejich přístupnost. (Cole a Jackson 1951) se domnívají, že na sorpci P působí především sloučeniny hliníku. Z uvedených zjištění vyplývá, že růst přístupného P/PO_4^{3-} v půdě, stanoveném v citrátovém výluhu, je zřejmě způsobován jeho uvolňováním z pevných vazeb s oxidy Fe a Al při rostoucí aciditě půdního prostředí.

Síra je v pokryvném humusu vázána přibližně z 90 % pevnou vazbou jako důležitý element v humusu přítomných aminokyselin. Převážné množství extrahované síry je v povrchových půdních horizontech ve formě síranů (Lochman a kol. 1981).

Výsledky vyhodnocení chemismu půd pod imisemi poškozovanými porosty Krušných hor, které uvádí Pokorný (1979), se v podstatě shodují s našimi v tom, že dochází k soustavnému okyselování půd, ke vzestupu obsahu výměnného H^+ , Al^{3+} a sloučeniny síry. Pokorný také uvádí, že tyto půdy jsou bohatší přístupným dusíkem, fosforečnany a draslíkem a největší ochuzení se projevuje u celkového obsahu manganu a vápníku.

SOUHRN

V předložené práci je zhodnocena změna obsahu přístupných biogenních látek v humusu a půdě smrkových porostů zasažených imisemi. Současně je uveden i výsledek stanovení jejich celkového obsahu v pokryvném humusu. Z porovnání opakovaných rozborů je zřejmé okyselo-

vání půd zasažených porostů, zejména snižování výměnného pH a současně i pokles obsahu přístupného Ca a Mg v humusu a povrchu půdy. Nejzřetelnější vymývání se projevuje u Mn. Zvyšuje se množství Fe ve výluhu 1% kyselinou citrónovou i celkový obsah Fe v pokryvném humusu. V půdách, kde nastalo značné zvýšení acidity, stoupá obsah rozpustného Al. Zásoba přístupných fosforečnanů se zvyšuje a síranových iontů zůstává bez podstatných změn. Obsah rozpustných těžkých kovů není vyšší než na plochách nezasažených (Zn, Cu, Ni, Cr). Z podílu přístupných biogenních látek na celkovém obsahu je možno vyvodit, že největší dispozici k dynamice má v humusu ploch K, Mn, Ca a nejnižší Fe, SO_4^{2-} , Cu, Ni. V půdním profilu, kde v gravitační vodě převažují anionty silných kyselin nad kationty a je velká koncentrace H^+ iontů, nastává uvolňování hliníku a jeho transport. Nejvyšší acidifikace a eluace půd se nemusí projevit v porostech v blízkosti zdrojů imisí. Rozhodující význam pro vývoj půd má vedle množství i složení spadů, které závisí na vzdálenosti lokalit od zdrojů, a nadmořská výška a mikroklima porostů ovlivňující pedogenetický proces.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatura

1. COLE, C. V. — JACKSON, M. L.: Solubility equilibrium constant of dihydroxy aluminium dihydrogen phosphate relating to mechanism of phosphate fixation in soils. *Soil Sci. Am. Proc.* 15, 1951, s. 84-89
2. DJAKONOVA, K. V.: Peculiar features of natural soil leachates from certain types of soil and their role in modern soil formation process. *Transactions of the International Symposium "Humus et Planta" V*, s. 401-409, Praha 1971
3. HOFMANN, P. — HAVRÁNEK, M. — ČUTA, J. — CHALUPA, J. — MADERA, V. — HAMÁČKOVÁ, J. — KOHOUT, M.: Jednotné metody chemického rozboru vod. SNTL, Praha 1965
4. HRAŠKO, J. a kol.: Rozbory pôd. SVPL, Bratislava 1962
5. KLIKA, J. — NOVÁK, V. — GREGOR, A.: Praktikum fytoecologie, klimatologie a půdoznalství. Praha 1954
6. LAATSCH, W.: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden u. Leipzig, 1954
7. LANGKRAMER, O.: Vliv imisí na mikrorganismy a jejich činnost ve svrchních horizontech půd smrkových porostů. *Lesnictví* 21, 1975, s. 591-610
8. LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Změny ekologických poměrů v půdě smrkových porostů, zasažených průmyslovými imisemi. *Práce VÚLHM* 59, 1981, v tisku
9. LETTL, A.: Vliv některých sloučenin síry na růst semenáček smrku. *Lesnictví* 26, 1980, s. 1039-1050
10. LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Dynamics of oxidation of inorganic sulphur compounds in upper horizons of spruce forest soils. *Folia Microbiol.*, 26, 1981, v tisku
11. LOCHMAN, V.: Změny obsahu rozpuštěných látek ve srážkové a půdní vodě ve vztahu k různým péstebním zásahům ve smrkovém porostu. *Práce VÚLHM*, sv. 52, 1978, s. 7-22
12. LOCHMAN, V.: Dynamika biogenních prvků v půdě smrkového porostu a na holé seči. *Lesnictví* 26, 1980, s. 577-586
13. LOCHMAN, V.: Dynamika geobiogenů v půdách smrkového porostu a holé seče v imisemi zasažené části Krušných hor. *Krajské symposium Soubory opatření ke snížení vlivu imisí na lesní hospodářství, Hřensko 1980*. Vyd. Dům techniky ČSVTS Ústí nad Labem
14. LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Ekologické důsledky vlivu znečištění ovzduší v lesních ekosystémech. *Závěrečná zpráva dílčího úkolu C 16-331-102-02, VÚLHM 1980a*
15. LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Dynamika biogenních látek a jakost vody v různých fázích oběhu pod vlivem lesa a jeho hospodaření.

Завěреčná зpráva dílčího úkolu C 16-331-101-04, VÚLHM Jíloviště - Strnady 1980b

16. LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Okyselování vody a lesní půdy vlivem kyselých srážek. Lesnictví, 1981, v tisku
17. LOW, P. F. — BLACK, C. A.: Phosphate induced decomposition of kaolinite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12, 1947, s. 180-184
18. MATERNA, J.: Vliv znečištění ovzduší na lesní porosty v zájmovém území Sokolovské pánve. Závěrečná zpráva VÚLHM, Jíloviště - Strnady, 1974
19. MATERNA, J.: Lesní hospodářství a zemědělství v oblastech postižených imisemi. Závěrečná zpráva VÚLHM, Jíloviště - Strnady, 1975
20. MRKVA, R. — GRUNDA, B.: Einfluß von Immissionen auf die Waldböden und ihre Mikroflora im Gebiet von Südmähren. Acta Univ. Agric. (Brno), Fac. silvicult. (C), 38, 1969, s. 247-270
21. NĚMEC, A.: Příspěvek k otázce odumírání smrku v Rudohoří se zvláštním zřetelem ke kouřovým škodám. Práce výzkumných ústavů lesnických, Praha 1952, s. 167-227
22. PELÍŠEK, J.: Účinky plyných exhalátů Ostravska na lesní půdy Moravskoslezských Beskyd. Lesn. práce 55, 1976, s. 511-513
23. POKORNÝ, P.: Vliv průmyslových imisí na lesní porosty a půdy v Krušných horách. Závěr. zpráva postgraduál. studia, přírodovědecká fakulta UK Praha, 1979
24. SAMEK, V.: Funkční poruchy ekosystému lesa v oblastech postižených imisemi. Závěrečná zpráva dílčího úkolu C 16-331-102-12, VÚLHM Jíloviště - Strnady, 1979
25. SCHWERMANN, U. — FISCHER, W. R. — PAPENDORF, H.: The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. Int. Congr. Soil Sci. Trans. 9th (Adelaide) 1968, I, s. 645-665
26. SOBOTKA, A. a kol.: Mikrobiologický výzkum lesních půd podle lesních typů. IV. — Krušné hory. Záv. zpráva dílčího úkolu č. 8612, VÚLHM Zbraslav - Strnady 1964
27. ZANELLI, S.: Iron and aluminium complexed by organic matter — chemical indicators of some pedogenetic processes. Transactions of the International Symposium Humus et Planta V, s. 293-300, Praha 1971
28. ZYRIN, N. G. — MOTUZOVA, G. V. — SIMONOV, A. I.: Mikroelementy (B, Mn, Cu, Zn) v počvach Zapadnoj Gruzii. Soděržaniye i formy mikroelementov v počvach, s. 3-159, Izd. Mosk. univ., 1979

ЛОХМАН, В. (Вýzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). Изменения почвенных экологических условий, особенно химизма почв в поврежденных промышленных выбросами лесах. Lesnictví, 27, 1981 (8): 699-714.

В работе оценено изменение содержания доступных геобиогенов в гумусе и в почве еловых насаждений, поврежденных промышленными выбросами из Соколовского и Северочешского угольных бассейнов. Одновременно приводится результат определения их общего содержания в покровном гумусе. Из наблюдений повторных анализов очевидно окисление почв пораженных насаждений, в особенности же снижение обменного pH и одновременно также снижение содержания доступного Ca и Mg в покровном гумусе и в поверхности минеральной почвы. Самое сильное вымывание проявляется у Mn. В экстрагированной 1 % лимонной кислотой почве повышается содержание железа, а в покровном гумусе и общее его содержание. В почвах с сильно увеличенной кислотностью возрастает содержание растворимого алюминия. Запас доступных фосфатов увеличивается, а у сульфатных ионов он остается без существенных изменений. Присутствие тяжелых металлов в растворимой форме не выше, чем на неповрежденных промышленными выбросами площадях (Zn, Cu, Ni, Cr). По доле доступных геобиогенов в общем содержании можно судить, что наибольшую расположенность к динамике в гумусе площадей имеют K, Mn, Ca, а наименьшую Fe, S, Cu, Ni. В почвенном профиле, в котором в гравитационной воде преобладают анионы сильных кислот над катионами и в котором большая концентрация H^+ ионов, происходят освобождение алюминия и его транспорт.

Наибольшие окисления и элюирование почв не обязательно проявляется в насаждениях, ближе всего расположенных к источникам промышленных выбросов. Решающее значение для развития почв, наряду с количеством и составом выбросов, имеют также высота над уровнем моря и микроклимат лесонасаждений, влияющий на почвенно-генетический процесс.

лесное почвоведение; химизм почв; промышленные выбросы; окисление почв

LOCHMAN, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Changes in Ecological Conditions, Mainly in Soil Chemism in Forests Exposed to Industrial Immissions*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 699-714.

A change is evaluated in the content of available biogenetic substances in humus and soil of spruce forests exposed to industrial immissions from sources in the Sokolov and North Bohemian basin. The result of determining their total content in surface humus is given. The observations and analyses show that the soils in exposed forest stands are acidified, exchange pH drops and the content of available Ca and Mg in surface humus and mineral soils decreases. Mn elution is obvious. In soil eluted with 1% citric acid Fe content increases, the total content increases in surface humus. In soils where acidity has risen strongly, the content of soluble Al increases. The reserve of available phosphates is augmented and that of sulphate ions remains at the same level. The content of heavy metals in soluble form does not exceed the content on intact areas (Zn, Cu, Ni, Cr). It can be stated from a proportion of available biogenetic substances in the total content that K, Mn, Ca are liable to greatest dynamics in humus on these areas, Fe, S, Cu, Ni to lowest dynamics. In the soil profile where anions of strong acids prevail over cations in gravitational water and H^+ ion concentration is large, aluminium is released and transported.

Soil acidification and elution need not be evident in forest stands located in the vicinity of immission sources. The above-sea level and microclimate of forest stands influencing the pedogenetic process play an important role in soil ontogenesis, besides the quantity and composition of immissions.

forest pedology; soil chemism; immissions; soil acidification

LOCHMAN, V. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Änderungen bodenökologischer Bedingungen, insbesondere des Bodenchemismus in den durch Industrieimmissionen betroffenen Wäldern*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 699-714.

In der vorliegenden Arbeit wird die Veränderung des Gehalts aufnehmbarer Geobiogene im Humus und im Boden der durch die Industrieimmissionen aus den Quellen des Beckens von Sokolov und Nordböhmisches Beckens betroffenen Fichtenbestände untersucht. Zugleich wird das Ergebnis der Bestimmung ihres Gesamtgehaltes im Auflagehumus angegeben. Aus der Auswertung wiederholter Analysen geht die Versauerung der Böden der betroffenen Bestände deutlich hervor, insbesondere die Herabsetzung des Austausch-pH und gleichzeitig auch der Rückgang des Gehalts an aufnehmbarem Ca und Mg im Auflagehumus und an der Oberfläche des Mineralbodens. Die deutlichste Auswaschung zeigt sich beim Mn. Im 1% Zitronensäureauszug des Bodens steigt der Fe-Gehalt, im Auflagehumus auch der Gesamtgehalt. In denjenigen Böden, in denen es zu einem starken Anstieg der Azidität gekommen war steigt der Gehalt an löslichem Al. Der Vorrat an aufnehmbaren Phosphaten steigt und bei Sulfationen bleibt er ohne wesentliche Änderungen. Die Anwesenheit von Schwermetallen in löslicher Form ist nicht größer als auf den nicht betroffenen Flächen (Zn, Cu, Ni, Cr). Aus dem Anteil der aufnehmbaren Geobiogene am Gesamtgehalt kann ersehen werden, daß die größte Disposition zur Dynamik im Humus der Flächen K, Mn und Ca besitzt, die niedrigste hingegen Fe, S, Cu, Ni. Im Bodenprofil, wo im Gravitationswasser Anione starker Säuren über Kationen vorherrschen und wo eine hohe H^+ -Ionenkonzentration besteht, kommt es zur Freisetzung und Verlagerung von Aluminium.

Die größte Versauerung und Eluierung von Böden muß sich nicht in den den Immissionsquellen nächstgelegenen Beständen äußern. Die entscheidende Bedeutung für die Bodenentwicklung besitzt neben der Menge und Zusammensetzung der Immissionen auch die Seehöhe und das den bodengenetischen Prozeß beeinflussende Mikroklima der Bestände.

forstliche Bodenkunde; Bodenchemismus; Immissionen; Bodenversauerung

Adresa autora:

Ing. Václav Lochman, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Zbraslav

HLAVNÉ ZLOŽKY KOLOBEHU BIOPRVKOV MEDZI PÔDOU A LESNÝM PORASTOM V TYPICKÝCH EKOSYSTÉMOCH STREDNEJ EURÓPY

E. Bublinec

BUBLINEC, E. (Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Hlavné zložky kolobehu bioprvkov medzi pôdou a lesným porastom v typických ekosystémoch strednej Európy*. Lesníctví, 27, 1981 (8) : 715-726.

V práci sa hodnotia výsledky výskumu makroživín (N, P, K, Ca, Mg, S), mikroelementov (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) a popola v troch typických stredoeurópskych lesných ekosystémoch karpatskej oblasti. Išlo o hrabovú dubinu na spraši s černoziemnou hnedozemou, ďalej o bučinu a susednú smrečinu mimo prirodzeného areálu. V posledných dvoch ekosystémoch je pôdnym predstaviteľom typická hnedá lesná pôda vo svojej nenasýtenej variете. Bolo zistené toto klesajúce poradie sledovaných prvkov v biocykloch: Ca — N — K — Mg — S — P — Mn — Fe — Zn — B — Mo — Cu. Jednotlivé zložky ich kolobehu sú v príspevku podrobne vyčíslené a hodnotené. Živiny podľa odčerpávaného množstva pri ťažbe 100 ton suchého dreva sa dajú rozdeliť do troch skupín, ktoré sa rádovo líšia. Do prvej skupiny patrí vápnik (200 až 1000 kg), do druhej dusík a čiastočne draslík (100 až 200 kg) a nakoniec (K) + Mg + S + P (desiatky kg). Podobne aj pri stopových prvkoch sú približne tri skupiny, a to Mn + Fe (3 až 20 kg), Zn + B + Mo (0,5 až 2 kg) a Cu (0,1 až 0,3 kg).

pedológia lesnícka; kolobeh živín; ekosystémy

Poznanie kolobehu bioprvkov v lese nám otvára cestu k riešeniu viacerých problémov v lesnom hospodárstve. Preto sa mu v poslednom období venuje značná pozornosť. Treba však hneď na úvod povedať, že to nie je nová problematika, pretože má už vyše storočnú históriu. Veď E b e r m a y e r už v roku 1876 publikoval svoju prácu *Die gesamte Lehre der Waldstreu*. Výsledky jeho rozsiahlych výskumov z lesov Bavorska sa ešte aj dnes všeobecne uznávajú a citujú. Napriek tomu renezanciu tejto otázky v súčasnosti nemožno nijako poprieť. Okrem toho je pre celkové poznanie kolobehu živín potrebné poznať aj podiel, ktorý sa odčerpáva z lesa ťažbou dreva, prípadne ďalších produktov (napr. zelenej ihličnatej haluziny, hrabanky ap.), ďalej vyplavovaním z pôdy pri premyvnom type vodného režimu, pri povrchovom odtoku atď. Takto na prvý pohľad dosť teoretický problém biocyklov živín môže nám dať (a aj nám dáva) kľúč k riešeniu viacerých problémov, dôležitých z hľadiska praxe, a to aj takých, ktoré sú pre prevádzku lesného hospodárstva veľmi významné.

V Československu sa výskum kolobehu bioprvkov v lesných ekosystémoch úspešne rozvíja vo Výskumnom ústave lesného hospodárstva vo Zvolene a na Lesníckej fakulte VŠZ v Brne (Kl i m o 1974, 1979), čiastočne aj na ďalších vedeckovýskumných pracoviskách.

METODIKA

Vzorníky pre analýzy sme vytýpovali podľa variability kruhovej plochy a podľa metodiky, ktorú podrobne opisuje Oszlányi (1980) pri výpočte biomasy drevín. Ich výber sme robili pre jednotlivé Kraftové stromové triedy a základné charakteristiky vzorníkov sme vybrali z prác Biskupského (1970) a Oszlányiho (1980) a uvádzame ich v tabuľke I.

I. Základné údaje o vzorníkoch, z ktorých sa brali vzorky pre chemickú analýzu. — Basic data on sample trees, from which samples for chemical analysis were taken

Drevina	$d_{1.3}$ v cm	Výška stromu v m	Dĺžka kmeňa v m	Vek — roky
Hrab	19,5	17,20	14,10	44
Hrab	32,6	16,20	15,09	110
Hrab	6,0	9,30	8,00	15
Javor poľný	14,8	13,00	11,03	56
Javor poľný	5,6	6,90	5,49	20
Javor poľný	28,0	14,50	13,10	81
Cer	39,5	18,30	17,75	97
Dub	8,0	7,56	6,49	52
Dub	23,3	14,95	13,00	62
Buk	38,0	28,80	26,50	74
Buk	27,0	27,40	24,20	78
Smrek	33,0	24,60	21,80	61
Smrek	22,5	23,30	20,30	57
Smrek	21,0	20,00	17,50	51
Smrek	19,5	22,10	19,00	46

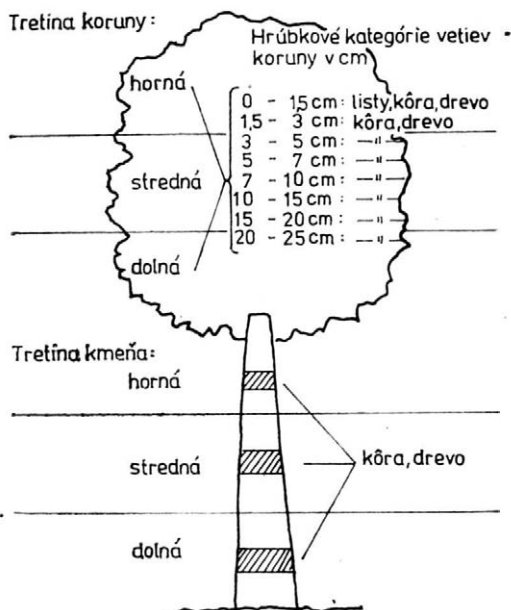
Podľa týchto vzorníkov je v záverečnej správe (Bublinec 1980) hodnotený obsah živín (C, N, P, K, Ca, Mg, S), mikroelementov, t. j. Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, toxických a niektorých ďalších, najmä bohatšie zastúpených prvkov (Cl, Pb, As, Cr, Cd, Ni, Si, Al, Na, Ti, Co) a popola. Z ich výpočtu je zrejmé, že prakticky ide o všetky prvky, ktoré majú v kolobehu z hľadiska výživy a čistoty prostredia najväčší význam. Vzorky pochádzali (obr. 1) vždy z hornej, strednej a spodnej tretiny koruny z týchto hrúbkových kategórií v cm: 0—1,5 (listy, kôra, drevo), 1,5—3, 3—5, 5—7, 7—10, 10—15, 15—20, 20—25 cm (vždy zvlášť kôra včítane borky a drevo). Podobne sme brali z hornej, strednej a spodnej tretiny kmeňa kotúče delené na kôru (borku) a drevo. Tým sme dosiahli metodicky veľmi dobrú kategorizáciu, ktorá umožňuje všestranne využiť získaný materiál. Samozrejme aj počet analýz tým veľmi rýchle narastal. Ich počet len pri biomase drevín dosiahol 2250. Napriek tomu možno najmä výsledky pre buk považovať za predbežné.

Vzorky boli v laboratóriu spracované týmto spôsobom:

a) príprava vzorky a homogenizácia: Vzorky väčšieho priemeru sme navrátili na rôznych miestach cez celý priemer, aby bola zaručená ich homogenita a priemernosť. Vzorky odobrané z tenkých vetvičiek do priemeru 3 cm sme mleli na tanierovom mlyne bezo zvyšku. V oboch prípadoch sme získali priemerné vzorky o vhodnej veľkosti častíc pre samotnú analýzu.

b) Popol: 5 g vzorky vysušenej pri 105 až 110 °C do konštantnej hmotnosti sme navážili do Petriho misky a spaľovali v muflových peciach do úplného spopolnenia

1. Schéma odberu vzoriek z koruny a kmeňa pre chemické analýzy. — A scheme of samplings from tree-crown and trunk for chemical analyses



pri teplote 425 °C. Teplota stúpala pomaly s prerušovanými intervalmi pri teplotách 200 a 300 °C. Rozdiel hmotností udáva percento popola.

c) Príprava zásobného roztoku: Zvyšok po spaľovaní sme digerovali 6 N kyselinou soľnou a po doplnení destilovanou vodou sme získali zásobný roztok pre jednotlivé stanovenia. Pre jeho analýzu, podobne ako pri rozboroch pokrývneho humusu a pôdy, sme použili tieto postupy: Stanovenie P — fotometricky využitím tvorby kyseliny fosfomolybdénovej. Meria sa buď žlté, alebo modré sfarbenie. Stanovenie K — meria sa extinkcia plameňa na plameňovom fotometri. Vyhodnocovanie pomocou kalibračnej krivky. Stanovenie Ca — z alikvotného návažku sa titruje 0,02 M komplexonom III za použitia indikátora. Pri veľmi malých obsahoch sme robili emisné stanovenie Ca na plameňovom fotometri za použitia plameňa acetylén-vzduch. Stanovenie Mg — v alikvotnom návažku sa titruje 0,02 M komplexonom III za použitia indikátora thymolftalexu. Získa sa suma Ca + Mg, od ktorej sa odčítava stanovené množstvo Ca. Malé obsahy sme stanovili pomocou AAS (atomového absorpčného spektrofotometra). Stanovenie S — robí sa taktiež z alikvotného zásobného roztoku po odstránení R_2O_3 vyzrážaním na síran bárnatý. Stanovenie je vázkové. Stanovenie Mo — fotometricky za použitia thiomocoviny a rhodanidu amónneho ako redukčného činidla na oranžové sfarbenie. Stanovenie Mn — fotometricky s využitím fialového sfarbenia kyseliny manganistej. Ako oxidačné činidlo sa používa KJO_4 . Stanovenie B — fotometricky z alikvotného podielu za použitia 0,02% roztoku karmínu v koncentrovanej kyseline sírovej. Stanovenie Fe — fotometricky z alikvotného návažku za použitia o-fenantrolínu. Stanovenie Zn a Cu — prvky sa stanovujú atomovou absorpčnou spektrofotometriou. Použitý plameň acetylén-vzduch.

d) Dusík sme stanovovali podľa Kjeldahla, uhlík elementárnou analýzou. Charakteristiky a vlastnosti pôdy sme stanovili podľa zaužívaných pôdoznaleckých metódik. Výsledky analýz v tabuľkách vyjadrujeme v kg na ha (po výpočte množstva sušiny na jednotku plochy).

