

VĚDECKÝ ČASOPIS



LESNICTVÍ

4

ROČNÍK 27 (LIV)
PRAHA
DUBEN 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 Douša, 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. Издаёт Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция: 120 56 Прага 2, Слезска 7.

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

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

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.

Vytvoření přehledného obrazu o vývoji lesnické půdní mikrobiologie v Československu není možné bez nástinu historie jejích počátků. Musíme se nejprve vrátit o řadu desítek let zpátky, k jejím prvním, tehdy jen sporadickým projevům.

Jak a kdy lesnická mikrobiologie vznikala? Její kořeny je třeba hledat ve vývoji obecné půdní mikrobiologie. Je nesporné, že půdní mikrobiologie, stejně tak jako půdoznalství, je ruskou vědou, jejíž průkopníci, např. Vinogradský, Omeljanský a řada dalších, k ní položili základy, které jsou v podstatě platné dodnes. Od těch dob celá plejáda ruských a sovětských mikrobiologů (jako např. Fjodorov, Imšenecký, Mišustin, Novogrudský a další) rozvíjela a prohlubovala znalosti o složení mikrobiálního osídlení půd a jeho významu zejména pro úrodnost půdy.



V Československu byla půdní mikrobiologie v prvních letech po I. světové válce pěstována poměrně málo. Její základy bychom však přesto našli např. u Stoklasy, Straňáka aj. Byli to však jen jednotlivci, kteří se zajímali o význam organismů v půdě, o jejich využití a o využití dalších organických složek půdy k zvládnutí a zvyšování její úrodnosti. A tak až v posledních desetiletích, po roce 1945, v souladu s budováním socialistické společnosti, s novým řízením vědy a výzkumu, nastal u nás zprvu pozvolný, později však do té doby nebývalý rozmach půdní mikrobiologie vůbec a tudíž také půdní mikrobiologie lesnické.

Oblasti působnosti půdní mikrobiologie, jak ji charakterizoval akademik Václav Novák (1955) na I. celostátní konferenci čs. půdních mikrobiologů v Liblicích roku 1954, „... je půda, přírodní útvar, tj. produkt vyvíjejícího se prostředí, syntéza vzájemného působení neživé a živé přírody. V humusovém horizontu, který je nejdůležitější pro výživu rostlin, je půda složitým souborem neživých (minerálních i organických) i živých komponent. Úrodnost není jen produktem minerální síly půdní. Toto nesprávné, výlučně chemické hledisko je zásluhou půdních mikrobiologů, z nichž už na to v roce 1886 poukázal Kostyčev, opuštěno a úrodnost půdy se uvádí správně a především ve vztahu k živé složce půdy jako podstatnému faktoru při uvolňování rostlinných živin.“

Mikrobiologie lesních půd je nejmladší složkou půdní mikrobiologie a dlouho neměla možnost opřít se o vzory a zkušenosti. Trvalo určitý čas, než si ujasnila cesty výzkumu biologie lesních půd a vztahů biotické složky k jejich genezi i k tvorbě lesa, a tím i správnému určení cílů svého snažení. Hned v počátcích rozvoje lesnické mikrobiologie se ukázala pro další práci nutnost soustavného a komplexního výzkumu dynamiky biologických (i biochemických) pochodů v lesních půdách. V tom smyslu hovořila i rezoluce z I. celostátní konference čs. půdních mikrobiologů (Liblice 1954).

Na této konferenci byl také přednesen návrh V. Káše a V. Nováka (1955) na komplexní výzkum edafonu. Podle důležitosti a logické závislosti se problémy řadily v tomto sledu:

I. Kvantitativní a kvalitativní výzkum edafonu v hlavních genetických půdních typech, těsně spojený se základním výzkumem půdoznaleckým.

II. Výzkum účasti edafonu na tvorbě humusu a agregace půdy.

III. Výzkum půdní živěny ve vztahu k různým způsobům mechanického zpracování půdy a ve vztahu k hygieně půdy.

Návrh také zdůrazňoval nutnost propracování a normování podrobné metodiky. Dnes můžeme konstatovat, že četné, v návrhu uvedené myšlenky se uskutečnily, i když někdy byly upraveny nebo přizpůsobeny např. technickým nebo i kádrovým možnostem pracovišť, popř. s vývojem poznání zdokonaleny.

Druhá celostátní konference čs. půdních mikrobiologů, která se konala v roce 1956, zahrnovala tematické okruhy obecnějšího rázu. O speciální mikrobiologii les-

ních půd na ni hovořeno nebylo, avšak směry výzkumu a zejména metody, které byly navrhovány v rezoluci, můžeme považovat vcelku za platné i pro mikrobiologii lesnickou.

Doporučovalo se např. věnovat pozornost místo tzv. celkovému počtu mikrobů fyziologicky specifickým skupinám mikrobů. Při hodnocení koloběhu uhlíku se zaměřit na stanovení mikrobů pektinolytických a celulózovorních a rozkladačů ligninu. Pro určení koloběhu dusíku sledovat amonizační bakterie, podíl sporulujících bakterií, bakterie poutající ovzdušný dusík, nitrifikační bakterie. Aktinomycety studovat současně při sledování všech uvedených skupin. Pro stanovení aktivity půdních mikromycet vypracovat vhodnější metody, než jsou dosud používané metody deskové. Jako ukazatele biologické činnosti stanovit dýchací mohutnost půdy (tvorbu CO_2 , spotřebu O_2) a dále propracovat enzymatické testy k určení intenzity koloběhu uhlíku a dusíku.

Při hodnocení vycházet z řady navzájem srovnatelných dat získaných z většího počtu rozborů z průběhu