CHARAKTERISTIKA EKOSYSTÉMOV

Výskum prebiehal v troch vybraných lesných ekosystémoch (48°15' s. š. X 17°54' v. d.).

Hrabová dúbrava. Predstavuje pahorkatinný les enklávového typu (obr. 2), ktorý je situovaný v poľnohospodársky intenzívne obhospo-



2. Pohľad do ekosystému hrabovej dúbavy. — A view of the ecosystem of hornbeam-oak stand

podarovanej Podunajskej nížine. Túto lokalitu sme vybrali preto, lebo vyhovovala najmä po metodickej a experimentálnej stránke. Nachádza sa v poľnohospodársky využívannej černoze, takže výsledky výskumu sa dajú dobre porovnávať s intenzívnymi agroekosystémami. Lesné spoločenstvá, ktoré reprezentuje výskumný objekt, zaberajú z lesného pôdneho fondu Slovenska 22,3 %. Objekt po lesníckej stránke reprezentuje aj výmladkové lesy (cca 12 % z výmery lesov). V súčasnosti má ekosystém výzor hrabovej dúbavy.

Výskumný objekt leží v teplej klimatickej oblasti, ktorú definuje viac ako 50 letných dní s maximálnou teplotou 25 °C a vyššou, v suchom okrsku A₁. Patrí teda ešte do najteplejšieho a najsuchšieho okrsku Slovenskej socialistickej republiky so slnečným svitom vo vegetačnom období viac ako 1500 hodín. Ročný úhrn zrážok je okolo 570 mm (vegetačné obdobie 315 mm), výpar 480 mm. Priemerná ročná teplota je 9,3 °C vo vegetačnom období 16,2 °C. Hydrotermický koeficient sa pohybuje od 1,1 do 1,3, pričom HTK = 1 je približne hranica sucha, resp. hranica medzi lesom a stepou.

Materským substrátom pre pôdy sú spraše, t. j. horniny bohaté na vápnik. Pôda na experimentálnej ploche patrí k pôdnemu typu hnedozemí, subtyp čierna hnedozem. Susedné poľnohospodársky využívané pôdy patria do svojrázneho subtypu hnedej černoze. Lesný ekosystém je tvorený z 10 až 50 % dubmi [*Quercus petraea*, *Q. cerris*, *Q. robur*], 60 % hrabom [*Carpinus betulus*] a 10 % [*Acer campestre*]. Vek porastu v čase výskumu bol 78 rokov. V Curyško-montpelliérskej škole možno toto spoločenstvo priradiť do zväzu *Carpininon betuli* (Mayer 1937, Oberdorfer 1953) a má spoločené črty s asociáciou *Primulae ve-*

3. Typický karpatský bukový porast slúžil ako porovnávací základ pre zistenie rozdielov oproti umelej smrekovej monokultúre. — Typical Carpathian beech stand served for comparing and determining differences from artificial spruce monoculture



ris — *Carpinetum*, typ fytocenózy *Melica uniflora* — *Asperula odorata* — *Dactylis glomerata* ssp. *polygama* (Kubíček, Brechtel 1970).

Výskum v Malých Karpatoch sme situovali na územie bratislavského lesoparku, do tesnej blízkosti Bratislavy. Jeho územie je silne atakované turistami a priemyselnými závodmi Bratislavy. Tranzekt leží na spojnici orientačných bodov Rača — Biely Kríž — Košariská — Lozorno. Pre výskum sme zvolili plochy č. 4 (umelá výsadba smreka) a 5 (bukový porast), ktoré ležia v bezprostrednej blízkosti, v skupine lesných typov *Querceto-Fagetum tiliosum*, typ medničkovobazanková dubová bučina s lipou. Podľa curyšsko-montpeliérskej školy ide o spoločenstvo *Denta-*



4. Smreková monokultúra je situovaná v bezprostrednej blízkosti bučiny. — Spruce monoculture is located near beech stand

rio-Fagetum, príp. podľa Rozkošovej (1980) o *Carici pilosae-Fagetum* Oberdorfer 1957 (nižšie položené bučiny do 400 m). Plochy sú na území LZ Bratislava, LS Bratislava-Rača. V oboch prípadoch sa jedná o hnedú lesnú podu nenasýtenú (Kubíček a kol. 1980).

Buková kmeňovina. Plocha leží v poraste 46b, ktorý má výmeru 10,32 ha. Je to prakticky mierna svahová plošina so sklonom 2 až 3°, západná expozícia, v nadmorskej výške 450 m. Bukový porast je rovnorodý, kvalitný (akostová trieda kmeňov buka je 1,13), so zakmenením 0,8 až 1,0 vo veku od 55 do 88 rokov, v priemere 74 rokov (obr. 3), podľa LHP z roku 1976 90 rokov (Oszlányi 1980). Ojedinele je prímiešaný hrab, dub zimný a lipa malolistá. Kruhovú základňu vo výške 1,3 m je podľa citovaného autora 41,39 m² na ha, z čoho na buk pripadá 40,29 m², na hrab 1,10 m². Stromová hmota na výskumnej ploche bola 603,9 m³ na ha. Zápoj porastu je 0,853. Hrúbkové rozpätie kolíše od 13,0 do 44,1 cm, priemer 28,2 cm, priemerná výška je 25 m. V biosociologickej štruktúre porastu sú hlavnými nositeľmi produkcie stromy 1. a 2. stromovej triedy, teda stromy predrastavé a úrovňové (z počtu stromov tvoria 81,5 %, zo stromovej hmoty až 93 %).

Smreková monokultúra. Nachádza sa v tesnej blízkosti bukovej plochy, v poraste 46f o výmere 7,87 ha. Jej sklon je do 5°, pri západnej expozícii a nadmorskej výške 444 m. Smrekový porast je rovnorodý a len ojedinele sa vyskytuje hrab, prípadne buk, zakmenenie je 0,8, vek 57 až 64 rokov, priemer 59 rokov (Oszlányi 1980). Kruhovú základňu vo výške 1,3 m je 52,47 m² na ha, z čoho na smrek pripadá 52,27 m². Stromová hmota na výskumnej ploche bola 709,13 m³. Variáčné rozpätie hrúbok podľa meraní Oszlányiho (1980) je 12,7 až 40,2 cm, priemer 24,4 cm, aritmetický priemer výšok je 22,8 m. Početom i stromovou hmotou prevažujú stromy 1. a 2. stromovej triedy, ktoré z celkového počtu zaberajú 75,6 % a zo stromovej hmoty 87,7 % (obr. 4). Priemerná akostná trieda kmeňov smreka je obdobná ako pri buku (1,14).

VÝSLEDKY

HLAVNÉ ZLOŽKY KOLOBEHU ŽIVÍN

a) Celková zásoba prvkov v 30cm vrstve minerálnej pôdy (kg na ha):

	C	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N
hrabová dúbava	67 343	5 810	17 000	73 880	32 970	23 220	155	11,6
bučina	140 416	10 002	2 354	80 585	27 203	15 281	414	14,0
smrečina	73 830	7 942	2 354	80 585	27 203	15 281	414	9,3

Z porovnania vidno, že vyššie položené pôdy ekosystémov Malých Karpát sú lepšie zásobené humusom (majú vyššie zásoby uhlíka) i dusíkom, ale majú menej fosforu a horčíka. Rozdiely v zásobách draslíka a vápnika sú nevýrazné, väčšiu celkovú zásobu síry sme zaznamenali v Malých Karpatoch. Najhoršiu ekologickú kvalitu humusu do hĺbky 30 cm sme zistili v pôde pod bukovým ekosystémom.

b) Zásoba ľahkorozpuštných živín v 30cm vrstve (kg na ha):

	N	P	K	Ca++	Mg++	St
hrabová dúbrava	139	22	385	11 610	1068	155
bučina	220	91	154	1 765	205	466
smrečina	155	63	198	1 169	190	363

Pre rastliny prístupné formy dusíku, vápnika, horčíka a síry korelujú s celkovými zásobami v pôde. Iný trend má draslík, ale najmä prístupný fosfor, ktorým je ekosystém hrabovej dubiny veľmi slabo zásobený.

c) Zásoby živín v nadzemnej drevnatej zložke ekosystémov (kg na ha):

	N	P	K	Ca	Mg	S	popol
hrabová dúbrava	286	35	154	1115	56	48	3701
bučina	575	62	384	827	190	97	3482
smrečina	396	28	114	625	47	73	1999

Z porovnávaných troch ekosystémov je zásoba najväčšia v bučine (pre N, P, K, Mg a S), pre Ca a popol v hrabovej dúbrave, v ktorej je však akumulácia dusíka a síry zo všetkých troch ekosystémov najchudobnejšia.

d) Retencia (zadržanie) živín a popola, t. j. prírastok prvkov zadržaných ročne letorastmi a prírastkom na vetvách a kmeňov (kg na ha za rok):

	N	P	K	Ca	Mg	S	popol
hrabová dúbrava	7,7	1,0	4,1	31,0	1,6	1,4	44,8
bučina	22,9	4,4	14,0	32,3	6,5	3,0	135,8
smrečina	18,2	1,7	4,5	24,3	2,4	2,2	104,7

Je zrejmé, že pri všetkých živinách, okrem vápnika, je retencia prvkov opäť najmenšia v ekosystéme hrabovej dúbravy.

e) Reštitúcia (navrátenie) živín listovým opadom porastotvorných drevín (kg na ha za rok):

	N	P	K	Ca	Mg	S	popol
hrabová dúbrava	59,0	6,5	22,4	30,7	7,4	3,0	165,6
bučina	82,7	5,0	33,5	30,7	6,1	3,1	225,7
smrečina	6,3	0,6	3,2	7,4	0,4	0,3	35,2

Kalkuláciu sme urobili zo zelenej fytohmoty listov a ihlič. V smrekovom ekosystéme vychádza bilancia z 5 ročníkov ihlič na strome (prírastok = opad). Z výsledkov možno konštatovať veľkú podobnosť listnatých ekosystémov a chudobný kolobeh živín v smrekovom poraste.

f) Absorpcia živín, t. j. súčet retencie a reštitúcie ($d + e$), v kg na 1 ha za rok:

	N	P	K	Ca	Mg	S	popol
hrabová dúbrava	66,7	7,5	26,5	61,7	9,0	4,4	264,6
bučina	105,6	9,4	47,6	63,0	12,6	6,1	361,5
smrečina	24,5	2,3	7,7	31,7	2,8	2,5	139,8

Takto vypočítaná absorpcia predstavuje najdôležitejšiu časť ročnej potreby stromov na ploche 1 ha a je z nej zrejماً značná náročnosť bukového porastu na dostatok živín v pôde.

g) Celková akumulácia živín v nadzemnej dendromase v kg na 1 ha (včítane listov alebo ihlíc):

	N	P	K	Ca	Mg	S	popol
hrabová dúbrava	347	44	182	1182	66	52	3917
bučina	657	66	418	858	196	100	3708
smrečina	436	32	148	672	66	75	2225

Údaje platia pre vegetačné obdobie a je z nich zrejماً značná akumulčná schopnosť bukového ekosystému pre všetky živiny okrem vápnika, ktorým je pôda hrabovej dúbravy luxusne zásobená (materská hornina je vápnitá spraš).

HLAVNÉ ZLOŽKY KOLOBEHU MIKROELEMENTOV

a) Z bioticky významných stopových prvkov poznáme v sledovaných ekosystémoch len celkové zásoby železa a mangánu v pôde. Ich hmotnosť do hĺbky 30 cm v kg na 1 ha je takáto:

	Fe	Mn
hrabová dúbrava	11 920	3000
bučina	50 808	1112
smrečina	50 808	1112

Údaje pre bukový a smrekový ekosystém sú rovnaké, pretože ide o bezprostredne susediace porasty.

b) Zásoba stopových prvkov v nadzemnej drevnatej zložke ekosystémov (kg na ha):

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
hrabová dúbrava	13,6	18,7	0,4	1,2	0,9	1,2
bučina	8,6	34,0	0,5	3,3	0,5	1,1
smrečina	16,2	73,3	0,4	7,1	1,3	3,1

Na rozdiel od makroprvkov je zásoba takmer všetkých mikroelementov (s výnimkou medi) výrazne vyššia v smrekovom ekosystéme.

c) Retencia (zadržanie) stopových prvkov, t. j. ich ročný prírastok, v kg na 1 ha za rok v nadzemných častiach drevín (letorasty, prírastky na vetvách a kmeňoch):

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
hrabová						
dúbrava	0,40	0,54	0,01	0,04	0,03	0,03
bučina	0,41	1,24	0,09	0,19	0,04	0,04
smrečina	1,12	2,95	0,02	0,30	0,06	0,04

d) Reštitúcia (navrátenie) stopových prvkov každoročným opadom lístia a ihlíc (kg na 1 ha za rok):

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
hrabová						
dúbrava	0,64	1,39	0,03	0,10	0,02	0,05
bučina	0,92	2,52	0,03	0,20	0,03	0,06
smrečina	0,11	1,40	0,002	0,02	0,01	0,01

e) Absorpcia stopových prvkov, t. j. súčet retencie a reštitúcie (c + d), v kg na 1 ha za rok:

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
hrabová						
dúbrava	1,04	1,93	0,04	0,14	0,05	0,08
bučina	1,33	3,76	0,12	0,39	0,07	0,10
smrečina	1,23	4,35	0,02	0,32	0,07	0,05

f) Celková akumulácia stopových prvkov v nadzemnej fytomase drevín v kg na 1 ha (včítane listov a ihlíc v kg na 1 ha):

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B
hrabová						
dúbrava	15,5	23,2	0,4	1,4	1,0	1,4
bučina	9,6	36,5	0,5	3,5	0,5	1,1
smrečina	17,0	82,0	0,4	7,3	1,3	3,0

K porovnávaným výsledkom treba dodať, že platia pre nadzemnú drevinnú časť skúmaných lesných ekosystémov rozličného veku. Hrabová dúbrava mala 78 rokov, bučina 74 rokov a smrečina 59 rokov. Ročná absorpcia (bod e) prvkov v hrabovej dúbrave platí pre produktivitu 9056 kg v sušine, v bučine pre produktivitu 15 393 kg a v smrečine pre 9056 kg suchej nadzemnej hmoty na 1 ha za rok. Zistená celková akumulácia prvkov (bod f) sa vzťahuje na produkciu 141 t nadzemnej dendromasy hrabovej dúbravy, 379 t dendromasy v bučine a na 272 t sušiny na 1 ha smrekového porastu (O s z l á n y i 1980). Ak nakoniec porovnáme zásoby bioprvkov, tak môžeme konštatovať, že najväčšiu akumuláciu

makroživín [s výnimkou vápnika] sme zistili v biomase bukového ekosystému, vápnika v hrabovej dúbave a mikroelementov v smrečine. Všeobecným znakom porovnávaných ekosystémov je ich veľká skromnosť, obzvlášť v porovnaní s agroekosystémami, a napriek značnému minerálnemu bohatstvu edafotypu. Z tohto sa vymyká len luxusná konzumácia vápnika, ktorý je v sorpčnom komplexe pôdy prevládajúcou fyziologicky prípustnou živinou. Priaznivá je aj absorpcia dusíka a zo stopových prvkov aj mangánu a železa.

ODČERPÁVANIE BIOPRVKOV A POPOLA ŤAŽBOU DREVA

Vyťažením 100 t suchého dreva s kôrou ochudobníme lesné ekosystémy o toto množstvo bioelementov v kg:

a) Makroživiny

	N	P	K	Ca	Mg	S	spolu	popol
hrab	170	19	70	703	26	35	1023	1653
javor	169	17	85	772	62	32	1137	2089
cer	183	13	170	1075	51	31	1523	3695
dub	179	14	74	930	18	30	1245	2286
buk	120	8	96	204	49	26	503	847
smrek	110	6	30	210	20	28	404	749

b) Mikroelementy:

	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	B	spolu
hrab	10,3	17,0	0,2	1,2	0,5	0,7	29,9
javor	7,5	5,4	0,2	1,2	0,6	1,1	16,0
cer	5,1	7,6	0,3	0,4	1,0	1,1	15,5
dub	4,5	6,9	0,3	0,4	1,0	1,1	14,2
buk	1,9	8,6	0,1	0,6	0,1	0,2	11,5
smrek	3,2	24,0	0,1	2,3	0,4	0,3	30,3

Prehľad je dostatočne inštruktívny. Možno k nemu dodať len toľko, že živiny podľa odčerpávaného množstva sa dajú rozdeliť do troch skupín, ktoré sa rádovo líšia. Do prvej patrí vápnik (200 až 1000 kg), do druhej dusík a čiastočne draslík (100 až 200 kg) a nakoniec K + Mg + S + P (desiatky kg). Podobne aj pri stopových prvkoch sú približne tri skupiny, a to Mn + Fe (3 až 20 kg, okolo 10 kg), Zn + B + Mo (0,5 až 2 kg, okolo 1 kg) a Cu (0,1–0,3 kg, desatiny kg).

Uvedená kalkulácia vychádza z ťažby kmeňov. Ak by sme uvažovali aj s hmotou hrubiny z koruny (v lesníckej praxi haluzina hrubšia ako 7 cm), bola by hmotnosť odčerpaných bioprvkov o niečo vyššia, pretože aj ich obsah je v haluzine koruny o niečo vyšší. Rozdiely však budú minimálne, pretože podiel živín a mikroelementov, ktorý pripadá na hmotu hrubiny koruny z nadzemnej fytomasy, je veľmi nízky a nepresahuje

10 % ani pri jednom prvku (pri živinách najčastejšie 5 %, pri stopových prvkoch najčastejšie 6 %). Na druhej strane sme veľmi zaujímavé a závažné výsledky zistili pri hmote tenčiny. Z hmotnosti jednotlivých živín ktoré sa akumulovali v nadzemnej biomase stromov, pripadá na hrúbkovú kategóriu vetiev 0 až 7 cm (včítane listov) 26 až 76 %, bez listov 21 až 31 %. Z mikroelementov na tú istú kategóriu pripadá 19 až 79 % (bez listov 26 až 62 %). V tenkých vetvách a listoch sa najmenej hromadí molybdén (napr. v listoch dubov len okolo 1 %, ktorého najväčšie množstvo sme zistili v dreve kmeňov. Podiel popola tvorí v kategórii 0—7 cm podľa jednotlivých drevín 22 až 38 %, v haluzine bez listov 19 až 33 %).

Z tohto stručného prehľadu je zrejmé, aké je dôležité ponechávať najtenšie hrúbkové kategórie vetiev po ťažbe v lese. Pri niektorých prvkoch (N, P, K, Mg, Fe) a v niektorých drevinách môže dosiahnuť ich akumulácia dokonca 1/2 až 3/4 z ich nadzemnej minerálnej zložky nahromadenej v priebehu života dreviny. Túto skutočnosť treba zohľadniť predovšetkým pri návrhoch ťažobných postupov (neťažiť a neodstraňovať z lesa napr. celé stromy), ktoré by mali byť také, aby najtenšie vetve zostali v lese, čím sa veľké množstvo bioprvkov neodoberie z prirodzeného kolobehu, ale zapája sa aj v ďalšej generácii lesa do tvorby dreva.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatúra

1. BISKUPSKÝ, V.: Štúdium primárnej produktivity karpatskej hrabovej dúbravy. Záverečná správa, VÚLH, Zvolen, 1970
2. BUBLINEC, E.: Akumulácia živín a mikroelementov v nadzemnej biomase drevín hrabovej dúbravy. Záverečná správa, VÚLH Zvolen, 1973, 152 s.
3. BUBLINEC, E.: Tok bioprvkov vo vodných roztokoch cez lesné porasty na piesočnatých pôdach. Vedecké práce VÚLH Zvolen, 1977, s. 33-72
3. BUBLINEC, E.: Akumulácia prvkov a niektoré zložky ich kolobehu v bukovom a smrekovom ekosystéme Malých Karpát. ZS, VÚLH Zvolen, 1980, 83 s.
5. KLIMO, E.: Biochemický koloběh živin v ekosystému lužního lesa jižní Moravy. Rukopis, 1974
6. KLIMO, E.: Koncentrace a zásoba bioelementů v ekosystému uměle založeného smrkového lesa. ZS, Brno, 1979
7. KUBÍČEK, F. — BRECHTL, J.: Charakteristika skupin lesných typov výskumnej plochy IBP v Bábe pri Nitre. „Biológia“, 25, 1, 1970, s. 27-38
8. KUBÍČEK, F. a kol.: Produktivita bylinnej a krovinné vrstvy v lesných ekosystémoch Malých Karpát. ZS, rukopis, ÚEBE SAV Bratislava, 1980, 107 s.
9. OSZLÁNYI, J.: Produktivita stromovej zložky bukového a smrekového lesného ekosystému v Malých Karpatoch. ZS, rukopis, VÚLH Zvolen, 1980, 116 s.

БУБЛИНЕЦ, Э. (Вýскупный ústav lesného hospodárstva, Zvolen). Главные слагаемые круговорота биозлементов между почвой и лесным насаждением в типичных экосистемах Центральной Европы. Lesnictví, 27, 1981 (8): 715-726.

В работе рассматриваются результаты исследования главных элементов круговорота макропитательных веществ (N, P, K, Ca, Mg, S), микроэлементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) и золы в 3 типичных средневропейских экосистемах из карпатской области (48° 15' с. ш. X 17° 54' в. д.). Наблюдения проводились в 78-летней грабовой дубраве на лессе с черноземным буроземом, затем в 74-летнем буковом насаждении и смежном ельнике в возрасте 59 лет за пределами его природного ареала. В последних двух экосистемах почвенным представителем является бурая лесная почва, типичная в своем ненасыщенном варианте. Установили следующий нисходящий порядок изучаемых элементов в биоциклах: Ca — N — K — Mg — S — P — Mn — Fe — Zn — B — Mo — Cu. Отдельные

компоненты их круговорота в работе подробно вычислены и оценены. Действующие вещества соответственно отщепываемому количеству при рубке 100 тонн сухой древесины можно разделить на 3 группы, которые взаимно отличаются. К первой относится кальций (200—1000 кг), ко второй азот и отчасти калий (100—200) и, наконец, (K) + Mg + S + P (десятки кг). Аналогично и у микроэлементов существуют приблизительно 3 группы, а именно железо + марганец (3—20 кг), цинк + бор + молибден (0,5—2 кг) и медь (0,1—0,3 кг).

почвоведение, лесное; круговорот действующих веществ; экосистемы

BUBLINEC, E. (Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Main Components of the Cycle of Bioelements in Soil and Forest Stand in Typical Ecosystems of Central Europe*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 715-726.

Results of research on the main components of the cycle of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S), microelements (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) and ash in three typical Central European ecosystems in the Carpathian region (48°15' N.L. X 17°54' E.L.) were analyzed. Seventy-eight-year hornbeam-oak stand on loess with chernozem gray-brown podzolic soil, seventy-four-year beech stand and spruce stand in the vicinity at the age of 59 years outside its natural area were studied. In the latter two ecosystems the soil type is typical brown forest soil in its unsaturated variety. A descending order of the studied elements in the biocycles was as follows: Ca — N — K — Mg — S — P — Mn — Fe — Zn — B — Mo — Cu. Various components of their cycle are enumerated and evaluated. Nutrients according to taken up amounts at felling 100 t of dry wood can be divided in three groups differing by orders. Calcium belongs to the first group (200—1000 kg), nitrogen and partly potassium to the second (100—200) and (K) + Mg + S + P to the third group (tens of kg). Trace elements also belong to three groups: iron and manganese (3—20 kg), zinc + boron + molybdenum (0.5—2 kg) and copper (0.1—0.3 kg).

forest pedology; cycle of nutrients; ecosystems

BUBLINEC, E. (Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Hauptkomponenten des Bioelementenkreislaufs zwischen Boden und Waldbestand in typischen Ökosystemen Mitteleuropas*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 715-726.

Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der Erforschung von Hauptkomponenten des Kreislaufs von Makronährstoffen (N, P, K, Ca, Mg, S), von Mikroelementen (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B) und von Aschestoffen in 3 typischen mitteleuropäischen Waldökosystemen aus dem Karpathengebiet (48°15' nördl. Breite und 17°54' östl. Länge) analysiert. Es wurde ein 78jähriger Eichen-Hainbuchenwald auf Löß mit schwarzerdeähnlicher Braunerde, ferner ein 74jähriger Buchenwald und der angrenzende Fichtenbestand im Alter von 59 Jahren außerhalb des natürlichen Areals der Fichte untersucht. In den letztgenannten zwei Ökosystemen stellt die Bodeneinheit die ungesättigte Varietät des typischen braunen Waldbodens dar. Es wurde folgende sinkende Reihe der untersuchten Elemente in den Biozyklen festgestellt: Ca — N — K — Mg — S — P — Mn — Fe — Zn — B — Mo — Cu. Die einzelnen Komponenten ihres Kreislaufs werden im Beitrag eingehend beziffert und eingeschätzt. Die Nährstoffe können nach der bei der Nutzung von 100 Tonnen trockenen Holzes entzogenen Menge in drei Gruppen eingeteilt werden, die sich größenordnungsmäßig voneinander unterscheiden. In die erste Gruppe gehört Kalzium (200—1000 kg), in die zweite Stickstoff und zum Teil Kalium (100—200), und zum Schluß (K) + Mg + S + P (Zehner von kg). Ähnlich gibt es auch bei Spurenelementen ungefähr 3 Gruppen, und zwar Eisen + Mangan (3—20 kg), Zink + Bor + Molybdän (0,5—2 kg) und Kupfer (0,1—0,3 kg).

Forstliche Bodenkunde; Nährstoffkreislauf; Ökosysteme

Adresa autora:

Ing. Eduard Bublínec, CSc., Výskumný ústav lesného hospodárstva, 960 92 Zvolen

VÝSLEDKY VÝZKUMU VODNÍHO REŽIMU LESNÍCH PŮD Z OBDOBÍ 1970–1980

K. Mráz

MRÁZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Výsledky výzkumu vodního režimu lesních půd z období 1970–1980*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 727–740.

Výzkum se konal jednak v lužních lesích v souvislosti s vodohospodářskými úpravami řek, jednak ve dvou ekosystémech chlumních smrkových porostů v experimentálním povodí. Během souvislých měření v letech 1973 až 1980 byla zjištěna velká časová variabilita vodního režimu půdy dospělých zapojených smrkových porostů v závislosti na charakteru počasí jednotlivých let. Rozložení a charakter pedohydrologických cyklů (od provlhčení profilu do vysušení) udává ráz vodního režimu půdy daného roku. Prostorová variabilita vodního režimu půdy se zachovává během let a je ovlivněna vlastnostmi půdy i porostu, zejména stromy různých stromových tříd. Půda ovlivňuje vodní režim zejména hydraulickou vodivostí (propustností), hloubkou a jinými vlastnostmi, které působí nepřímo ovlivněním kořenových systémů. Smrkové porosty lepších bonit v bohatších ekosystémech odčerpávají více vody z půdy než smrkové porosty větších bonit s menší biomasou, které dodávají více vody do podzemních vod. Srovnání vlivu různých dřevin na vodní režim půdy představuje složitý problém vzhledem k různým poměrům zápoje, množství biomasy a prokořenění porostů různých dřevin ve stejném věku. Opadavé dřeviny umožňují vytvoření větších zásob zimní vláhy v půdě. Poměry se mohou značně lišit v různých klimatických oblastech. Velký praktický význam má otázka vlivu hospodářských zásahů do porostů na vodní režim, protože její řešení dává možnost sestavení směrnic pro hospodaření jak se zaměřením na vodohospodářské působení lesa, tak i na zvyšování produkce. Ukázaly se úzké souvislosti mezi průběhem hodnot vodního režimu půdy během vegetačního období a průběhem tloušťkového přírůstu smrku v chlumní oblasti a dubu letního v lužním lese. Jsou značné rozdíly mezi jednotlivými ekosystémy a jednotlivými roky.

pedologie lesnická; hydropedologické metody; vodní režim půdy

Význam vody pro život rostlin je dobře znám, i když ještě řada otázek čeká na objasnění. O vlivu lesa a hospodářských zásahů do lesních porostů na koloběh vody v různých podmínkách víme dosud velmi málo. Obzvláštní význam mají v rámci hydrologie lesa hydropedologické výzkumy, protože poskytují ve srovnání s podstatně nákladnějšími fyzikálními metodami (měření bilance záření na gradientových věžích apod.) i s klasickými hydrologickými metodami (měření srážek a odtoků z povodí) přesnější, k menším plochám, např. k jednotlivým porostům, vztažené hodnoty a umožňují poznání vnitřního mechanismu vodního režimu lesa. Tímto způsobem můžeme posoudit dokonce i vliv jednotlivých stromů a stromových tříd podle jejich vlivu na vodní režim půdy intercepcí a kořenovou desukcí v souvislosti s evapotranspirací; to je z pěstebního hlediska velmi důležité pro vytvoření směrnic pro výchovné a zmlazovací zásahy jak ve vodohospodářsky důležitých, tak i v produkčních lesích.

Vzdor tomu je dosud o vodním režimu půdy ve srovnání s ostatními faktory jen málo známo. Srážky, teploty, odtoky z povodí se měří v různých oblastech po dlouhou řadu let, zatímco dlouhodobá měření půdní vlhkosti v lese dosud nemáme. Přitom právě tyto hodnoty silně ovlivňují vodní bilanci ekosystémů, povodí a celých krajín. Podle poznatků hydrologů není zvládnutí a regulace vodního režimu v tocích zdaleka tak obtížným problémem jako úprava vodního režimu půd, které představují ve svém celku asi o řád větší rezervoár vody než všechny naše vodní nádrže.

METODIKA

Stanovení obsahu vody v půdě představuje i přes pokrok vědy a techniky stále ještě obtížný problém. I podle názoru Rodeho (1969) je gravimetrická metoda stále ještě jedinou přímou a současně nejpřesnější metodou; tu však můžeme použít jen v omezeném rozsahu (např. ke kalibraci jiných metod), abychom často opakovanými odběry vzorků neporušili půdní profil na výzkumných plochách. Proto je základem naší metodiky měření sacího tlaku pomocí tenziometrů. Hodnoty sacího tlaku, resp. matričního potenciálu vody umožňují stanovení rychlosti pohybu vody i v nenasyčené půdě na základě termodynamické (energetické) teorie půdní vody. Většina vědeckých prací na tomto úseku je však věnována teoretickým a metodickým otázkám. Výsledky praktických terénních měření jsou vzácné; poměry v lesní půdě se zabývali Brühlhart (1969) a Benecke (1972).

Tenziometrickou metodu považuje i Rode (1969) mezi nepřímými metodami za nejnadějnější, i když tehdejší tenziometry byly nedokonalé. Snažili jsme se rtuťové tenziometry zdokonalit. Popper vyvinul modifikaci s vnitřním vakuometrem. Nejlépe se nám při terénních pracích osvědčila naše úprava typu tenziometru s vnějším vakuometrem ze silnostěnné skleněné kapiláry s dokonalým těsněním.

Retenční křivky (pF-křivky vyjadřující vztah mezi sacím tlakem a vlhkostí půdy) odvozené od hodnot sacích tlaků a půdní vlhkosti zjištěných v terénu se v souhlasu s pokusy Flühlera a kol. (1976) osvědčily lépe než křivky získané v laboratorii pomocí přetlakové aparatury. Ale i tak je nutno z nich odvozené hodnoty nenasyčené hydraulické vodivosti (např. postupem podle Marshalla) opravit pomocí empiricky zjištěného faktoru, chceme-li dostat upotřebitelné, vodní bilanci vyhovující hodnoty vertikálního toku vody půdní spodinou. Jinak by byly hodnoty hydraulické vodivosti příliš vysoké.

Abychom zachytili rozložení sacích tlaků v celém půdním profilu, zasazujeme čidla tenziometrů do různých hloubek (20, 50, 100, 150 cm); na každé ploše instalujeme asi 50 tenziometrů. Průběžně indikované hodnoty sacího tlaku se zapisují přibližně každé 2–3 dny současně s kontrolou a údržbou přístrojů. Časový průběh hodnot sacího tlaku v půdním profilu vyjdřujeme přehledně v diagramech pomocí chronoizobarů.

ČASOVÁ VARIABILITA VODNÍHO REŽIMU PŮDY

Časová variabilita vodního režimu půdy souvisí velmi těsně s průběhem počasí daného roku, resp. vegetačního období. Počasím určovaný trend se charakteristickým způsobem transformuje vlivem vlastností půdy i porostu, prakticky celého ekosystému. Vliv počasí jsme mohli posoudit na základě materiálu z dvou období normálních až velmi vlhkých let, která následovala po suchém roce (1973, 1976). První období (1973 až 1975) bylo podrobně popsáno (Mráz 1977, 1978), zpracování druhého období (1976–1980) je v tisku.

Počasím podmíněná časová variabilita vodního režimu půd je tak velká, že určitá půda může co do typu vodního režimu přecházet ze semiuvidecké třídy v suchých letech (převládající interval půdní vlhkosti

mezi polní kapacitou a bodem snížené dostupnosti vody) do uvidické třídy ve vlhkých letech (převládající interval mezi nasycením a polní kapacitou). Důležité jsou námi definované půdní hydrologické cykly (střídání zvlhčovací a vysychací fáze v půdním profilu), které jsou zřejmé z diagramů chronoizobarů sacího tlaku. Toto znázornění formou diagramů umožňuje posouzení stratifikace vlhkosti v půdním profilu, která silně ovlivňuje vertikální tok.

Ve velmi suchém a teplém vegetačním období roku 1973 došlo k inverzi stratifikace vlhkosti v půdním profilu pod smrkovým porostem (sušší spodina), takže se projeví první náznaky „mrtvého horizontu vysušení“ ve smyslu Vysockého (1934) a Michoviče, Rodeho, Špaka (1976). Ten se vyskytuje v typické formě ve stepní a leso-stepní oblasti pod lesem. Tato inverzní situace se udržela dokonce i po suché zimě v roce 1974. To dokazuje, že i v naší submontánní chlumní oblasti s původně hojnou jedlí může dojít pod smrkovými porosty v suchých letech k déle trvajícím období impermacidního vodního režimu, jehož důsledkem je nedostatek vody pro porosty a omezená dodávka vody do podzemních vod.

V suchém a teplém roce 1976 bylo suché období sice delší, ale méně extrémní než v roce 1973, a proto nedošlo k inverzi stratifikace půdní vlhkosti v profilu.

Časovou variabilitu půdní vlhkosti, charakterizovanou výskytem zřetelných půdně hydrologických cyklů, pozorujeme v podobné formě v půdách lužních lesů (Mráz 1977, 1979), kde k provlhlení půdního profilu dochází především vlivem záplav (shora) a současně stoupnutím hladiny podzemní vody (zdola) a teprve ve druhé řadě vlivem srážek.

Jelikož je rychlost vertikálního toku půdní spodinou (v nenasyčeném stavu) odvozena z gradientu celkového potenciálu ve spodině, je i ona závislá na průběhu počasí. V suchých letech a obdobích je dodávka vody ze srážek půdou do podzemní vody přerušena. Vertikální tok má v suchých obdobích pod smrkovým porostem při normální stratifikaci vlhkosti v profilu (vlhká spodina) negativní hodnoty, tj. pohyb vody směřuje vzhůru. Při inverzi stratifikace půdní vlhkosti (suchá spodina) směřuje sice dolů, je však přerušen vyschlým horizontem. Ve vlhkých letech převažuje vertikální tok vody spodinou směrem dolů (kladné hodnoty), dodávka vody do podzemních vod je plynulá, třebaže různými procesy v půdě do určité míry transformována. V normálních letech je vliv porostu a půdy největší.

Také vodní bilance půdy vykazuje zákonitě časové změny. Během vysoušecí fáze půdně hydrologického cyklu se tyto změny projevují především plynulým čerpáním zásob vody v půdě, a to především vlivem kořenové desukce v souvislosti s evapotranspirací. Během následující zvlhčovací fáze se vedle krytí potřeby vody pro transpiraci doplňují zásoby půdní vody. Teprve přívodem dalšího množství srážkové vody může dojít ke zvýšení vertikálního toku spodinou.

Evapotranspirace vypočítaná jako zbytková hodnota (a tedy více zatížená chybami) je ve vlhkých letech a obdobích vyšší než v suchých. Po velmi silných srážkách se ve vodní bilanci půdy uplatňuje i v jen mírně skloněném (9 %) terénu našeho výzkumného objektu vliv laterálního, bočního toku vody půdou (interflow). Počítali jsme ho orientačně z množství vody, o které zásoba vody v půdním profilu překračuje hodnotu odpovídající polní kapacitě. Byla-li konečná zásoba období vyšší

než počáteční hodnota, stanovili jsme kladný boční tok (přítok) z rozdílu konečné zásoby a hodnoty polní kapacity. Zápornou hodnotou bočního toku (odtok) následujícího intervalu jsme považovali za rovnou hodnotě přítoku z předchozího období, pokud byla konečná zásoba intervalu menší než počáteční.

PROSTOROVÁ VARIABILITA VODNÍHO REŽIMU PŮDY

Maloplošná prostorová variabilita vodního režimu půdy byla zjišťována na našich výzkumných plochách v chlumní oblasti, které mají rozměr 1,5 × 5,0 m. Grafické znázornění (Mráz 1978) ukazuje průřezové pásy 1,5 m hlubokého půdního profilu v obdobích různých fází půdně hydrologických cyklů. Sací tlak je znázorněn chronoizobary.

Rozložení sušších a vlhčích míst v půdním profilu je stálé, i když se hodnoty v různých fázích mění. Rozdíly nejsou stále stejně velké; v suchých obdobích jsou větší. V povrchových vrstvách půdy jsou sice v časovém průběhu největší rozdíly v sacím tlaku, ale největší prostorové rozdíly byly v suchých letech 1973 a 1974 zjištěny v půdní spodině, a to v souvislosti s inverzí stratifikace půdní vlhkosti. Variabilitu půdní vlhkosti v prostoru mohou vyvolávat kromě půdních vlastností i stromy různých stromových tříd.

VODNÍ REŽIM PŮD RŮZNÝCH LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Vodní režim půd je řízen jak průběhem počasí, tak i půdními vlastnostmi a působením lesního porostu, tedy všemi složkami ekosystému. Rozlišení vlivu těchto jednotlivých složek je obtížné. Proto je účelné posoudit nejdříve poměry v jednotlivých ekosystémech vcelku.

V chlumní oblasti byly předmětem výzkumu dva ekosystémy smrkového hospodářského lesa na svahové hlíně, a to zapojené smrkové porosty 4. věkové třídy. Porost lepšího (přibližně 5.) bonitního stupně roste na podzolované ilimerizované půdě v typu lesa typických jedlin, na mírném JJV svahu (asi 9 %), porost horší (asi 7.—8. bonitního stupně) na pseudogleji náhorní plošiny, v typu borůvkové jedliny.

Ekosystém smrkového porostu na pseudogleji má menší biomasu, nižší evapotranspiraci a nižší intercepci. Suché fáze půdně hydrologických cyklů zasahují podstatně méně mocnou vrstvu půdy, spodina zůstává převážně vlhká a dodává proto plynule podstatně více vody vertikálním tokem do podzemních vod.

V ilimerizované půdě zasahuje vysychání podstatně mocnější vrstvu půdy i spodinu, což přispívá (s výjimkou výrazně vlhkých období) ke vzniku vzestupného toku vody půdní spodinou, a tím i k zastavení dodávky vody do podzemních vod.

Nejvyšších hodnot evapotranspirace bylo dosaženo ve velmi vlhkém roce 1977, a to porosty lepší bonity asi 390 mm, porosty horší bonity na pseudogleji asi 270 mm za vegetační období.

Změny zásoby vody v půdním profilu (1 m mocná vrstva půdy) probíhají v obou ekosystémech různě. Hodnotu 330—340 mm (ze začátku května vlhkého jara 1977) je možno v obou případech považovat za odpovídající polní kapacitě. Maximálně dosažené hodnoty (360—365 mm)

byly opět v obou půdách prakticky stejné, ale naproti tomu se značně lišily minimální hodnoty. V ilimerizované půdě neklesaly pod 250 mm (jen výjimečně 235 mm), v pseudogleji se pohybovaly často okolo 200 až 250 mm, ojediněle klesly na 180 mm. Větší kolísání zásob vody v pseudogleji má za následek horší zásobování porostů vodou, ale neomezuje vertikální tok vody spodinou, protože vysychání se omezuje jen na povrchové vrstvy půdy.

V jihomoravských lužních lesích ve srážkově chudé oblasti byl sledován vodní režim vápnitých jílovitohlinitých lužních půd dubo-jasanových porostů nejlepších bonit velmi bohatého ekosystému s bujným bylinným patrem (*Querceto-Fraxinetum*). Vodní režim těchto půd určovalo tehdy (před regulací řek) kolísání hladiny podzemní vody a hojné záplavy. Ve vlhkých letech (např. 1972) byl půdní profil během vegetačního období převážně nasycen vodou, jen povrchové vrstvy (0 až 60 cm) vykazovaly v létě asi od 10. června do konce července delší vysoušecí fázi, která nezasáhla spodinu. V suchých letech (např. 1971) docházelo i zde ke vzniku dlouhotrvajících a výrazných vysoušecích fází, jejichž pronikání do spodiny zabraňovaly vzestupy hladiny podzemní vody, ovšem jen pokud byla spodina vlhká a měla dostatečně velkou hydraulickou vodivost. Po vyschnutí spodiny ani při vzestupu hladiny v řece nemohla podzemní voda proniknout do půdního profilu pro nízkou vodivost těžkých zemin.

V suchém roce 1971 zasáhlo vysychání půdní spodinu od začátku srpna a trvalo až do podzimu. Povrch půdy může silně vyschnout (na hodnoty nad 80 kPa) a nedostatek vody v kořenovém prostoru může trvat několik měsíců. Vzestupný tok vody spodinou má prakticky význam pro zásobování porostů jen bezprostředně po poklesu hladiny podzemní vody z uvažovaných vrstev. Např. klesala hladina z hloubky 100–140 cm 10. července 1971 rychlostí 8 mm za den, pak se gradient obrátil vzhůru a 1. srpna dosahoval vzestupný vertikální tok nenasyčenou půdou rychlosti 2,6 mm za den. Ale již 22. srpna byl tento tok prakticky bezvýznamný (0,7 mm za den), 13. září už jen 0,07 mm za den. Evapotranspirace dosáhla maximální hodnoty 5,5 mm za den, minimální asi 1,4 mm.

VLIV VLASTNOSTÍ PŮDY

Z půdních vlastností mají největší význam ty, které ovlivňují sací tlak (matriční potenciál), a tím i gradient celkového potenciálu na jedné a hydraulickou vodivost půdy na druhé straně. Při stejném směru gradientu má zpravidla větší význam hydraulická vodivost, která s vysycháním půdy velmi rychle klesá. Změnami hodnot těchto vlastností reaguje půda na přívod vody i na její úbytek vlivem kořenové desukce a odtoku. Zásadní význam má hloubka půdy, která určuje spolu s vodní kapacitou možné zásoby vody v profilech. V půdách s podzemní vodou má kolísání hladiny podzemní vody a případné záplavy často větší význam než srážky.

VLIV POROSTU NA VODNÍ REŽIM PŮDY

Chlumní smrkové porosty představují velmi aktivního činitele, který silně omezuje nebo až znemožňuje průchod srážkové vody lesním ekosystémem ve vegetačním období. Uplatňuje se především kořenovou desukcí v souvislosti s transpirací, teprve v druhé řadě inerpcí srážek. Podstatně silněji působí porosty lepších bonit s větší biomasou. Proto je možno v těchto porostech počítat s podstatně větším vodohospodářským efektem pěstebních zásahů, orientovaných na úpravu vodního režimu, např. na zvýšení produkce disponibilní vody. Při stejném, normálním zápoji se podílejí na produkci disponibilní vody na srovnatelných půdách především porosty horších bonit.

Zatímco se v silně humidních oblastech, kde úhrn srážek překračuje potenciální evapotranspiraci, mění evapotranspirace v průběhu let jen málo, protože srážky kryjí především nároky na evapotranspiraci a zbytek je k dispozici pro odtok (Likens a kol. 1977), dosahuje v naší chlumní oblasti aktuální evapotranspirace hodnot potenciální evapotranspirace jen zřídka, protože srážky jsou zde většinou podstatně nižší než potenciální evapotranspirace. Ve sledovaném období 1973—1980 mohly srážky ve vegetačním období jen ve velmi vlhkém roce 1977 plně krýt potřebu pro evapotranspiraci. V ostatních letech byly porosty podstatně odkázány na zásoby vody v půdě, vytvořené v zimním období. Z toho vyplývá význam tvorby zásob vláhy v zimě a pro volbu dřevin nevhodnost neopadavých dřevin pro tyto oblasti vzhledem k jejich intercepci i v zimě.

Tvorba zásob vody v půdě v zimních obdobích má velký význam i pro těžké, proti záplavám chráněné půdy lužních lesů, protože ekologické působení vzestupu hladiny podzemní vody závisí na hydraulické vodivosti půdních spodin a ta je dostatečně vysoká, jen je-li půdní spodina vlhká.

VLIV PĚSTEBNÍCH ZÁSAHŮ NA VODNÍ REŽIM PŮD

Vliv pěstebních zásahů, především různých sečí na vodní režim půdy má mimořádný význam, protože poznatky o něm jsou předpokladem pro sestavení směrnic k úpravě vodohospodářské funkce lesů.

HOLOSEČ

Průřezové pásy půdního profilu holiny ukazují podstatně nižší prostorovou variabilitu půdní vlhkosti ve srovnání s porostem (Mráz 1978). Na základě šetření z let 1973—1980 je možno konstatovat, že holoseč v daných podmínkách vyvolává podstatné a dlouhodobé zvýšení půdní vlhkosti ve srovnání se zapojeným dospělým smrkovým porostem a současně i tlumení výkyvů půdní vlhkosti, zkrácení trvání vysoušecích fází půdně hydrologických cyklů a omezení změn obsahu vody na povrchové vrstvy půd. I ve srážkově normálních letech je v půdě holiny po převládající část vegetačního období určité množství gravitační vody. To má jak ekologické, tak i hydrologické důsledky. Prakticky stále vysoká vlhkost spodiny působí její vysokou hydraulickou vodivost (pro-

pustnost), a tím i velkou rychlost vertikálního toku nenasycenou půdní spodinou, a proto i trvalou a bohatou dodávku vody do podzemních vod a z nich do vodoteče.

Zásoba vody v půdním profilu (do 1 m hloubky) je na holině prakticky trvale (kromě července a srpna 1976) vyšší než pod smrkovým porostem a je prakticky ve všech měsíčních obdobích vyšší než polní kapacita půdního profilu, zatímco je v půdě pod porostem s výjimkou velmi vlhkého roku 1977 zpravidla nižší než polní kapacita.

Vertikální tok spodinou je ve svých měsíčních úhrnech na holině trvale orientován dolů a je prakticky stále několikanásobně vyšší než pod smrkovým porostem, kde byl (kromě roku 1977) zjištěn ve vegetačním období převážně vzestupný tok vody půdní spodinou.

Příčinou těchto rozdílů je vedle rozdílnosti srážek na holině a pod porostem (vysoká intercepce smrkového porostu) také rozdílná evapotranspirace. S tím souvisí pochopitelně i velikost v zimním období vytvořených zásob vody, které do značné míry předurčují vývoj vodního režimu dalšího vegetačního období. Obě srovnávací plochy leží na ilimerizované půdě podzolované, takže uvedené závěry se týkají smrkových porostů lepší bonity.

CLONNÁ SEČ

Pro posouzení vlivu zásahu silnou clonou (obnovní) sečí, kterou bylo odstraněno vždy 50 % dřeva, máme k dispozici výsledky měření z let 1979 a 1980, pro jednu z ploch (4) i z roku 1978. Na ploše 4 byly odstraněny nejtlustší kmeny, na ploše 5 naopak nejtenčí. Výsledný porost na ploše 4 je proto ještě poměrně souvisle zapojen a je tvořen stromy s malými korunami, které byly v původním porostu (plocha 1) utlačeny. Porost na ploše 5 je naproti tomu mezernatý, má menší počet kmenů, které mají velké koruny a byly v původním porostu nadúrovňové nebo plně vyvinuté úrovňové.

V roce 1979 se mezi oběma plochami na clonné seči projevily značné rozdíly. Na ploše 4 byla zásoba vody v půdním profilu (do 1 m hloubky) vyšší než na ploše 5, s výjimkou září a října; na obou plochách byla vyšší než v původním smrkovém porostu a převážně nižší než na holině. Všechny čtyři plochy jsou paralelní plochy na podzolované ilimerizované půdě.

Vertikální tok vody půdní spodinou (v nenasyceném stavu) se na obou plochách na clonné seči velmi lišil. Zatímco se poměry na ploše 4 blížily poměrům na holině, byl vertikální tok na ploše 5, vzdor volnějšímu zápoji, a proto i vyšším podkorunovým srážkám, bližší hodnotám, dosaženým v původním zapojeném smrkovém porostu (plocha 1). Vertikální tok na ploše 4 směřoval stejně jako na holině stále dolů, i když s poněkud nižšími hodnotami (tabulka I). Na ploše 5 byl v červenci a srpnu stejně jako v zapojeném původním porostu orientován vzhůru s poněkud nižšími hodnotami; teprve od září se obrátil směrem dolů.

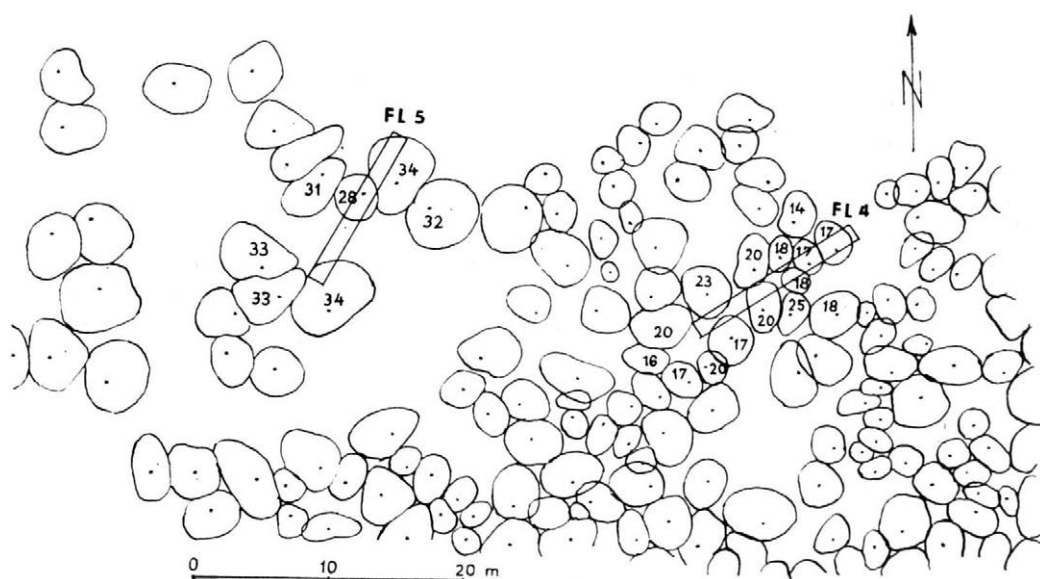
Je pozoruhodné, že rozdíl mezi oběma plochami na clonné seči co do směru a velikosti vertikálního toku spodinou byl vyšší než mezi plochou 5 a původním porostem na jedné a mezi plochou 4 a holinou na druhé straně. Tyto rozdíly jsou vyvolány rozdílnými vlastnostmi porostů obou ploch, vyvolanými zásahem. Na ploše 5, kde zůstal mnohem men-

I. Vertikální tok půdní spodinou ve smrkovém porostu (plocha 1), na clonné seči (plocha 4 a 5) a na holině (plocha 2) v roce 1979. Hodnoty pro uvedené intervaly jsou sumy denních hodnot. Negativní hodnoty znamenají vzestupný, kladné sestupný tok. — Vertical flow in the subsoil in spruce stand (area 1), on the area with shelterwood felling (areas 4, 5) and on the clearing area (area 2) in the year 1979. The values for the given intervals are the sums of daily values. Negative values represent ascending flow, positive values descending flow

Datum	30. 5. — — 29. 6.	30. 6. — — 30. 7.	31. 7. — — 29. 8.	30. 8. — — 28. 9.	29. 9. — — 22. 10.	30. 5. — — 22. 10.
Původní porost (plocha 1)	-3,92	-3,12	-4,06	-2,68	1,0	-7,28
Clonná seč (plocha 5)	—	-0,26 ⁺	-0,68	5,71	10,36	15,13 ⁺⁺
(plocha 4)	25,52	21,23	10,07	1,87	3,51	62,20
Holina (plocha 2)	28,62	16,26	11,88	8,59	6,26	71,61

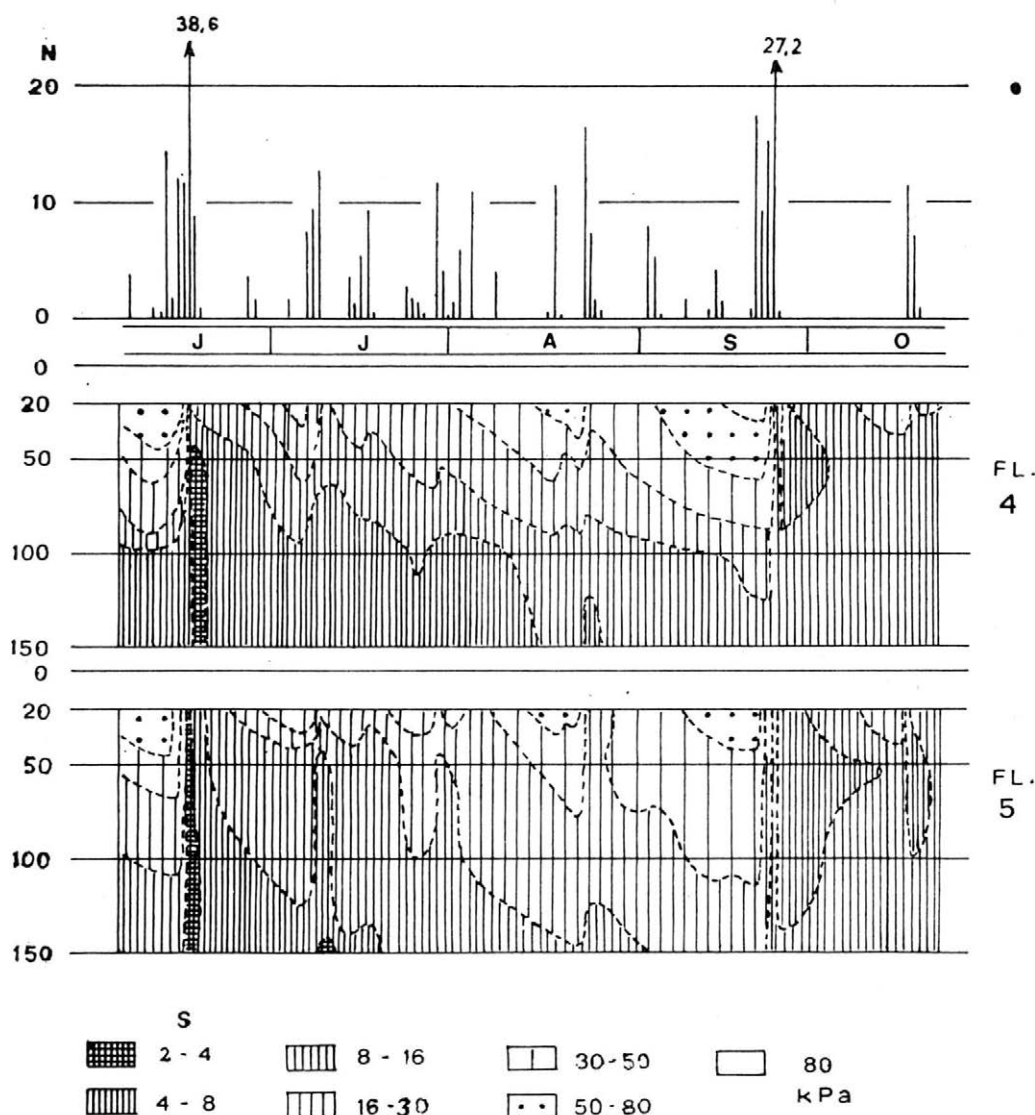
⁺ 4. 7. — 30. 7.; ⁺⁺ 4. 7. — 22. 10.

Plocha 4 — ponechány nejtenčí kmeny. Plocha 5 — ponechány nejlustší kmeny.



1. Korunové projekce na výzkumných plochách na clonné seči (podle V. Fojta) se zákresem vlastních ploch s tenziometry. Čísla znamenají tloušťky kmenů ve výčetní výši. Plocha 4 — tenké kmeny s malými korunami; plocha 5 — tlusté kmeny s velkými korunami (již v původním porostu nadúrovňové a úrovňové). — Tree-crown projections on the research areas with shelterwood felling (after V. Fojt) with the representation of their areas with tensiometers. The numbers designate stem diameters at breast height. Area 4 — slim stems with small tree-crowns; area 5 — thick stems with large tree-crowns (in the original stand already dominant and codominant trees)

ší počet stromů s velkými korunami (při stejném objemu kmenů), je sice při mnohem nižším zápoji množství podkorunových srážek zřetelně vyšší, ale podstatně vyšší je evapotranspirace, jelikož stromy byly už v původním porostu předrůstavé a vládnoucí úrovně a jejich mohutnému rozvoji je úměrný i jejich nárok na vodu a ostatní činitele prostředí.



2. Diagram časového průběhu hodnot sacího tlaku (matričního potenciálu) v půdním profilu obou výzkumných ploch na clonné seči, vyjádřeného chronoizobary. Hustě šrafované plochy znamenají nejvyšší, bílé nejnižší vlhkost. Polní kapacitě odpovídá přibližně interval 8–16 kPa (tj. asi 0,08–0,16 baru). V horní části diagramu srážky na holině. — A diagram of the time pattern of the values of suction pressure (matric potential) in the soil profile of both research areas with shelterwood felling, expressed by chronoisobars. Highest moisture content is represented by dense cross-hatching, lowest by empty areas. The interval of 8–16 kPa (i. e. 0.08–0.16 baries) corresponds to the field capacity. Precipitation on the clearing is in the upper part of the diagram

Právě takové stromy s velkou osluněnou plochou povrchu vykazují největší přírůst.

Na ploše 4 zůstal podstatně větší počet stromů se stejným celkovým objemem kmenů jako na ploše 5, ale jde o tenké stromy, které byly už v původním porostu potlačeny, měly a mají i nadále malý přírůst a tomu odpovídající malé nároky na prostor, vodu a další faktory. Je otázka, za jak dlouho a jestli vůbec budou tyto stromy schopny se přizpůsobit nové situaci a zvýšit svůj přírůst, a tím i silněji ovlivňovat prostředí, jelikož popsaná situace ukazuje poměry již téměř 10 let po zásahu.

Silnou clonnou sečí, která odstraní nejtlustší stromy nejvyšších stromových tříd, by podle toho mělo být možno dosáhnout dlouhodobě podobného vodohospodářského efektu jako holosečí, i když v poněkud menším kvantitativním rozsahu. Přitom by bylo zachováno ochranné působení korun stromů, zabraňující přímému působení energie dopadu vodních kapek na povrch půdy. Muselo by se ovšem počítat s určitými produkčními ztrátami, které jsou při prosvětlování porostů běžné.

VODNÍ REŽIM PŮDY A PŘÍRŮST

V souvislosti s průběžným měřením sacího tlaku (matričního potenciálu vody) během vegetačního období jsme měřili v průběhu řady let tloušťkový přírůst vždy u 10 až 30 stromů (smrků) na třech plochách v chlumní oblasti a u 10 dubů na třech plochách v jihomoravských lužních lesích pomocí dotykového úchytkoměru (mikrometru). Výsledky byly podrobně zpracovány (Mráz 1976, 1977, 1979 z lužních lesů, 1977 z chlumní oblasti). Z tloušťkového přírůstu jsme odvodili přírůst kruhové plochy, který lépe vystihuje ekologické podmínky, a zhodnotili jsme jeho závislost na sacím tlaku a na globálním záření. Za poskytnutí hodnot globálního záření děkujeme laboratoři lesnické klimatologie VÚLHM.

O vlivu ekologických faktorů na přírůst kruhové plochy je možno říci, že kosmické faktory (globální záření) mají sice podstatný význam, protože určují zřejmě počátek a konec vegetačního období, a tím i jeho délku, ale v období plného přírůstu nejsou rozhodující a příliš vysoké hodnoty záření v tomto období přírůst i při plném zajištění zásobování porostů vodou spíše omezovaly.

Rozhodující faktor v období plného přírůstu představuje půdní vlhkost, charakterizovaná sacím tlakem; ten ukazuje nejen množství vody v půdě (přes retenční křivky), ale i pevnost vazby v půdě, a tím i její pohyblivost a přístupnost rostlinám. V období vysoké potenciální evapotranspirace postačí již nepatrný pokles obsahu vody v půdě pod hodnotu polní kapacity k omezení přírůstu. To je v souladu s výsledky, ke kterým došli Denmead a Shaw (1962). Všechny tři plochy v chlumní oblasti měly podstatně vyšší přírůst kruhové plochy ve velmi vlhkém a chladném roce 1977 než v suchém a teplém roce 1976, a to i stále plně vodou zásobená plocha na břehu potoka, která vykazovala stále nejvyšší přírůst ze všech tří ploch.

Jednotlivé stromy si nezachovávají v jednotlivých týdnech a letech stále stejné postavení v pořadí, co do velikosti přírůstu. Zpravidla mají nejvyšší přírůst nadúrovňové stromy, ale jejich přírůst občas překo-

návají některé ze silných úrovnových stromů. Přírůst nadúrovnových a silně přírůstavých úrovnových stromů kulminuje zpravidla dříve než u ostatních stromových tříd. Křivka přírůstu během vegetačního období mívá více vrcholů.

Průměrný přírůst úrovnových stromů se blíží průměrným hodnotám celých ploch a vykazuje současně vysoce průkaznou závislost na sacím tlaku v povrchových vrstvách půdy.

Vysokého přírůstu bylo dosaženo jak při nízkých teplotách v květnu (průměrné denní teploty 6–12 °C), tak při vysokých teplotách (okolo 20 °C) v červnu, vždy však při vysoké vlhkosti půdy. Přírůst stoupá na podzolované ilimerizované půdě se stoupající vlhkostí nejrychleji u nadúrovnových smrků, nejpomaleji u podúrovnových. Nejuzší (vysoce významná) korelace existuje u úrovnových stromů. Podobné závislosti mezi půdní vlhkostí (sacím tlakem) a přírůstem byly zjištěny u dubu v lužních lesích.

ZÁVISLOSTI MEZI PŮDNĚ HYDROLOGICKÝMI A HYDROLOGICKÝMI VELIČINAMI

V zájmu zjištění, zda půdně hydrologické veličiny, např. vertikální tok vody půdní spodinou v nenasyčeném stavu, jsou skutečně měřítkem dodávky vody do podzemních vod, a tím i do vodních toků, jsme věnovali pozornost závislosti těchto hodnot a hodnot průměrného denního odtoku z povodí stanoveného na měrném přepadu J. Krešlem (Mráz 1980). Ukázalo se, že odtok z povodí vykazuje úzkou závislost na vertikálním toku půdní spodinou a na sacím tlaku v povrchových vrstvách půdy (v hloubce 20 cm). Kulminační maxima odtoků nezávisí na sacím tlaku v povrchové vrstvě (20 cm), protože laterální tok půdou po silných srážkách probíhá preferenčními cestami, patrně především humusovými horizonty.

Malé změny ve vodní bilanci ekosystému chlumních smrkových porostů vyvolávají velké změny odtoku z povodí. Proto existuje reálná možnost dosáhnout pěstebními zásahy vodohospodářsky významných efektů.

Došlo dne 2. 3. 1981

Literatura

1. BENECKE, P.: Wasserhaushalt von Buchenbeständen des Sollings. Forst- und Holzwirt, 27, 1972, s. 48-52
2. BENECKE, P.: Soil water relations and water exchange of forest ecosystems. Ecol. studies, Vol. 19, Springer Berlin 1976, s. 101-131
3. BRÜHLART, A.: Jahreszeitliche Veränderungen der Wasserbindung und der Wasserbewegung. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers., 45, 1969
4. DENMEAD, O. P. — SHAW, H. R.: Availability of soil water to plants as affected by soil moisture... Agron. J., 54, 1962, s. 385-390
5. FLÜHLER, H. a kol.: Bestimmung von hydraulischen Parametern für die Wasserhaushaltsuntersuchungen... Z. Pflanzenern. 1976, s. 329-342
6. LIKENS, G. E. a kol.: Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer, New York, 1977
7. MARSHALL, T. J.: A relation between permeability and size distribution of pores. J. Soil Sci., 9, 1958, s. 1-8

8. MICHOWIČ, A. I. — RODE, A. A. — ŠPAK, I. S.: O lesných polosach, „mertvom gorizontě issušenija“ i uslovijach... Počvoveděnie, 1976, s. 26-36
9. MRÁZ, K.: Vliv půdní vlhkosti na tloušťkový přírůst dubu letního v nezaplavaném luhu. Lesnictví, 22, 1976, s. 403-414
10. MRÁZ, K.: Vodní režim jihomoravských lužních lesů před dokončením vodohospodářských úprav... Lesnictví, 23, 1977, s. 1-22
11. MRÁZ, K.: Present results of the research into the water regime of soils of spruce forests in hills... Comm. Inst. For. Čech. 10, 1977, s. 17-26
12. MRÁZ, K.: Vodní režim půd smrkových porostů chlumní oblasti při Želivce. Práce VÚLHM, 50, 1977, s. 7-31
13. MRÁZ, K.: Změny vodního režimu ilimerizované podzolové půdy chlumních smrkových porostů v letech 1973-1975. Lesnictví, 24, 1978, s. 101-118
14. MRÁZ, K.: Vliv dokončených vodohospodářských úprav na lužní lesy jižní Moravy. Lesnictví, 25, 1979, s. 45-56
15. MRÁZ, K.: Produkční význam půdní vlhkosti v chlumních smrkových porostech. Práce VÚLHM, 55, 1979, s. 7-20
16. MRÁZ, K.: Závislost mezi některými hydropedologickými a hydrologickými veličinami v chlumních smrkových porostech na pseudogleji. Lesnictví, 26, 1980, str. 699-712
17. RODE, A. A.: Osnovy učení o počvennoj vlage. T. II. Metody izučení vodnogo režima počv. Gidrometeor. Izd., Leningrad, 1969

MPAZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady).
 Результаты обследований водного режима лесных почв в 1970—1980 гг. Lesnictví, 27,
 1981 (8): 727-740.

Гидропочвоведческие методы в термодинамическом аспекте, основанные на измерении водного потенциала с помощью тензометров, имеют ряд преимуществ перед остальными гидрологическими методами. Почва — это почти 10-кратный резервуар воды по сравнению со всеми существующими в нашей стране водоемами; поэтому необходимо изучить ее закономерности и научиться регулировать ее режим.

Разработки проходили как в пойменных лесах в связи с водохозяйственной регулировкой рек, так и в двух экосистемах из холмистых еловых посадок в экспериментальном бассейне. В ходе систематических измерений в 1973—80 гг. установлена значительная изменчивость водного режима почвы под взрослыми сомкнутыми ельниками в зависимости от характера погоды в отдельные годы. Расположение и характер педогидрологических циклов (от увлажнения профиля до иссушения) показывают тип водного режима почвы в данный год, пространственная изменчивость которого сохраняется ряд лет и зависит от свойств почвы и растительности, в частности от деревьев разного класса. Почва влияет на водный режим, главным образом, своей гидропроводностью (проницаемостью), глубиной и др. свойствами, воздействующими на режим посредством корневой системы. Ельники хороших бонитетов из богатых экосистем черпают из почвы больше воды, чем на посредственных бонитетах с меньшей биомассой, которые поставляют больше воды в грунтовой сток. Сравнивать влияние разных древесных пород на водный режим почвы весьма сложно из-за разной степени сомкнутости, количества биомассы и расклонения корней у разновозрастных пород. Опадающие породы образуют большой запас зимней влаги в почве. Эти условия разные в отдельных климатических областях.

Вопрос влияния лесохозяйственных вмешательств на водный режим не маловажен: от этого зависит возможность составления указаний по лесохозяйствованию как в области водохозяйственных функций леса, так и в аспекте увеличения лесопродукции. Особое значение имеет исследование влияния разных древесных классов. Сплошная рубка означает в данных условиях существенное увлажнение почвы и постоянный рост водного запаса. Кулисная рубка (сильное вмешательство с отбором 50% массы) при сохранении на месте сильных деревьев выше полога и согосподствующих не дает заметного увеличения влажности почвы, несмотря на прорыв сомкнутости, тогда как тот же отбор при сохранении слабых деревьев низких классов, при повышенных сомкнутости и влагозадержании дает почти такое же увлажнение, как сплошная рубка.

Выявлены тесные зависимости между кривыми водного режима почвы в вегетацию и прироста ели по диаметру в холмистых местностях и черешатого дуба в пойменном лесу. Существуют значительные различия между экосистемами и отдельными годами. Деревья разных классов ведут себя по-разному.

лесное почвоведение; гидропочвоведческие методы; водный режим почв

MRÁZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Results of Research Conducted in 1970—1980 on the Water Regime of Forest Soils*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 727-740.

Hydropedological methods (their thermodynamic conception), by which the hydraulic potential is measured by tensiometers, fit much more than other hydrological methods. The soil is a water reservoir approximately ten times larger than all water basins in this country; therefore its regularities should be studied to learn how to control its water regime.

The research was conducted in riverine forests, along with the regulation of water-courses, and in two ecosystems of hilly spruce stands on the experimental catchment area. In the course of continual measurements performed in the years 1973—1980 a high time variability of the soil water regime was observed in mature closed spruce stands in dependence on the weather of particular years. The pattern of the soil water regime in the particular year is given by a distribution and characteristics of the pedohydrological cycles (from profile wetting to drying). The variability of the soil water regime on the area is maintained in the course of the years and is influenced by the properties of soil and forest stand, especially by trees of various tree classes. The water regime is influenced by soil hydraulic conductivity (permeability), depth and other properties acting indirectly through affecting the root systems. Spruce stands of better site quality in rich ecosystems draw more water from the soil than spruce stands of worse site quality with a smaller volume of biomass, from which more water is supplied to ground waters. A comparing of the influence of different tree species on the soil water regime is complicated in view of differentiated canopy, biomass quantity and root quantity in coeval forest stands with different tree species. Great reserves of ground water are produced in soil under deciduous trees in winter. The relations can vary considerably in different climatic regions.

The effect of water-management measures taken in forest stands on the water regime is important in practice because it underlies a devising of the rules of management, both with regard to the water-management influence of the forest and to the increase in production. Of particular importance is the influence of the trees of various tree classes. On a clear-felling area the soil moisture content is increased considerably and the production of available water becomes higher permanently. By shelterwood felling (50% volume of stem biomass felled) and if strong dominant and codominant trees are left, an increase in the soil moisture content was not evident although the canopy was released; by the tending measure of the same intensity if weak trees of lower tree classes are left, the canopy being denser and interception higher, the humidification was almost the same as that by clear felling.

Close relations were observed between the pattern of the values of soil water regime in the course of the growing season and the pattern of diameter increment in spruce in the hilly region and English oak in riverine forest. Differences among the ecosystems and years are great. The behavior of the trees of various tree classes is variable.

forest pedology; hydropedological methods; soil water regime

MRÁZ, K. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Ergebnisse forsthydrologischer Untersuchungen in den Jahren 1970—1980*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 727-740.

Bodenhydrologische Methoden in thermodynamischer (energetischer) Auffassung, die von der Messung des Potentials des Bodenwassers mit Hilfe von Tensometern ausgehen, besitzen viele Vorzüge vor anderen hydrologischen Methoden. Der Boden stellt ein ungefähr 10mal größeres Wasserreservoir dar als alle Stauseen bei uns. Deswegen ist es nötig seine Gesetzmäßigkeiten kennenzulernen um seinen Haushalt regulieren zu lernen.

Die Forschungsarbeiten verliefen einerseits in Auenwäldern im Zusammenhang mit der Flußregulation, andererseits in zwei Ökosystemen von Fichtenbeständen eines Forschungseinzugsgebietes im Bergland. Im Laufe kontinuierlicher Messungen in den Jahren 1973—1980 wurde große zeitliche Variabilität des Bodenwasserhaushalts erwachsener geschlossener Fichtenbestände in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf der einzelnen Jahre festgestellt. Verteilung und Charakter der bodenhydrologischen Zyklen (von der Durchfeuchtung des Profils bis zu seiner

Austrocknung) bestimmen den Charakter des Bodenwasserhaushalts des gegebenen Jahres. Die räumliche Variabilität des Bodenwasserhaushalts bleibt im Laufe der Jahre erhalten und wird durch die Eigenschaften des Bodens und des Bestandes beeinflusst, insbesondere durch den Einfluß von Bäumen unterschiedlicher Baumklassen. Der Boden beeinflusst seinen Wasserhaushalt vor allem durch seine Wasserleitfähigkeit und seine Tiefe sowie auch andere Eigenschaften, die z. T. indirekt über die Beeinflussung von Wurzelsystemen der Bäume wirken. Fichtenbestände besserer Bonität in reicherer Ökosystemen entziehen dem Boden mehr Wasser als Fichtenbestände geringerer Bonität mit geringerer Biomasse, die mehr Wasser ins Grundwasser liefern. Der Vergleich des Einflusses verschiedener Holzarten auf den Bodenwasserhaushalt stellt ein kompliziertes Problem dar angesichts unterschiedlicher Verhältnisse des Kronenschlusses, der Biomasse und der Durchwurzelung in Beständen verschiedener Holzarten in gleichem Alter. Laubwerfende Holzarten ermöglichen die Bildung größerer Wintervorräte an Bodenwasser; allerdings können die Verhältnisse in verschiedenen Gebieten unterschiedlich sein.

Große praktische Bedeutung kommt dem Einfluß wirtschaftlicher Eingriffe in die Bestände auf den Bodenwasserhaushalt zu, da von der Lösung dieses Problems die Möglichkeit der Aufstellung von Richtlinien zur Waldbewirtschaftung sowohl in Bezug auf die Regelung der wasserwirtschaftlichen, als auch der Produktionsfunktion des Waldes abhängt. Besondere Bedeutung erlangt die Erforschung des Einflusses von Bäumen verschiedener Baumklassen. Der Kahlschlag bedeutet unter den gegebenen Bedingungen eine wesentliche Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit und dauernde Erhöhung der Produktion von disponiblen Wasser. Ein starker Schirmschlag (durch Entfernung von 50 % der Holzmasse) bei Erhaltung starker vorwüchsiger und herrschender Bäume brachte keine deutliche Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit trotz stärkerer Auflockerung des Kronenschlusses, während nach gleich starkem Eingriff, nach dem schwache Bäume niedrigerer Baumklassen stehen blieben, trotz dichterem Kronenschluß und höherer Interception ein ähnlicher Effekt wie durch den Kahlschlag erreicht wurde.

Es zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Werte des Bodenwasserhaushalts im Laufe der Vegetationszeit und dem Durchmesserzuwachs der Fichte im Bergland und der Stieleiche im Auenwald. Große Unterschiede bestehen zwischen verschiedenen Ökosystemen und einzelnen Jahren. Bäume verschiedener Baumklassen benehmen sich unterschiedlich.

forstliche Bodenkunde; bodenhydrologische Methoden; Bodenwasserhaushalt

Adresa autora:

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

VÝSKYT A INTERPRETÁCIA ÍLOVÝCH NÁTEKOV V NIEKTORÝCH HORSKÝCH LESNÝCH PÔDACH

M. Ciesarik

CIESARIK, M. (Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen). *Výskyt a interpretácia ílových nátekov v niektorých horských lesných pôdach*. Lesníctví, 27, 1981 (8) : 741-750.

V rámci komplexného výskumu podzolových, ilimerizovaných a rendzinových pôd, ako aj výskumu pôdnych predstaviteľov vo vybraných štátnych prírodných rezerváciách na Slovensku, sme podrobne skúmali mikroskopické stavby pôd a ich mikromorfológické charakteristiky. Zistili sme, že k premiestňovaniu ílových častíc a k vytváraniu ílových koncentrácií dochádza nielen v typických ilimerizovaných pôdach, ale aj v pôdach, ktoré vznikli na horských svahoch. Identifikovali sme ich tak v hnedých lesných pôdach, ako aj v podzolochoch a vylúhovaných rendzinách. Táto skutočnosť má význam nielen pre pôdno-genetickú interpretáciu, ale aj pre klasifikáciu pôdnych predstaviteľov.

pedológia lesnícka; pôdna mikromorfológia; horské pôdy

V priebehu pôdotvorných procesov sa v pôdnom materiáli vytvára plazma (častice pod $2\ \mu\text{m}$), ktorá je zložená prevažne z ílových minerálov. Z genetického hľadiska ju členíme na plazmové separácie vznikajúce in situ pri zvetrávaní a na koncentrácie predstavujúce určitým spôsobom premiestnené a nahromadené ílové frakcie plazmy. Tieto potom v určitom vývojom štádiu pôdy vytvárajú na stenách vodivých pórov a na povrchu štruktúrnych agregátov povlaky — náteky (kutany), ktoré označujeme v mikromorfologickej terminológii ako argilany, zložené výhradne z ílových minerálov, a feriargilany, na zložení ktorých sa podieľajú aj oxidy Fe.

Z hľadiska klasifikácie pôdotvorných procesov majú dôležitý význam iluviálne náteky. Ich vznik je podmienený vodou prestupujúcou pôdnym profilom, ktorá ílové častice prenáša v suspenzii a potom ich ukladá. Transport častíc a ich uloženie je však závislé od priepustnosti profilu a od fyzikálno-chemických podmienok. Na iluviálny pôvod takýchto nátekov poukazuje najmä ich prednostná optická orientácia.

Problematika a objasnenie mechanizmov premiestňovania ílových častíc v pôdach vyvinutých na zrnitostne ľahších substrátoch, ako sú spraše a sprašové hliny, je v pedologickej literatúre dobre rozpracovaná (Duchaufour 1968, Mc Keague, Arnaud 1969, Fedoroff 1969, 1970, Parfenovová, Jarilovová 1969 a ďalší). Tieto pôdy sú v klasifikačných schémach označované ako pôdy ilimerizované.

Špecifickou zostáva otázka, ako chápať a interpretovať premiestňovanie ílových častíc a tvorbu nátekov v niektorých horských lesných pôdach, ktoré sú v systéme zaraďované k hnedým lesným pôdam, podzolom a vylúhovaným rendzinám. Tieto pôdy sú vyvinuté prevažne na rôzne mocných svahovinových materiáloch kryštalinika, vulkanických a sedimentárnych hornín. Zóna, v ktorej sa náteky či povlaky vyskytujú,

nesúhlasí celkom s kritériom akumuláčného horizontu, ktorý je vyvinutý pri ilimerizovaných typoch.

V mikromorfologickej literatúre sa týmto fenoménom venuje menšia pozornosť a najmä ich interpretácia je nedostatočná. Brewer (1972) interpretuje všetky argilany pórov, v ktorých zrná ílových minerálov majú silnú prednostnú orientáciu svojou väčšou plochou rovnobežne s povrchom pórov, ako uloženy zo suspenzie pri vysušovaní, najmä ak argilany neobsahujú skeletové zrná. Aj v prácach ostatných autorov je venovaná pozornosť hlavne argilanom tvoriacim sa v typických ilimerizovaných pôdach.

MATERIÁL A METODIKA

Pre mikromorfologickú interpretáciu ílových nátekov sme vybrali desať pôdnych profilov, ktorých základné pedologické i mikromorfologické charakteristiky sme skúmali v minulých rokoch. Profily sú z rôznych oblastí Slovenska. Zámerne sme vybrali tie, ktorých nadmorská výška je vyššia ako 640 m, teda orograficky patria do terénu veľhornatín. Študované pôdne predstavitelia zaraďujeme podľa Šályho (1978) k rendzinovým pôdam, hnedým lesným pôdam a k podzolom. Sú to profily:

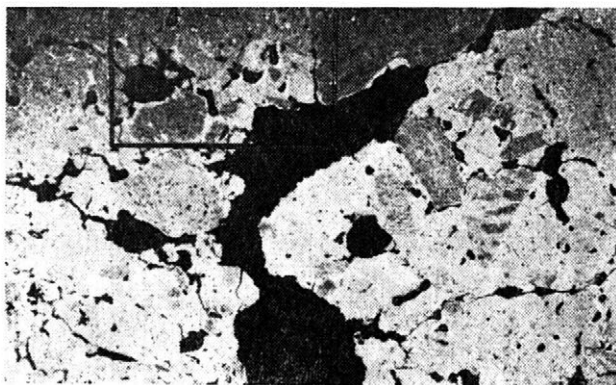
1. Čičmany 1 — n. v. 820 m, svah 15° — hnedá vylúhovaná rendzina z vápenčovej svahoviny.
2. Slemä 2 — n. v. 1300 m (ŠPR Ohnište, N. Tatry), svah 35—40°, vylúhovaná rendzina z vápencov.
3. Srdiečko 2 — n. v. 1215 m (N. Tatry), svah 15°, hnedá lesná pôda zo zmiešanej svahoviny.
4. Muráň 5 — n. v. 800 m, svah 20°, hnedá lesná pôda z ruly.
5. Rumbáre 1 — n. v. 955 m (ŠPR N. Tatry), svah 25°, hnedá lesná pôda z ílovitej bridlice.
6. Poľana 3 — n. v. 815 m (pohorie Poľana), svah 10°, nenasytená hnedá lesná pôda zo svahoviny granodioritu a andezitového aglomerátu.
7. Ruské Pekľany 1 — n. v. 650 m, svah 20°, železitý podzol zo svahoviny arkózovitého kremenca.
8. Rumbáre 2 — n. v. 865 m (ŠPR N. Tatry), svah 15°, železitý podzol zo svahoviny granodioritu.
9. Oravská Polhora 1 — n. v. 920 m (Oravské Beskydy), svah 15°, železitý podzol zo svahoviny solánskych vrstiev.
10. Pilsko 3 — n. v. 1300 m (ŠPR Oravské Beskydy), svah 20°, železitý podzol z pieskovca.

Mikroskopické preparáty — pôdne výbrusy — sme zhotovili z neporušených pôdnych vzoriek, postupom zaužívaným na našom pracovisku (Ciesarik 1971). Pôdny materiál sme impregnovali polyesterom Chs 104. Orientácia výbrusov bola prevažne vertikálna. Vlastné mikromorfologické hodnotenie sme robili podľa Brewera (1964). Pre interpretáciu sme použili základný analytický materiál, ktorý neuvádzame. Uvedený je v príslušných citovaných prácach, resp. v záverečných výskumných správach. Signatúra jednotlivých horizontov je podľa Šályho (1978).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z uvedených pôdnych predstaviteľov sa vyskytujú ílové náteky (povlaky) obyčajne v spodných častiach horizontov B, v prechodných horizontoch a v podložných dezintegrovaných substrátoch. Vyvinuté sú v relatívne dobre zvýraznených póroch, najmä vodivých kanálikoch. Často sú prítomné aj v trhlinách či kavernózných dutinách zvetraných litoreliktov, prípadne medzi hrubšími zrnami mikroskeletu. Makrosko-

1. Štruktúrny fotograf hne-
dej lesnej pôdy profilu Rum-
báre 1, hor. B/C, 100—110 cm
s pomerne dobrou priepus-
tnosťou. Označený výsek je na
obr. 2. — Structural photo-
gram of brown forest soil oof
the profile Rumbáre 1, horizon
B C, 100—110 cm, good perme-
ability. A designated section
is in Fig. 2



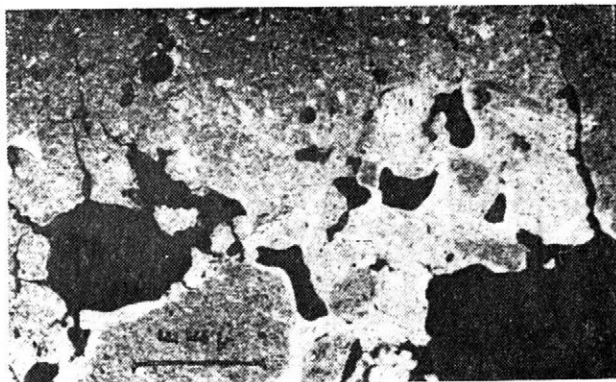
picky sú prakticky nepozorovateľné. Náteky sú prevažne žlté až žlté-
červene sfarbené, niekedy aj špinavožlté (dispergovaný humus). Červe-
navé odtiene sú zrejme spôsobené prítomnosťou oxidov Fe. V podložných
horizontoch sú náteky spravidla hrubšie ako v horizontoch B. Zvrstve-
nie je menej časté, než napr. v typických ilimerizovaných pôdach. Dô-
ležitým znakom je deštrukcia nátekov a včleňovanie ich útržkov do
základnej hmoty. Tento jav je častejšie pozorovaný v profiloch podzolo-
vých pôd. Čo sa týka optickej orientácie, možno konštatovať, že vo
všetkých prípadoch ide o náteky s prednostnou optickou orientáciou.
Extinkčné línie v polarizovanom svetle majú často podobu kríža.

Ako vidieť z tabuľky I, ílové náteky sa najčastejšie objavujú v hne-
dých pôdach, menej v podzolových pôdach. V hnedých lesných pôdach
sú aj najlepšie vyvinuté. V profile Rumbáre 1 alebo i Srdiečko 2, majú
takmer taký stupeň vývoja, aký je známy v typických ilimerizovaných
pôdach na sprašových pahorkatinách. V podzolových pôdach sú najin-
tenzívnejšie vyvinuté v profile R. Pekľany 1. Najchudobnejší výskyt
(hrúbkou i počtom) sme zistili vo vylúhovaných rendzinách.

V niektorých profiloch, najmä v tých, ktoré majú hodne hrubého
skeletu, možno sledovať ílové náteky spolu s prachovými. Častý je jav, že
prachová koncentrácia pokrýva koncentráciu ílovú (Srdiečko 2, R.
Pekľany 1).

Z mnohých publikovaných prác (Mc Keague, Arnaud 1969,
Parfenovová, Jarilovová 1960, 1969, Duchaufour 1968,

2. Zväčšený výsek z obr. 1.
Viditeľné sú dobre vyvinuté
vodivé póry s ílovými náte-
kovými koncentraciami. — An
enlarged section from Fig. 1.
Developed conductive pores
with clay films are discernible
well



I. Základné mikromorfologické charakteristiky ílových nátek. — Basic micromorphological characteristics of clay films

Označenie profilu a pôdnych predstaviteľov	Horizont	Vzorka z hĺbky, cm (výbrus)	Plazma	Charakteristika nátek	Poznámky
Čičmany 1 (vylúhovaná rendzina)	C	75 — 80	žltá, skelsepická	nevýrazne orientované drobné argilany	
Slemä 2 (vylúhovaná rendzina)	/B/ Ca	50 — 55	žltohnedá, insepická (masepická)	drobné argilany, tiež v kavernóz- nych litoreliktoch)	
Srdiečko 2 (hnedá lesná pôda)	B 1	25 — 30	hnedožltá, skelsepická	—	prevaha sedi- mentov miestne prí- tomný i CaCO_3
	B 3	70 — 75	žltá, skelsepická	—	
	Cd 1	115 — 120	žltá, skelsepická	—	
	Cd 2	185 — 190	žltá (žltohnedá), skelsepická (masepická)	žlté až žltočervené feriargilany, súvislé, nedeformované, miestami kombinované s pra- chovým materiálom	
Muráň 5 (hnedá lesná pôda)	B 1	60 — 65	žltá, insepická, v okolí pórov vosepická	tmavšie žlté až žltočervené feriargilany väčšinou nede- formované, opticky prednostne orientované	
Rumbáre 1 (hnedá lesná pôda)	/B/ v	30 — 40	svetlohnedá, prevažne lattisepická	—	
	B/C	100 — 110	žltá (žltohnedá), lattisepická (vomase- pická)	typické iluviálne argilany a ferrirargilany súvislé, nedeformované, často s meniskovitým zakončením; pomerne hojné	prítomnosť veľmi malého množstva CaCO_3

1. Pokračovanie tab. I

Označenie profilu a pôdnych predstaviteľov	Horizont	Vzorka z hĺbky, cm (výbrus)	Plazma	Charakteristika nátekov	Poznámky
Poľana 3 (hnedá nasýtená pôda)	Bv	50—55	žltá, skelsepická (lattisepická)	žlté (špinavožlté) argilany, súvislé, menej často deforma- vané a začleňované do základ- nej hmoty	
	C 1	75—80	žltá, skelsepická (masepická)	špinavožlté argilany vo vodi- vých póroch, tiež v kavernách litoreliktov	
	C 1	110—115	žltá, skelsepická	viac deformované argilany a začlenené; miestne i seskvany	
Ruské Pekľany 1 (železitý podzol)	Bs 1	20—30	silasepická	—	
	Bs 2	50—55	insepická (silasepická)	prevažne útržky argilanov včlenené do základnej hmoty	
	C 2	120—130	silasepická	hrubé, súvislé, opticky orien- tované ferriargilany na stenách vodivých pórov; tiež deštruo- vané a včlenené do prachovej základnej hmoty	
Rumbáre 2 (železitý podzol)	Bsh	35—40	žltá, skelinsepická (lattisepická)	—	
	B/C	55—60	žltá, insepická (lattisepická)	žlté argilany kanálikov s výraz- nou optickou orientáciou	
	C 1	95—100	žltá, insepická, (miestami silasepická)	ojedinelé argilany kanálikov; častejšie útržky argilanov začle- nených do základnej hmoty	

2. Pokračovanie tab. I

Označenie profilu a pôdnych predstaviteľov	Horizont	Vzorka z hĺbky, cm (výbrus)	Plazma	Charakteristika nátekov	Poznámky
Oravská Polhora 1 (humusovo-železitý podzol)	Bsh	50 – 55	silasepická, miestami insepická	náznaky slabých koncentrácií na stenách vodivých pórov	
	C 1	100 – 105	žltá, masepická	žlté argilany zaplňujúce vodivé kanáliky; tiež tlakové kutany	
Pilsko 3 (železitý podzol)	Bs	45 – 50	hnedožltá, insepická (skelsepická)	—	
	C 1	70 – 75	hnedožltá, skelsepická	?	
	C 1	90 – 95	žltá, výrazné separácie skelsepické, insepické (omnisepické)	žltavé argilany difúzneho i iluviálneho charakteru; miestami pozorovať ich deštrukciu a včleňovanie do základnej hmoty	

1977, Fedoroff 1969, Guillet a kol. 1979, Šály 1978 a ďalší) je známe, že k vymývaniu a premiestňovaniu ílových častíc v pôdnom profile dochádza vtedy, keď je odtransportovaný uhličitán vápenatý, vytvorená priaznivá reakcia (pH 5,5 až 6,5) a profil je periodicky prevlhčovaný a vysušovaný. Okrem toho je ešte veľmi dôležité, aby jestvujúci íl bol peptizovaný, dispergovaný, k čomu napomáhajú najmä vo vrchných horizontoch organické zlúčeniny (polymery).

Ilimerizačný proces sa vyskytuje v pôdach, v ktorých sa obdobie sucha strieda s obdobím zvýšeného zvlhčenia. V suchom období sa vytvára systém trhlín, ktoré okrem iného fungujú ako vodivé dráhy pre vsakujúcu sa vodu, ktorá uvádza do pohybu dispergovaný íl a v podobe suspenzie ho prenáša. Jeho složenie (vytvorenie náteku v akumuláčnom horizonte) môže nastať pod vplyvom mechanického efektu (napr. od-filtrovanie), fyzikálno-chemických procesov (vyzrážanie, najmä za pomoci Ca iónu) alebo uložením pri vysušení pôdy.

V predchádzajúcich prácach (Ciesarik 1971, 1980), v ktorých sme sa zaoberali aj problematikou ílových nátekov, sme o ich pôvode vyslovili tri myšlienky:

1. Vznik ílových nátekov v uvedených pôdach je viazaný na určité vývojové štádiá tvorby pôdneho sedimentu. Jednotlivé horizonty, v ktorých sa náteky nachádzajú, by zodpovedali určitým priaznivým klimatickým cyklom v pleistocéne, počas ktorých mohlo nastať uvoľnenie a migrácia ílovej plazmy a samotné horizonty by bolo možné považovať za samostatné geologické vrstvy. Túto domnienku podporuje aj skutočnosť, že väčšina týchto profilov sa nachádza na pomerne mocných svahovinách, ktorých vznik podmienili periglaciálne podmienky.

2. Ílové náteky môžu pochádzať aj z pôdnych komplexov, v ktorých prebiehal ilimerizačný proces, a ktorých povrchové horizonty boli v neskorších fázach postihnuté rôznymi činiteľmi odnosu. Zachovali sa len spodné časti horizontov B a horizonty podložné. Súčasný profil je výslednicou neskoršej akumulácie a pedogenézy. Ak pripustíme túto alternatívu, je potrebné ílové náteky chápať ako relikty. Avšak až taký veľký rozdiel medzi nimi není.

3. Možno uviesť aj názory niektorých autorov (napr. Fedoroff 1970), že ílové náteky sa vytvárajú v hnedých lesných pôdach, v ktorých neexistujú prekážky, ktoré by zabraňovali flokulácii a tvorbe ílových uloženín. Z toho vyplýva, že ílové častice môžu v suspenzii migrovať na väčšie vzdialenosti (hlbšie) a ukladajú sa pod vplyvom gravitácie v tom okamžiku, keď presakujúca voda, v ktorej migrujú, stráca svoju rýchlosť.

Myslíme si, že z týchto troch možností vzniku je najpriateľnejšia prvá. Podporujú ju nielen mikroskopické zistenia, ale aj niektoré makromorfologické znaky. Horizonty, v ktorých sú náteky prítomné, sú spravidla hutnejšie a odlišujú sa aj farebne (hnedé odtiene). Poukazuje to na intenzívny čiastkový pôdotvorný proces, ktorý prebiehal v materiáloch svahovín pravdepodobne ešte v období starého würmu, z ktorého sú známe teplé klimatické obdobia. V neskorších klimatických a pôdotvorných fázach boli horizonty postupne prekrývané mladšími materiálmi. To, že v hnedých lesných pôdach sú náteky obyčajne intenzívnejšie vyvinuté, môžeme vysvetliť tým, že jednako pôdotvorný sutinový materiál obsahoval väčšie množstvo zdrojov pre tvorbu pôdneho ílu, alebo tým, že

určitú úlohu zohrávajú aj ióny Ca [profily Srdiečko 2 a Rumbáre 1].

Proti tomu, že sa povlaky utvárali v období recentnej pedogenézy svedčí to, že ich výskyt nie je známy v podpovrchových horizontoch a že v niektorých profiloch, najmä hnedých pôd, zaznamenávame pomerne značnú nepriepustnosť vrchných horizontov.

ZÁVER

Mikromorfologickým výskumom lesných pôdnych predstaviteľov v horských oblastiach Slovenska sme zistili, že pôdy týchto oblastí obsahujú fenomény ilimerizačného procesu v podobe ílových povlakov a nátekov (hlavne feriargilanov), vyskytujúcich sa obyčajne v spodných častiach horizontov B a v horizontoch podložných. Na základe mikromorfologických znakov ich interpretujeme ako produkty uložené zo suspenzie prestupujúcich vôd. Proces pravdepodobne prebiehal ešte v pleistocéne, najskôr v staršom würme.

Zistenie považujeme za vážnu skutočnosť, ktorú by bolo treba zohľadniť pri pôdno-genetickej interpretácii, ale aj pri systematike lesných pôd.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatúra

1. BREWER, R.: Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley and Sons, Ins. 1964 470 s.
2. BREWER, R.: The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, 8, 1972, s. 81-94
3. CIESARIK, M.: Mikromorfologická charakteristika pôdnych typov Slovenska. KDP, VŠLD, Zvolen, 1971, 260 s.
4. CIESARIK, M.: Mikromorfologické štúdium ílových koncentrácií v niektorých pôdach. 6. Conf. on Clay Mineralogy and Petrology, referát. Praha — K. Hora, 1973
5. CIESARIK, M.: Mikromorfologický výskum rendzín, podzolových a ilimerizovaných pôd. Závereč. správa výskum. úlohy. Les. fakulta VŠLD, Zvolen, s. 90, 1975
6. CIESARIK, M.: Mineralogicko-mikromorfologický výskum základných pôdnych jednotiek vybraných ŠPR na Slovensku. Záver. správa výskumnej úlohy, Les. fakulta VŠLD Zvolen, 53 s., 1980
7. DUCHAUFOUR, Ph.: L'évolution des sols. Masson et Cie, Paris, 1968
8. DUCHAUFOUR, Ph.: Pédologie 1. Pédogenèse et classification. Masson et Cie, Paris, 1977
9. FEDOROFF, N.: The clay illuviation. Third Int. Working Meeting on Soil Micromorphology. Wrocław, 1969 (ref.)
10. FEDOROFF, N.: Le dépôts des particules migrantes en suspension à travers les sols. 1970, cykl., s. 20, Grignon
11. FEDOROFF, N.: Genèse et morphologie des sols à horizon B textural en France Atlantique. *Se du Sol*, N. 1, s. 29-65, 1968
12. GUILLET, B. — VEDY, J. C. — ROULLER, J. — SOUCHIER, B.: Migration des particules argileuses dans les milieux très acide: Exemple des podzols sur alluvium de grès vosgien. *Mem. Sci. Geol. (Strasbourg)*, 53, 1979, s. 13-18
13. McKEAUGUE, J. A. — ARNAUD, R. J. St.: Pedotranslocation: eluviation-illuviation in soils during the Quarternary. "*Soil Sci.*", 1969, 107, N. 6, p. 428-434
14. PARFENOVÁ, E. J. — JARILOVOVÁ, E. A.: K voprosu o lessivaži i o podzolovaniji. *Počvov. č.* 9, 1960, s. 1-15
15. PARFENOVÁ, E. J. — JARILOVOVÁ, E. E.: Classification schemes of soil

- fabric components. Third Int. Working Meeting on Soil Micromorphology Wroclaw, 1969 (ref.)
16. ŠALY, R.: Svahoviny a pôdy Západných Karpát. Dokt. diz. práca, Zvolen, 1974, s. 330
17. ŠALY, R.: Pôda — základ lesnej produkcie. Príroda, Bratislava, 1978, s. 235

ЦИЕСАРИК, М. (Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen). Появление и интерпретация иловых натеков в некоторых горных лесных почвах. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 741-750.

В рамках комплексного исследования оподзоленных илиммеризованных и рендзиновых почв, а также исследования почвенных представителей в некоторых государственных природных заповедниках Словакии, подробно изучали микроскопическое строение почв и их микроморфологическую характеристику. Установили, что перемещение частиц ила и образование его концентраций встречается не только в типичных илиммеризованных почвах, но и в почвах, развитых на склонах горных территорий. Они были идентифицированы как в бурых лесных почвах, так и в подзолах и выщелоченных рендзинах. Это обстоятельство имеет значение не только для почвенно-генетической интерпретации, но и для классификации почвенных представителей.

лесное почвоведение; почвенная микроморфология; горные почвы

CIESARIK, M. (Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen). Occurrence and Interpretation of Clay Films in some Montane oFrest Soils. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 741-750.

Microscopic textures of soils and their micromorphological characteristics were investigated within the complex research on podzol, illimerized soils and rendzinas and research on soil types in some State Natural Preserves in Slovakia. It was found that the transport of clay particles and formation of clay films occurred not only in typical illimerized soils but also in soils developed on slope solifluctions in mountainous regions. They were identified in brown forest soils, in podzols and leached rendzinas. This is important not only for pedo-genetic interpretation, but also for classification of soil types.

forest pedology; soil micromorphology; montane soils

CIESARIK, M. (Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen). Vorkommen und Interpretation von Tonüberzügen in einigen Gebirgswaldböden. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 741-750.

Im Rahmen der komplexen Erforschung von Podsolböden, von illimerisierten Böden und von Rendsinen als auch der Erforschung von Bodeneinheiten in ausgewählten Staatsforstbetrieben in der Slowakei wurde das mikroskopische Gefüge der Böden und ihre mikromorphologische Charakteristik eingehend untersucht. Es wurde festgestellt, daß die Verlagerung von Tonteilchen und die Bildung von Tonkonzentrationen nicht nur in typischen illimerisierten Böden vorkommt, sondern auch in Böden, die sich auf Hängen in Gebirgsgebieten entwickelt haben. Wir konnten sie in braunen Waldböden als auch in Podsolen und in ausgelaugten Rendsinen identifizieren. Diese Tatsache ist nicht nur für die bodengenetische Interpretation, sondern auch für die Klassifikation von Bodeneinheiten von Bedeutung.

forstliche Bodenkunde; Bodenmikromorphologie; Gebirgsböden

CIESARIK, M. (Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen). L'apparition et l'interprétation des dépôts argileux dans certains sols forestiers de montagne. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 741-750.

Dans le cadre d'une recherche complexe des sols podzoliques, lessivés et des rendzines, aussi bien que d'une recherche des représentants de sols dans les réserves nationales d'Etat choisies en Slovaquie, nous avons étudié en détail les struc-

tures microscopiques des sols et leurs caractéristiques micromorpologique. Nous avons identifié que la translocation des particules argileuses et la formation des concentrations argileuses se rencontrent non seulement dans les sols lessivés typiques, mais aussi dans les sols qui se sont développés sur les pentes des territoires de montagne. C'est ainsi que nous les avons identifiées aussi bien dans les sols forestiers bruns que dans les sols podzoliques et les rendzines lessivées. Cet état de choses a son importance non seulement pour l'interprétation génétique des sols, mais aussi pour la classification des représentants de sols.

pédologie forestière; micromorphologie des sols; sols de montagne

Adresa autora:

RNDr. Milan Ciesarik, CSc., Vysoká škola lesnícka a drevárska, 960 53 Zvolen

KRITÉRIA PRO VYLIŠOVÁNÍ A PRINCIPY MELIORACE PŮD DEGRADAČNÍCH STADIÍ LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

J. Lhotský

LHOTSKÝ, J. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). *Kritéria vylišování a principy meliorace půd degradačních stadií lesních ekosystémů*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 751-766.

Vylišení degradačních stadií produktivních lesních ekosystémů má značný národohospodářský význam, protože umožňuje efektivní využití meliorací a racionální úpravu provozních cílů. Ze syntézy výsledků exaktního šetření v několika sériích vývojových stadií lesních ekosystémů (zachovaného, slabě degradačního, tj. monokulturního, a silně degradačního stadia) v živných, kyselých a chudých souborech lesních typů čtyř růstových oblastí ČSR vyplynul systém diagnostických kritérií pro vylišování degradačních stadií. Poznatky dále vedly k syntéze teoretického modelu degradace a regradace půd lesních ekosystémů, k analýze příčin degradace a k návrhu principů meliorace půd degradačních stadií. Základem komplexu melioračních opatření je chemická meliorace (vápníkem a fosforem) a následná biologická meliorace meliorační dřevinou, resp. přeměnou porostu.

pedologie lesnická; lesní ekosystémy; degradační stadia; meliorace lesnické

Vyhraněnou skupinou degradovaných lesních ekosystémů, k jejichž degradaci došlo v důsledku historických podmínek vývoje lesního fondu ČSSR, jsou degradační stadia původně produktivních lesních ekosystémů, která vznikla v důsledku nesprávného hospodaření v minulosti (nevhodné zakládání monokultur, hrabání steliva v lesích). Degradace postihla půdu a ve svém důsledku celý ekosystém.

Poznání a pochopení tohoto problému, resp. odlišení degradačních stadií potenciálně produktivních lesních ekosystémů od přirozeně chudých lesních ekosystémů, má značný národohospodářský význam. Ten tkví v poznatku, že degradační vývojová stadia lze reálně melioračními opatřeními vrátit na původní produkční úroveň s možností náročnějších provozních cílů. Dosavadní zkušenosti potvrzují reálnou perspektivu degradace bonity těchto degradovaných ekosystémů o 0,8—1,6 bonitního stupně. Zásluha o rozpoznání problému degradačních stadií lesních ekosystémů patří typologické škole Ústavu hospodářské úpravy lesů v Brandýse nad Labem, která také — společně s Výzkumným ústavem meliorací v Praze — problém řešila.

Také syntéza literární rešerše (Lhotský 1974, Lhotský, Podborník 1976, Vinšová, Lhotský 1977, Lhotský a kol. 1980, Lhotský, Vinšová 1981) ústí v potvrzení potřeby řešit meliorační postupy pro degradované lesní ekosystémy, které jsou nejen rezervou pro zvýšení tvorby dřeva, ale i částí životního prostředí, které lze a je třeba rehabilitovat. Potvrzuje též, že základem degradačního postupu bude kombinace chemické a biologické meliorace, která uvolní utlumené procesy látkového koloběhu a zajistí jejich vyšší energetickou úroveň. Potvrdila také, že mimořádnou úlohu při tom má horizont nadložního humusu i prvky vápník a fosfor.

SYNTEZA VÝSLEDKŮ Z EXPERIMENTÁLNÍCH ŠETŘENÍ V SÉRIÍCH VÝVOJOVÝCH STADIÍ VYBRANÝCH LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Experimentální šetření jsme uskutečnili ve čtyřech růstových oblastech ČSR, kde se nejvíce vyskytují degradační stadia lesních ekosystémů, jejichž degradace byla způsobena nesprávným hospodařením v minulosti.

Na několika sériích vývojových stadií lesních typů na identických stanovištích byla potvrzena existence degradačních stadií, byly vyšetřeny diagnostické znaky degradace půdy, byla vytypována kritéria pro vylišování těchto degradačních stadií a v poslední fázi též odvozeny principy jejich regenerace (meliorace).

Z našich dosavadních poznatků vyplynula tato kategorizace vývojových stadií zkoumaných lesních typů a příčin degradace:

stadium:	příčina degradace:
zachované (přírozené)	—
kulturní (hospodářské)	obvykle s vhodnou záměnou dřeviny
slabé degradační	obvykle nevhodná záměna dřevin
silné degradační	obvykle nevhodná záměna dřevin spojená s devastacím hospodařením (např. hrabáním v selských lesích)

Úroveň zachovaného stadia si udržuje i kulturní stadium s vhodnou dřevinnou skladbou, i když neodpovídá přírozené skladbě lesního typu, kde však není zatím pozorována újma na produkční schopnosti stanoviště. Slabé degradační stadium je vyvoláno obvykle prohlubujícími se negativními důsledky působení monokultury nebo nevhodné záměny dřeviny (smrková a borová stadia). Zejména zde se vyskytují dynamicky spojitě přechody. Silné degradační stadium se projevuje zřetelným hlubokým vlivem na zhoršení fytocenózy, půdních režimů a produkce. Hlavní známky degradace jsou současně hlavními důsledky nerovnováhy v ekologických systémech. Jsou to především tyto projevy: stupňující se okyselení půdy; zhoršení kvality a formy humusu, akumulace opadu v nadložním horizontu a podstatné omezení až zastavení mísení humusu s minerální zeminou, tvorba surového humusu; zhoršení biologické činnosti půdy; snížení objemu uvolňovaných živin; ochuzení vrchních půdních vrstev o báze a ostatní živiny; další projevy degradace půdy (zhoršení struktury, zhutnění, snížení propustnosti půdy pro vodu, prohloubení procesů ilimerizace podzolizace, oglejení); omezení fyziologicky účinného profilu půdy (aktivní mělkost profilu); zjednodušení biocenózy.

Základními ukazateli těchto degradačních procesů jsou zejména pH a jeho dynamika v profilu, forma a kvalita humusu, intenzita a hloubka jeho migrace do minerálních horizontů, obsah přístupných živin, biologicko-biochemické testy intenzity látkových přeměn, fytocenologický rozbor přizemní vegetace a produkční ukazatele. Všechny ukazatele je ovšem třeba posuzovat komplexně. Přitom se váha jednotlivých ukazatelů pro jednotlivé soubory lesních typů mění. Tak např. pro živné soubory jsou významné všechny znaky degradace, pro kyselé soubory klesá významnost pH a formy humusu, stoupá však význam množství

	Vývojové stadium ekosystému			
	zachované	slabě degradační (smrkové)	slabě degradační (borové)	silně degradační
Údaje o porostu	37b : bo3, sm2, lp1, db1, jd1, bk1, hb1; 115 let	2b : sm5, bo5; 111 let	2d ₃ : bo10, db; 115 let	1d ₅ : bo10; 115—120 let
Diagnostické kritérium: 1. půdní reakce	slabě kyselá, pH stoupá do hloubky (5,6—6,3); Ao : 6,0 pH	postupující acidifikace vrchních vrstev (4,6—6,1 pH); Ao : 5,1 pH	postupující acidifikace vrchních vrstev (4,6—7,0 pH); Ao : 4,9 pH	acidifikace profilu (4,8—6,0 pH); Ao : 4,6 pH
2. forma a kvalita přeměny opadu	mělový moder (4 cm), difer. vrstvy L, F, H; C : N = 16	moder (4 cm), difer. 2 vrstvy L, F + H; C : N = 18	moder (3 cm), difer. 2 vrstvy L, F + H; C : N = 16	surový moder (3 cm); ostře oddělený, slabě dif.; C : N = 22
3. biologická aktivita půdy	bohatá (index 1,0)	silně snižená v Ao (počet zárodků index 0,3), vyšší podíl mikromycet	slabě snižená; vyšší podíl mikromycet	snižená (index 0,8—0,5)
4. a) uvolňování živin z Ao b) pohotovost zásoba příst. živin v A	pro všechny živiny index 1,0 index 1,0	Ca 0,7; P 0,3; K 1,4; Mg 0,4; N 0,9 P 0,8; K 1,2; N 1,0	Ca 0,6; P 0,4; K 1,7; Mg 0,8; N 0,8 P 1,2; K 1,1; N 1,1	Ca 0,9; P 0,3; K 1,6; Mg 0,3; N 0,9 P 0,8; K 1,0; N 0,6
5. migrace látek v půdě	dobré smíšení humusu, obohacení A o humus a živiny, slabé obohacení B o jílnaté částice	částečné míšení humusu, ochuzení vrchních a obohacení spodních vrstev (známky podzolizace)	nepatrné míšení humusu, ochuzení vrchních a obohacení spodních vrstev (známky podzolizace)	zastavené míšení humusu, ochuzení o báze celého profilu, výrazné známky podzolizace
6. ostatní kritéria	nahore drobtovitá struktura, kyprá zemina do 35 cm, dole tužší konzistence (obj. hm. 1,00—1,64 g . cm ⁻³ ; pórovitost A—B 49 %) druhová pestrost přízemní vegetace	nahore moučná nebo prášná struktura, kyprá do 20 cm, dole tužší (obj. hm. 1,14—1,71 g . cm ⁻³ ; pórovitost A—B 44 %) zjednodušené druhové složení přízemní vegetace, nízká pokryvnost	nahore moučná struktura kyprá do 20 cm, dole tužší (obj. hm. 1,47—1,66 g . cm ⁻³ ; pórovitost A—B 42 %); zjednodušené druhové složení přízemní vegetace	nahore moučná nebo prášná struktura, kyprá do 15 cm, dole ztuhlá (obj. hm. 1,38—1,71 g . cm ⁻³ ; pórovitost A—B 45 %); výrazné zjednodušené druhové složení acidofilní příz. vegetace

Růstová oblast: Středočeská pahorkatina; soubor lesních typů: svěží buková doubrava (živná kategorie S — dle ÚHÚL); půdní typ: mezotrofní — oligotrofní hnědozem na granodioritu, okrová lesní půda (dle Pelíška); lokální identifikace: LZ Písek, LS Vráž

II. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série II. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series II

	Vývojové stadium ekosystému		
	slabé degradační (smrkové)	slabé degradační (borové)	silné degradační
Údaje o porostech	2b : sm10, bo; 111 let	2d ₃ : bo9, sm1, db bk; 115 let	1e ₁ : bo10, sm db; 115—120 let
Diagnostické kritérium: 1. půdní reakce	kyselá, pH stoupá do hloubky (4,6—6,2)	kyselá (4,3—5,5 pH)	kyselá (4,3—6,1 pH)
2. forma a kvalita přeměny opadu	moder (4 cm), difer. 3 vrstvy L, F, H, prorostlý kořeny Ao i A	moder (7 cm), difer. 3 vrstvy L, F, H, prorostlý kořeny Ao	moder (6 cm), difer. 4 vrstvy L, F ₁ , F ₂ , H, prorostlý kořeny
3. biologická aktivita půdy	relativně bohatá (počet zárodků — index 1,0), vyšší podíl anaerobů a mikromycet; amonifikace slabá a nitrifikace silně snižena	silně snižena (počet zárodků — index 0,3)	silně snižena (index 0,3)
4. pohotová zásoba přístupných živin ⁺	P 0,2; K 0,9; N 1,0	P 0,3; K 0,5; N 0,5	P 0,1, K 0,5; N 0,7
5. migrace látek v půdě	částečné míšení humusu, posun bázi dospodu, souvislé oglejení od 35 cm	částečné míšení humusu, posun bázi dospodu, souvislé oglejení od 20 cm	nepatrné míšení humusu, souvislé oglejení od 35 cm, Bg obohacený o jílové částice, báze a seskvioxyd (známky podzolizace)
6. ostatní kritéria	nahoře moučná struktura, A prokořeněný, zjilnatění od 60 cm, obj. hm. 1,17—1,68 g. .cm ⁻³ (Ø do 50 cm 1,48), pórovitost 36—54 % (Ø do 50 cm 43 %), relativně chudé druhové složení přízemní vegetace	nahoře moučná struktura, A prokořeněný, zjilnatění od 50 cm, obj. hm. 1,27—1,60 (Ø do 50 cm 1,53), pórovitost 36—50 % (do 50 cm Ø 41 %), relat. chudé druhové složení příz. vegetace	nahoře mouč. struktura, A prokořeněný, silné zjilnatění od 40 cm, Bg silně ulehlý, obj. hm. 1,57—1,72 (Ø do 50 cm 1,63), pórovitost 35—40 % (Ø do 50 cm 37 %), rel. chudé druhové složení přízemní vegetace

⁺ index 1,0 — zachované stadium ze série I

Růstová oblast: Středočeská pahorkatina; soubor lesních typů: vlhká buková doubrava (živná kategorie ovlivněna vodou V — dle ÚHÚL); půdní typ: mezotrofní hnědozem oglejená na granodioritu, okrová lesní půda oglejená (dle Pelíška); lokální identifikace: LZ Písek, LS Všeteč

III. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série III. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series III

	Vývojové stadium ekosystému		
	zachované ⁺	silně degradační (smrkové)	silně degradační (borové)
Údaje o porostech	220d ₃ : sm4, bo3, jd2, bk1 ; 158 let	219a ₁ : sm10, md ; 115 let	219c ₂ c ₃ : bo10, md ; 120 let
Diagnostické kritérium: 1. půdní reakce	kyselá, pH stoupá do hloubky Ao : 4,5 pH; A _h : 4,0 pH	silně kyselá, pH stoupá do hloubky, Ao : 3,6 pH; Ah : 4,0 pH	silně kyselá, pH stoupá do hloubky Ao : 3,6 pH, Ah : 3,8 pH
2. forma a kvalita přeměny opadu	mělový moder, humifikace 70 %, C : N = 18	surový moder, humifikace 36 %, C : N = 28	surový moder, humifikace 48 %, C : N = 24
3. biologická aktivita půdy	poměrně intenzivní (index 1,0)	silně snížená, (počet zárodků — index pro Ao — 0,4; pro Ah — 0,1), zvýšený podíl mikromycet	silně snížená (počet zárodků — index pro Ao — 0,6; pro Ah — 0,1), velmi slabý rozklad celulózy (index 0,2—0,1)
4. a) uvolňování živin z Ao b) pohotová zásoba příst. živin v A	pro všechny živiny index 1,0 index 1,0	Ca 0,7; P 0,8; K 1,0; Mg 0,7 Ca 0,5; P 0,5; K 1,0; Mg 0,6	Ca 0,4; P 0,4; K 1,3; Mg 0,6 Ca 0,4; P 0,4; K 1,3; Mg 0,6
5. migrace látek v půdě	poměrně dobré míšení humusu, obohacení A	částečné míšení humusu, silná akumulace organické hmoty v Ao, zvýraznění pod- zolizačních procesů	částečné míšení humusu, částečná akumulace organické hmoty v Ao, zvýraznění pod- zolizačních procesů
6. ostatní kritéria	dobré prokořenění a využití celé hloubky profilu	prokořenění A horizontu, velmi zjednodušené druhové složení přízemní vegetace (mechy, lišejníky)	prokořenění Ao horizontu acidofilními polokeři půdního pokryvu, velmi zjednodušené druhové složení přízemní vegetace

Růstová oblast: Středočeská pahorkatina; soubor lesních typů: kyselá bučina (kyselá kategorie K — dle ÚHÚL); půdní typ: oligotrofní hnědozem podzolovaná na migmatitu, hnědá lesní půda podzolovaná (dle Pelíška); lokální identifikace: LZ Písek, LS Všeteč

⁺ svěží bučina na shodném stanovišti

IV. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série IV. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series IV

	Vývojové stadium ekosystému		
	zachované	slabě degradační (smrkové)	silně degradační
Údaje o porostech	28d ₁ : jd6, sm2, bk2; 105 let 37b ₁ : sm8, bk2, md; 108 let	28d ₁ : sm10, bk, jd; 108 let 38b ₁ : sm10, md; 86 let	26b ₃ : sm10, jd, bk; 125–140 let; 40a ₁ : sm7, bo3; 94 let
Diagnostické kritérium: 1. půdní reakce	kyselá; pH stoupá do hloubky (4,6–5,6); Ao : 5,2 pH	postupující acidifikace vrchních vrstev (4,4–5,8 pH); Ao : 4,8 pH	postupující acidifikace vrchních vrstev (4,4–5,6pH); Ao : 4,2 pH
2. forma a kvalita přeměny opadu	mělový moder (5–6 cm), difer. 2, vrstvy L, F + H, C : N = 15	moder (6–8 cm); difer. 2 vrstvy L, F + H; akumulace org. hmoty v Ao; C : N = 26	surový moder (5–7 cm); ostrá difer. 3 vrstev L, F, H; aku- mulace org. hmoty v Ao; C : N = 20
3. biologická aktivita půdy	bohatá (index 1,0)	snížená (počet zárodků – index 0,2–0,4, amoniazce – index 0,3), zvýšený podíl mikromycet	silně snížená (počet zárodků – index 0,1) a zvýšený podíl mikromycet a anaerobních bakterií
4. a) uvolňování živin z Ao b) pohotová zásoba příst. živin v A	pro všechny živiny index 1,0 pro všechny živiny index 1,0	Ca 0,6–0,7; P 0,8–1,0; K 0,6–0,8; Mg 0,7–0,8; N 0,6–1,1 P 0,9; K 1,8; N 1,4	Ca 0,3–0,6; P 0,2–0,4; K 0,3–0,6; Mg 0,7–0,8; N 0,6–1,0 P 1,0; K 1,1; N 1,1
5. migrace látek v půdě	výrazné míšení humusu, obohacení A o humus a živiny	částečné míšení humusu, známky vyluhování (počátek A ₂), slabě zvýrazněná trans- lokace jílových částí i seskvio- xidů do B, max. do 45 cm, známky podzolizace	zastavení míšení humusu, silně zvýrazněná translokace jílových částic a seskvioxidů do B, max. do 55 dm, projevy podzolizace

Pokračování tab. IV

	Vývojové stádium ekosystému		
	zachované	slabě degradační (smrkové)	silně degradační
6. ostatní kritéria	nahoře drobtovitá struktura, do hloubky profilu kyprá (obj. hm. 0,9 – 1,4 g.cm ⁻³) pórovitost B 54 %, dobrá propustnost pro vodu (pro vrstvu 0 – 50 cm index 1,0) druhová pestrost přízemní vegetace	nahoře prašná nebo moučná struktura, dospodu ulehlá, (obj. hm. 1,0 – 1,43 g.cm ⁻³), pórovitost B 49 %, snížená propustnost pro vodu (pro vrstvu 0 – 50 cm index 0,06) omezená hloubka akt. profilu, zjednodušené druhové složení a snížená pokrývnost přízem. vegetace	nahoře prašná nebo moučná struktura, dospodu ulehlá až zhutnělá (obj. hm. 1,10 – 1,7 g.cm ⁻³), pórovitost B 42 %, jílnatění B – B/C; nízká propustnost pro vodu (pro vrstvu 0 – 50 cm index 0,03), mělkost aktivního profilu; redukce druhového složení přízemní vegetace, výskyt acidofilních druhů

Růstová oblast: Českomoravská vrchovina; soubor lesních typů: svěží jedlová bučina (živná kategorie S – dle ŮHÚL); půdní typ: mezotrofní hnědozem na rule, okrová lesní půda (dle Peliška); lokální identifikace: LZ Světlá n. S., LS Dobrá Voda

V. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série V. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series V

	Vývojové stadium ekosystému		
	slabé degradační (borové)	slabé degradační (borové s dubem)	slabé degradační (borové se smrkem)
Údaje o porostech T: JH:	22a : bo10; 100 let 6b ₂ : bo10; 27 let	7a : bo10, db; 120 let 6c ₁ : bo8, dbč1, md1; 22 let	6c ₁ : bo9, sm1; 150 let (JH) 6c ₁ : bo7, sm3; 45 let
Diagnostické kritérium:			
1. půdní reakce	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,5–5,7)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,8–5,2)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,9–6,1)
2. forma a kvalita přeměny opadu	surový moder, difer. 3 vrstvy L, F, H, ostře oddělené od minerálního podloží, C : N = 24	surový moder, difer. 2 vrstvy L, F + H, plstnatý, C : N = 23	surový moder, difer. 2 vrstvy L, F + H; C : N = 22
3. biologická aktivita		nestanovena	
4. a) uvolňování živin z Ao b) pohotová zásoba příst. živin v A	index 1,0	Ca 1,1; P 1,5; K 1,1; Mg 0,8; N 1,4 N 0,4; P 0,6; K 1,2; Σ S 1,5	Ca 1,3; P 1,0; K 0,8; Mg 0,5; N 1,1 P 0,6; K 1,1; N 0,5; Σ S 1,6
5. migrace látek v půdě	částečné míšení humusu, slabé projevy podzolizace	dtto	dtto
6. ostatní kritéria	od 40 cm půda mírně zhutnělá; zjednodušené druhové složení vegetace (<i>Vacc. vitis idaea</i> převládající)	dtto (<i>Vacc. vitis idaea</i> ojediněle)	dtto (<i>Vacc. vitis idaea</i> chybí, výskyt <i>Leucobryum glaucum</i>)

Růstová oblast: Třeboňská pánev; soubor lesních typů: svěží jedlodubový bor (oglejená kategorie O – dle ÚHÚL); půdní typ: humózní hnědozem na miocenních píscích, humózní okrová lesní půda (dle Pelíška); lokální identifikace: LZ Třeboň, Zámecký (T), LZ Jindřichův Hradec, Cikar (JH)

VI. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série VI. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series VI

	Vývojové stadium ekosystému		
	zachované	slabě degradační (borové)	silně degradační
Údaje o porostech	321a ₁ : bo 7, db 3, sm 315b : bo7, db3, sm; 109 let	340a ₁ : bo10, db 141a ₁ : bo10, db; 109 let	135a ₁ : bo10; 120 let
Diagnostické kritérium:			
1. půdní reakce	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (4,0—4,4)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,9—4,2)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,6—4,4)
2. forma a kvalita přeměny opadu	moder, akumulace org. hmoty v Ao, C : N = 19	surový moder, vysoká akumu- lace org. hmoty v Ao; C : N = 26	surový moder, slabá akumu- lace org. hmoty v Ao v důsledku snížené tvorby biomasy; C : N = 24
3. biologická aktivita půdy	dobrá v Ao i v Ah index 1,0	v Ao ještě dobrá, v minerálních horizontech snížená (index 0,2—0,5)	ve všech horizontech silně snížená
4. a) uvolňování živin z Ao b) pohotová zásoba příst. živin v A	nízká hladina živin (index 1,0) index 1,0	Ca 0,9; P 0,5; K 1,1 Ca 0,6; P 0,5; K 1,0	Ca 0,7; P 0,2; K 1,0 Ca 0,6; P 0,5; K 1,0
5. migrace látek v půdě	znatelné míšení humusu, obohacení Bg o jílové částice a seskvioxidy	částečné míšení humusu, komplexní působení oglejovací- ho a podzolizačního procesu	zastavení míšení humusu, ochuzení A a výrazné obohace- ní Bg (ev. Ag) o seskvioxidy (index 2,0—3,0);
6. ostatní kritéria			výrazné zhutnění půdy a omezení hloubky aktivního profilu

Růstová oblast: Třeboňská pánev; soubor lesních typů: chudá dubová jedlina (chudá kategorie Q — dle ÚHÚL); půdní typ: oglejená hnědozemě až oglejený podzol na svrchní křídě (senonu), oglejená lesní půda podzolovaná až oglejený podzol (dle Peliška); lokální identifikace: LZ Třeboň, LS Domanín

VII. Základní diagnostické znaky degradace půdy vývojových stadií lesních ekosystémů. Série VII. — Basic diagnostic characters of soil degradation of developmental stages in forest ecosystems. Series VII

	svěží smrková bučina		vlhká smrková bučina	
	zachované stadium	slabé degradační (smrkové)	zachované stadium	slabé degradační (smrkové)
Údaje o porostech	14a : bk8, sm1, jd1; 250 let, prales	20g ₂ : sm10; 94 let	16c ₃ : bk8, sm2 73 let	16c ₅ : sm10; 65 let
Diagnostické kritérium:				
1. půdní reakce	kyselá, pH stoupá do hloubky (4,0–4,5)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,8–4,4)	kyselá, pH stoupá do hloubky (4,2–5,1)	silně kyselá, pH stoupá do hloubky (3,6–4,6)
2. forma a kvalita přeměny opadu	mělový moder (4 cm), difer. 2 vrstvy L, F + H, tvorba prsti, C : N = 6	moder (4 cm), difer. 3 vrstvy L, F, H; C : N = 12	mělový moder (3 cm), difer. 2 vrstvy L, F + H; tvorba prsti C : N = 13	moder (4 cm), difer. 3 vrstvy L, F, H, (mouché struktury), C : N = 16
3. biologická aktivita půdy		nezjišťována		
4. a) uvolňování živin z Ao	pro všechny živiny index 1,0	P 1,0; K 0,9; Σ S 0,8	pro všechny živiny index 1,0	P 0,3; K 1,1; Σ S 0,5
b) pohotová zásoba příst. živin v A		P 0,5; K 0,5; Σ S 0,3		P 1,0; K 1,1; Σ S 0,4
5. migrace látek v půdě	dobré míšení humusu, obohacení A o humus a báze, slabé ochuzení A a obohacení B o seskvioxidy	částečné míšení humusu, obohacení A o humus, ochuzení A a obohacení B o jílové částice a seskvioxidy	dobré míšení humusu, obohacení A o humus a báze; ochuzení a obo- hacení Bg o seskvioxidy, znaky oglejení	částečné míšení humusu, obohacení A o humus, ochuzení A a obohacení Bg a Bg/Cg a seskvioxidy, znaky oglejení
6. ostatní kritéria	drobtovitá struktura, kyprá zemina, příznivé a pestré druhové složení přízemní vegetace	zjednodušené druhové složení přízemní vegetace	příznivé a pestré druhové složení pří- zemní vegetace	ulehlý horizont Bg, zjednodušené druhové složení přízemní vege- tace

Růstová oblast: Novohradské hory; soubory lesních typů: svěží a vlhká smrková bučina (živná kategorie S, V — dle ÚHÚL (; půdní typ: hnědozem mezotrofní (u vlhkého typu oglejená) na granodioritu; lokální identifikace: LZ Nové Hradky, LS Žofín

humusu a stupeň jeho míšení s minerální zeminou; pro chudé soubory stoupá význam obsahu živin atd.

Degradační stadia se vyskytují v živných (kategorie S, H — podle ÚHÚL), v kyselých (K, M), vodou ovlivněných (V, O, P) a v chudých (Q) souborech lesních typů, a to v těch vegetačních stupních, kde byly lesní ekosystémy v minulosti nejvíce ovlivněny člověkem, tj. od nížinných borů přes bukové doubravy pahorkatin až do jedlových a smrkových bučin vrchovin a podhorských oblastí.

ZOBECNĚNÍ EXAKTNÍCH POZNATKŮ DO TEORETICKÉHO MODELU DEGRADACE A REGRADACE PŮD LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Dosavadní exaktní šetření dávají podklad k chápání degradačních stadií původně produktivních lesních ekosystémů jako vývojových stadií s dočasně, resp. dlouhodobě sníženým koloběhem látkové a energetické přeměny. Za základní v procesu koloběhu látek a energií považujeme procesy transformace a migrace organické hmoty.

Degradace procesů látkového koloběhu (zjednodušení, zpomalení až zastavení látkové přeměny) je základním projevem degradace půdy. Degradace půdy je pak součástí — příčinou i následkem — degradace ekosystému (včetně snížení produkční úrovně). Za komponenty určující objem energií vkládaných do systému (do koloběhu energetické přeměny) lze považovat vyprodukovanou biomasu, druhovou pestrost vegetace, kapacitu aktivního profilu půdy, objem a intenzitu látkové přeměny. V případě degradačního stadia je objem i rychlost látkové přeměny snížena, stejně jako tvorba biomasy a kapacita půdy, v níž se odehrávají transformační procesy.

Naopak regradací proces musí zahrnout: zvětšení a zintenzívnění procesů látkové, resp. energetické přeměny, využití energie akumulované v důsledku dlouhodobě zpomalených transformačních procesů, obnovení látkového koloběhu na žádoucí úroveň (v objemu a intenzitě). Regradace také záleží ve zvětšení kapacity pro biochemické procesy látkové přeměny ať již prostým prohloubením aktivní hloubky půdního profilu, v níž dochází k biochemickým reakcím, nebo zvětšením interakce mezi organickou a minerální složkou půdy.

Meliorační zásah musí v první fázi eliminovat následky dlouhodobé degradace a odstranit bezprostřední příčiny degradačních pochodů. V druhé fázi musí zintenzívnit procesy transformace látek a energií, které byly degradací zpomaleny nebo utlumeny, musí zvětšit objem tvorby biomasy (vedle zintenzívnění látkového koloběhu i lepším využitím půdního i nadzemního prostoru, vhodným druhovým složením, druhovou pestrostí). Základem souboru melioračních opatření je zásah, který uvolní shora zmíněné procesy transformace látek a energií. Pro tento účel je vhodná chemická meliorace.

Význam hladiny látkové přeměny (tj. objemu a intenzity) pro produkční úroveň ekosystému potvrzuje jednak snížená produkce degradačních stadií, jednak zvýšená produkce tzv. plus-typů, s nimiž se setkáme např. na dřívějších zemědělsky obdělávaných půdách.

Základem chemické meliorace degradované půdy je vápník a fosfor. Vápník (ve formě uhličitanu) navozuje intenzivní mineralizaci a uplatňuje se především v první fázi uvolňování utlumeného látkového kolo-

běhu podporou zejména rozkladných procesů, tj. odbourávání akumulované organické hmoty. Fosfor, kromě pozitivní úlohy v této fázi (většina půd degradačních stadií trpí nedostatkem fosforu a k normalizaci katabolických biochemických reakcí je většinou fosforu třeba) se významně uplatní i v druhé fázi anabolických procesů. V jejich cyklu se fosfor podílí na syntézách, které jsou přínosem pro energetickou hodnotu látkového koloběhu.

VIII. Schéma degradace látkové a energetické přeměny v půdě degradovaného lesního ekosystému. Hlavní cíle meliorace vycházejí z tohoto schématu. — A scheme of metabolism degradation and energy metabolism degradation in the soil of degraded forest ecosystem. The main objectives of reclaim ensue from this scheme

Komponenta látkového koloběhu	Proces	Projev degradace	Cíl meliorace
Kapacita půdy pro pochody látkové přeměny	migrace látek, míšení humusu s minerální zeminou, tvorba humusojilového komplexu	tvorba surového nadložního humusu, omezení pásma biologické aktivity jen na povrchové vrstvy, omezené míšení	rozklad surového humusu, zvýšení migrace, rozšíření pásma biologické aktivity, míšení a tvorba prstí
	vytváření půdních režimů	fyziologická mělkost půdních režimů, acidifikace vrchních vrstev, zhutnění spodních vrstev	prohloubení aktivní hloubky půdy pro biochemické procesy (biologickou aktivitu)
	prokořenění	mělké — omezené na humusové horizonty	hluboké prokořenění
Transformace opadu a org. hmoty v půdě	mineralizace	zpomalená až utlumená	zrychlení mineralizace
	uvolňování živin	zpomalené, omezené	zvýšené uvolňování živin
	humifikace	vysoký podíl volných humusových kyselin	zvýšení podílu humátů, aktivizace humusotvorných pochodů
	akumulace org. hmoty	vysoká akumulace v nadložním horizontu	využití akumulované energie
Tvorba biomasy	energetická hodnota látkové přeměny	na nízké energetické úrovni	zvýšit energetickou úroveň látkové přeměny
	přírůst dřeva	snížený	zvýšení přírůstu dřeva
	pestrost prostorové a druhové skladby	ochuzení a zjednodušení	obohacení skladby zvl. o hluboko kořenní a meliorační druhy

Dostatečná účinnost hnojení dusíkem se na půdách degradovaných ekosystémů projeví až teprve po normalizaci látkového koloběhu vápníkem a fosforem. Tento poznatek je užitečný nejen z hlediska efektivity hnojení degradovaných půd dusíkem, ale i z hlediska ochrany povrchových a podzemních vod před znečištěním nežádoucími, zvláště dusičnanovými ionty, které by nebyly zužitkovány v látkovém koloběhu.

Listnatá příměs je obvykle podmínkou stanovištně vhodné porostní skladby a pro ulehavé a oglejené půdy některých souborů lesních typů je příměs hlubokořenných listnáčů přímo podmínkou k regradaci látkového koloběhu, zejména pro využití větší kapacity půdy pro pochody látkové a energetické přeměny, kterou tyto listnáče zajišťují. Jejich meliorační účinek záleží především v intenzivnější transformaci organické půdní hmoty, v hlubším a intenzivnějším míšení humusu s minerální zeminou, ve zvětšení objemu uvolňování přístupných živin a v úpravě acidity prostředí (pH).

OVĚŘENÉ PRINCIPY MELIORACE PŮDY DEGRADAČNÍCH STADIÍ LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Exaktními pokusy (Lhotský, Kubíček, Vinšová, Trachetová 1980; Lhotský, Vinšová 1981) jsme ověřili vpředu uvedené teoretické principy meliorace degradačních stadií. Základem komplexu melioračních opatření je chemomeliorace vápníkem a fosforem, na níž navazuje dlouhodobá biomeliorace pěstebními opatřeními, ev. rekonstrukcí nebo přeměnou porostu. Meliorační dávka vápence snížila nenasycenost sorpčního komplexu půdy, podpořila rozvoj mineralizační mikroflóry, odbourávání akumulovaných organických látek v surovém humusu, tvorbu humátů a míšení humusu a uvolněných látek s podložními vrstvami minerální zeminy. Obnova látkové přeměny přispěla ke zvýšení pohotových zásob přístupných živin. Na regradaci látkového koloběhu se dále uplatnil především fosfor — a to na bázi předchozího vápnění. Teprve na bázi Ca a P byl na degradované půdě účinný i dusík.

Intenzita chemické meliorace (dávky melioračních hmot) vychází z intenzity degradace, resp. z povahy meliorované půdy: dávky jsou vyšší na oligotrofních stanovištích (v chudých a kyselých souborech lesních typů) a v silně degradovaných vývojových stadiích (5–10 t na ha CaCO_3 , 0,3–0,5 t na ha fosforečného hnojiva, popř. další hnojiva) a nižší na mezotrofních stanovištích (v živných souborech lesních typů) a v slabě degradovaných vývojových stadiích (do 5 t na ha CaCO_3 , do 0,3 t na ha fosforečného hnojiva).

Biomeliorace pěstebními opatřeními zahrnují především zavedení vhodné porostní skladby, popř. aspoň meliorační dřeviny.

Potvrdilo se, že vhodná meliorační dřevina významně přispěje k regradaci půdy (k úpravě půdní reakce, ke zvýšení objemu látkové přeměny, k prohloubení aktivního profilu půdy atd. — Lhotský 1973, 1981). Účinnost biomeliorace meliorační dřevinou je intenzivnější v mladším věku porostu (do 40, nejvýše do 60 let) a druhem dřeviny, který patří do přirozeného ekosystému. Meliorace půd degradačních stadií lesních ekosystémů blízkých mýtnému věku se doporučují uskutečnit s obnovou (a podle okolností i s přeměnou) porostu.

Vyšetřili jsme několik sérií vývojových a porostních stadií lesních ekosystémů v živných, kyselých a chudých souborech lesních typů ve čtyřech růstových oblastech ČSR. Syntéza potvrdila existenci degradačních vývojových stadií lesních ekosystémů a příčiny degradace (slabá degradační stadia způsobená nevhodnou záměnou dřeviny, silná degradační stadia způsobená nevhodnou záměnou dřeviny a devastujícím způsobem hospodaření). Byla vytypována hlavní diagnostická kritéria pro vylišování těchto degradačních stadií, jichž první podmínkou je identita stanoviště (půdotvorného substrátu a orografických i hydrologických podmínek). Ze syntézy exaktních poznatků vyplynula nepřetržitost ve vývoji jednotlivých diagnostických znaků a tedy i vývojových stadií. V globálu je tedy ve vlastnostech (kritériích) nejprůběžnější zachované stadium, méně příznivé je slabé degradační stadium (obvykle monokulturální) a nejméně příznivé je silné degradační stadium. Přitom dynamická řada kritérií nesmí být posuzována jen kvantitativně, ale i kvalitativně, v logickém komplexu souvislostí. Například pohotová zásoba přístupných živin v horizontu A je jednak výslednicí intenzity mineralizace opadu a migrace látek, jednak též intenzity spotřeby živin k tvorbě biomasy. Proto je někdy — zvláště v živných souborech lesních typů — v degradačních stadiích i vyšší (vzhledem k akumulacím procesu — P, K nebo vzhledem k zpomaleným procesům biologické imobilizace — P, N, popř. i vzhledem ke snížené spotřebě k tvorbě biomasy) než v zachovaných stadiích (s nižší akumulací, intenzivnějším koloběhem a tedy i spotřebou). Přitom má svůj význam i věk a růstová fáze. Akumulace organické hmoty v nadložních horizontech bývá největší právě ve slabých degradačních stadiích (ještě vysoká produkce opadu a již snížená intenzita jeho transformace) než v silně degradačních stadiích (s již nízkou produkcí opadu).

Degradační procesy jsou intenzivnější pod monokulturou dřeviny, která do přirozeného ekosystému nepatří, a naopak k regeneraci přispívá nejvíce meliorační dřevina, která je přirozeným druhem ekosystému. Přitom se však uplatní i lokální ekologické podmínky: např. pod smrkovými monokulturami ve vlhkých doubravách, kde je ekologický nárok smrku na vodu kryt a půdní režimy se přibližují režimům bučiny, byly známky degradace půdy podstatně slabší než ve svěžích doubravách, naopak opačný trend byl ve jmenovaných případech pozorován pod borovými monokulturami (ve svěžích doubravách slabé nebo žádné znaky degradace, zato silná degradace ve vlhkých doubravách a bučinách).

Za průběžnou spolupráci a poskytnutí důležitých podkladů děkuji pracovníkům Lesprojektu v Brandýse nad Labem.

Došlo dne 5. 2. 1981

Literatura

1. AMBROS, Z.: Vegetačno-ekologická diferenciácia a hodnotenie degradačných stadií lesných ekosystémov. *Lesnictví*, 24, 1978, 12, s. 1037-1042
2. HÖHNE, H.: Streunutzungsschäden, ihre Entstehung und Verbreitung sowie Möglichkeiten ihrer Behebung. *Wiss. Zeitschr. TU Dresden*, 19, 1970, H. 4, s. 1047-1054

3. KLIMO, E.: Úloha opadu a povrchového humusu v koloběhu živin v ekosystému smrkového lesa. Sb. Zvyšování produktivnosti lesů, 1970, CSAZ - ÚVTIZ, s. 87-98
4. LHOTSKÝ, J.: Příspěvek k poznání vlivu druhu dřeviny na kvalitu humusotvorných pochodů z hlediska degradace nebo regradace půdy. Lesnictví, 19, 1975, 2, s. 157-172
5. LHOTSKÝ, J. — PODHORNÍK, J.: Příspěvek ke studiu snížené produkční schopnosti půd degradačních stadií lesních ekosystémů. Lesnictví, 22, 1976, 3, s. 221-242
6. LHOTSKÝ, J.: Příspěvek k melioraci půd degradačních stadií lesních ekosystémů. Lesnická práce, 60, 1981, č. 7, s. 300-306
7. LHOTSKÝ, J. — KUBÍČEK, J. — VINŠOVÁ, M. — TRACHTOVÁ, A.: Výzkum kritérií, způsobů zúrodnění a optimálního využití půd degradačních stadií lesních ekosystémů. Výzk. ústav meliorací Praha, 1980
8. LHOTSKÝ, J. — VINŠOVÁ, M.: Mikrobiologický a biochemický test melioračních opatření na regradaci látkové přeměny v půdě degradačního stadia lesního ekosystému. Lesnictví, 27, 1981, č. 4, s. 339-360
9. MAI, H. — FIEDLER, H. J.: Mikrobiologische und chemische Untersuchungen zur Melioration von Fichtenrohhumus auf phosphorarmen Mittelgebirgsstandorten. Zbl. Bakt., II. Abt., 113, 1978, s. 17-33
10. NEBE, W. — FIEDLER, H. J.: Phosphatdüngung von Rohhumusaufgaben. Wiss. Zeitschr. TU Dresden, 23, 1974, s. 921-924
11. PHILLIPSON, J.: Methods of study in soil ecology. 1970, Unesco, Paris, 303 s.
12. PLÍVA, K.: Hnojení a meliorace lesních půd v koncepcích lesního hospodářství ČSR. Sb. Zvyšování produktivnosti lesů, CSAZ - ÚVTIZ, 33, 1979, s. 5-12
13. REICHLER, D. E.: Analysis of Temperate Forest Ecosystems. Berlin - Heidelberg - N. York, 1975, s. 304
14. SARTORIUS, P. — HENLE, H.: Forestry and Economic Development. N. York - Washington - London, 1968
15. STERN, K. — ROCHE, L.: Genetics of Forest Ecosystems. Berlin - Heidelberg - N. York, 1974, 330 s.
16. VINŠOVÁ, M. — LHOTSKÝ, J.: Biologická aktivita degradovaných lesních půd. Lesnictví, 24, 1978, 2, s. 137-154

ЛЫГОТСКИЙ, И. (Вýzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). Критерии определения и принципы мелиорации почв деградационных стадий лесных экосистем. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 751-766.

Определение деградационных стадий продуктивных лесных экосистем имеет большое народнохозяйственное значение, позволяя эффективно использовать мелиорации и рационально упорядочить производственно-эксплуатационные цели. Из синтеза результатов точного обследования в нескольких сериях стадий развития лесных экосистем (сохранившейся — слабо деградирующей, т.е. монокультурной — и сильно деградирующей стадий) в питательных кислых и бедных совокупностях лесных типов четырех ростовых областей ЧСР исходит система диагностических критериев для определения деградационных стадий. Данные далее привели к синтезу теоретической модели деградации и мелиорации почв лесных экосистем, к анализу причин деградации и к проекту принципов мелиорации почв деградационных стадий. Основой комплекса мелиоративных мероприятий является химическая мелиорация (кальцием и фосфором) и последующая биологическая мелиорация древесной породой или переменной насаждения.

лесное почвоведение; лесные экосистемы; деградационные стадии; лесные мелиорации

LHOTSKÝ, J. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). *Criteria of Distinguishing and Principles of Soil Reclaim in the Stages of Degradation in Forest Ecosystems*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 751-766.

A distinguishing of the stages of degradation in productive forest ecosystems is important in view of the national economy interests because effective reclaims and rational modification of management targets can be put in practice. A system of diagnostic criteria to distinguish the stages of degradation was made up from a synthesis of the results of exact examination of several series of developmental stages of forest ecosystems (preserved stage — slightly degraded, i. e. monoculture

stage — and strongly degraded stage) in nutrient, acid and poor populations of forest types of four regions in the CSR. The knowledge was used to synthesize the theoretical model of degradation and reclaim of soils of forests ecosystems, to analyze the causes of degradation and to propose principles of soil reclaim in the stages of degradation. Chemical reclaim (with calcium and phosphorus) is a fundamental measure of the complex of reclaiming measures, followed by biological reclaim with ameliorating tree species, and/or tree stand conversion.

forest pedology; forest ecosystems; stages of degradation; forest reclaim

LHOTSKÝ, J. (Výzkumný ústav meliorací, Praha-Zbraslav): *Ausscheidungskriterien und Grundsätze der Bodenmelioration von Degradationsstadien der Waldökosysteme*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 751-766.

Die Ausscheidung von Degradationsstadien produktiver Waldökosysteme besitzt große volkswirtschaftliche Bedeutung, da sie eine effektive Ausnützung der Meliorationen und eine rationelle Regelung der Betriebsziele ermöglicht. Aus der Synthese der Ergebnisse exakter Untersuchungen in einigen Serien von Entwicklungsstadien der Waldökosysteme (eines erhaltenen — eines schwach degradierten Monokulturstadiums — und eines starken Degradationsstadiums) in nährstoffreichen, in sauren und armen Waldtypengruppen von 4 Wuchsgebieten der CSR ging ein System diagnostischer Kriterien zur Ausscheidung von Degradationsstadien hervor. Die Erkenntnisse führten weiter zur Synthese eines theoretischen Degradationsmodells und eines Modells der Bodenmelioration von Waldökosystemen, zur Analyse der Ursachen der Degradation und zum Entwurf von Grundsätzen der Bodenmelioration von Degradationsstadien. Die Grundlage des Komplexes von Meliorationsmaßnahmen bildet die chemische Melioration (durch Calcium und Phosphor) und eine darauf folgende biologische Melioration durch eine Meliorationsholzart oder durch Bestandesumwandlung.

forstliche Bodenkunde; Waldökosysteme; Degradationsstadien; forstliche Melioration

LHOTSKÝ, J. (Výzkumný ústav meliorací Praha-Zbraslav). *Les critères de différenciation et les principes d'amélioration des sols des stades de dégradation des écosystèmes forestiers*. Lesnictví, 27, 1981 (8) : 751-766.

La différenciation des stades de dégradation des écosystèmes forestiers productifs a une importance considérable sur le plan de l'économie nationale, parce qu'elle permet l'exploitation effective des améliorations et l'aménagement rationnel des objectifs d'exploitation. C'est de la synthèse des résultats d'une enquête exacte, effectuée en plusieurs séries de stades de développement des écosystèmes forestiers (au stade conservé — faiblement dégradé, c'est-à-dire qui représente la monoculture et au stade fortement dégradé), dans les populations de types forestiers nourriciers, acides et pauvres de quatre régions de croissance de la République socialiste tchèque qu'est ressorti un système de critères diagnostiques pour la différenciation des stades de dégradation. Les acquisitions ont conduit également à la synthèse d'un modèle théorique de dégradation et de régradation des sols des écosystèmes forestiers, à l'analyse des causes de dégradation et au projet des principes d'amélioration des sols au niveau des stades de dégradation. C'est l'amélioration chimique (avec le calcium et le phosphore) et l'amélioration biologique consécutive avec une essence d'amélioration, respectivement par la transformation du peuplement, qui constituent la base du complexe des mesures d'amélioration.

pédologie forestière; écosystèmes forestiers; stades de dégradation; améliorations forestières

Adresa autora:

Ing. Jiří L h o t s k ý, DrSc., Výzkumný ústav meliorací, 255 80 Praha 5 - Zbraslav

EKOLOGICKÉ ÚČINKY KYSELÝCH SRÁŽEK (ECOLOGICAL IMPACT OF ACID PRECIPITATION). 1980, SANDEFJORD

V Norsku byl v roce 1972 založen vědecký projekt (SNSF), jehož hlavním cílem byl výzkum účinků kyselých srážek na lesní a vodní ekosystémy. V rámci tohoto cíle byl studován vliv kyselých srážek na půdu, vegetaci a vodu.

V roce 1980 byla vedením tohoto projektu uspořádána 11.—14. března konference v Sandefjordu v jižním Norsku, na které bylo přítomno kolem 300 účastníků z 18 států. Na konferenci bylo předneseno 140 referátů. Přednesené referáty i prezentace výsledků formou nástěnek (asi 130) zabíraly širokou problematiku ekologických důsledků kyselých srážek na půdu, vegetaci, vodu a vodní živočichy.

V úvodu symposia byly předneseny základní souborné referáty, jako např. Atmosférický transport imisí (Dovland H. a Semb A.), Účinek kyselých srážek na biochemickou aktivitu půdní ustoživosti (Voigt G. K.), Kyselé srážky, výživa rostlin a růst dřevin (Abrahamsen G.), Vlastnosti okyselených vod (Dickson W.).

Další referáty rozdělené podle tematicky úvodních referátů přinesly mnoho konkrétních informací o tomto důležitém problému. Cenným příspěvkem je souhrnný referát, který zpracovali F. T. Last, G. E. Likens, B. Ulrich a L. Walloe, jenž představuje souhrnné posouzení výsledků konference. Kromě konstatování stavu ve studiu tohoto komplexního problému autoři naznačují, jak by se měl zaměřit další výzkum. Za závažné považují důkazy, že kyselé srážky mohou do značné míry ovlivnit půdní kyselost, což vyvolává i změny v charakteru a rychlosti půdních procesů. Autoři pokládají ovšem za nutné rozlišování půd, pokud jde o tyto vlivy. Vyčází ze skutečnosti, že deponované nebo produkované vodíkové ionty jsou více méně pufované v půdě reagováním s půdními složkami. Vyčleňují pět pufovacích systémů, v rámci kterých probírají neutralizační procesy:

1. Pufovací systém: kyselina uhličitá a karbonáty (pH 6,2—8,6) — vodíkové ionty jsou využity při rozpouštění CaCO_3 . Pufovací intenzita až 2 kmol H^+ na ha za rok.

2. Pufovací systém: kyselina uhličitá a silikát (pH 5,0—6,2) — vodíkové ionty jsou využity při zvětrávání silikátů. Pufovací intenzita kolísá mezi 0,2 až 2 kmol H^+ na ha za rok.

3. Pufovací systém výměny kationtů (pH 4,2—5,0) — vodíkové ionty jsou využity na rozpouštění Al OOH ze zvětralých silikátů s tvorbou polymerních hydroxyl-hlinitých kationtů. Tyto nahrazují Ca^{++} a Mg^{++} na povrchu kationtových měničů. Pufovací intenzita, což je rychlost rozpouštění Al OOH , se může měnit podle dostupného produktu zvětrávání, ale je poměrně nízká (přibližně 0,2 kmol H^+ na ha za rok).

4. Hliníkový pufovací systém (pH 3,0—4,2) — vodíkové ionty jsou využívány na uvolnění iontů Al^{3+} z polymerních hliníkových sloučenin. Pufovací intenzita kolísá, ale často je malá (přibližně 0,2 kmol H^+ na ha za rok).

5. Pufovací systém železa (pH nižší než 3,5 až 3,0) — vodíkové ionty spotřebovávají při uvolňování iontů železa z kysličníků železa. Pufovací intenzita je vysoká (asi 2 kmol H^+ na ha za rok).

Maximální produkce biomasy se předpokládá v pufovacím systému kyselina uhličitá a silikát. V pufovacím systému kationtové výměny trpí živé složky ekosystémů periodicky hliníkovou toxicitou (během acidifikačních pulsů) a v pufovacím hliníkovém systému trpí živé složky ekosystému hliníkovou toxicitou nepřetržitě, což vede k vyloučení citlivých druhů rostlin a k poklesu v produkci biomasy. V pufovacím systému železa přežívají jen ty rostliny, které jsou přizpůsobeny k tomu, aby mohly více nebo méně rozprostrít svůj kořenový systém do vrchních organických vrstev (např. *Calluna vulgaris*).

Autoři souhrnného závěrečného referátu vědecké konference v Sandefjordu (D. Drablas a A. Tollan) předpokládají, že ekosystém může zůstat v rovnovážném stavu jedině tehdy, jestliže v časovém a prostorovém průměru mohou být neutralizovány všechny vyprodukované nebo deponované vodíkové ionty. Jestliže časová intenzita produkce a ukládání vodíkových iontů překročí pufovací rychlost, přenes se ekosystém

do dalšího puľrovacího systému. V průběhu tohoto přesunu se změnil jeho složení a produktivita.

Podle závěru konference by měly v dalším výzkumu obdržet prioritu tyto problémy: suché ukládání plyných a pevných polutantů, účinky kyselých látek vstupujících do ekosystému na zvětrávání matečných hornin a následné uvolňování živin, půdní procesy z hlediska pozměněných funkcí i organické hmoty

v půdě a výměny a ukládání iontů, změny ve využívání půdního fondu na účinky polutantů, citlivost rostlin a živočichů na hliník a otázka nepříznivých účinků kyselých srážek na produkční procesy lesa.

Citovaný sborník, který má celkem rozsah 383 strany, může být důležitý pro ověření a konfrontaci výsledků čs. vědeckých pracovníků, zabývajících se touto problematikou.

Doc. Ing. Emil Klim o, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

Podepsáno k tisku 11. 9. 1981.

Šály R., Klimo E.: Lesnická pedologie v ČSSR před XII. mezinárodním pedologickým kongresem	673
Klimo E.: Struktura a chemické složení opadu v ekosystému uměle založeného smrkového porostu	675
Materna J.: Výživa krušnohorských smrčů	689
Lochman V.: Změny půdních ekologických podmínek, zejména chemismu půd, v lesích zasažených průmyslovými imisemi	699
Bublinec E.: Hlavné zložky kolobehu bioprvkov medzi pôdou a lesným porastom v typických ekosystémoch strednej Európy	715
Mráz K.: Výsledky výzkumu vodního režimu lesních půd z období 1970—1980	727
Ciesarik M.: Výskyt a interpretácia ílových nátekov v niektorých horských lesných pôdach	741
Lhotský J.: Kritéria pro vylišování a principy meliorace půd degradačních stadií lesních ekosystémů	751
Aktuality	
Klimo E.: Ekologické účinky kyselých srážek (Ecological Impact of Acid Precipitation). 1980, Sandefjord	767

СОДЕРЖАНИЕ

Шали Р., Климо Э.: Лесное почвоведение в ЧССР перед XII международным почвоведческим конгрессом	673
Климо Э.: Структура и химический состав опада в экосистеме искусственно заложенных еловых насаждений	687
Матерна Я.: Питание круšnoгорских ельников	696
Лохман В.: Изменения почвенных экологических условий, особенно химизма почв в поврежденных промышленными выбросами лесах	713
Бублинец Э.: Главные слагаемые круговорота биоэлементов между почвой и лесным насаждением в типичных экосистемах Центральной Европы	725
Мраз К.: Результаты обследований водного режима лесных почв в 1970—1980 гг.	738
Циесарик М.: Появление и интерпретация иловых натеков в некоторых горных лесных почвах	749
Льготски Й.: Критерии определения и принципы мелиорации почв деградационных стадий лесных экосистем	765
Новости	
Климо Э.: Экологические влияния кислых осадков. 1980, Сандефьорд	767

CONTENTS

Šály R., Klimo E.: Forest Pedology in Czechoslovakia before the XII International Pedological Congress	673
Klimo E.: Structure and Chemical Composition of the Cast in the Ecosystem of Artificially Established Spruce Stand	687
Materna J.: Nutrition of Spruce Forests in the Ore Mts.	697
Lochman V.: Changes in Ecological Conditions, Mainly in Soil Chemism in Forest Exposed to Industrial Immissions	714
Bublinec E.: Main Components of the Cycle of Bioelements in Soil and Forest Stand in Typical Ecosystems of Central Europe	726
Mráz K.: Results of Research Conducted in 1970—1980 on the Water Regime of Forest Soils	739
Ciesarik M.: Occurrence and Interpretation of Clay Films in some Montane Forest Soils	749
Lhotský J.: Criteria of Distinguishing and Principles of Soil Reclaim in the Stages of Degradation in Forest Ecosystems	765
Topical News	
Klimo E.: Ecological Impact of Acid Precipitation. 1980, Sandefjord	767

INHALT

Šály R., Klimo E.: Forstwirtschaftliche Pedologie in der ČSSR vor dem XII. internationalen pedologischen Kongreß	673
Klimo E.: Struktur und chemische Zusammensetzung der Streu im Ökosystem eines künstlich angelegten Fichtenbestandes	687
Materna J.: Ernährung erzgebirgischer Fichtenwälder	697
Lochman V.: Änderungen bodenökologischer Bedingungen, insbesondere des Bodenchemismus in den durch Industrieimmissionen betroffenen Wäldern	714

Bublinec E.: Hauptkomponenten des Bioelementenkreislaufs zwischen Boden und Waldbestand in typischen Ökosystemen Mitteleuropas	726
Mráz K.: Ergebnisse forsthydrologischer Untersuchungen in den Jahren 1970—1980	739
Ciesarik M.: Vorkommen und Interpretation von Tonüberzügen in einigen Gebirgswaldböden	749
Lhotský J.: Ausscheidungskriterien und Grundsätze der Bodenmelioration von Degradationsstadien der Waldökosysteme	766
Aktualitäten	
Klimo E.: Ökologische Auswirkungen der sauren Niederschläge. 1980, Sandefjord	767

TABLE DES MATIÈRES

Šály R., Klimo E.: La pédologie forestière en Tchécoslovaquie avant le XII ^e congrès pédologique international	673
Klimo E.: La structure et la composition chimique de la chute dans l'écosystème d'un peuplement d'épicéa artificiellement établi	688
Materna J.: La nutrition des jeunes peuplements d'épicéa dans les Monts métalliques	697
Lochman V.: Les modifications des conditions écologiques de sol, notamment de celles du chimisme des sols dans les forêts attaquées par les imixtions industrielles	An 714
Bublinec E.: Les éléments principaux de la circulation des bioéléments entre le sol et le peuplement forestier dans les écosystèmes caractéristiques de l'Europe Centrale	An 726
Mráz K.: Les résultats des recherches du régime hydrique des sols forestiers dans les années 1970—1980	An 739
Ciesarik M.: L'apparition et l'interprétation des dépôts argileux dans certains sols forestiers de montagne	749
Lhotský J.: Les critères de différenciation et les principes d'amélioration des sols des stades de dégradation des écosystèmes forestiers	766
Actualités	
Klimo E.: Les effets écologiques des précipitations acides. 1980, Sandefjord	767

LESNICTVÍ č. 9/1981

otiskuje tyto práce:

- Vyskot M.: Efekt rozdílné výchovy smíšeného porostu
 Pelíšek J.: Dynamika přístupných živin v lesních půdách pahorkatin střední Moravy (ČSSR)
 Skoupý J.: Růst semenáčků na substrátech s tabákovým prachem
 Stolařík R., Joachimsthaler J., Taušlová S.: K problematice vyšetření lesních dělníků při těžbě
 Aktuality
 Douda V.: Používání zákonných měrových jednotek univerzální soustavy SI v ČSSR
 Příhoda A.: Skrytá nákaza živých dubů sítkovcem dubovým (*Daedalea quercina*)

Lesnictví č. 9/1981 stojí 12,— Kčs. Objednávky přijímá

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

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS — ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2.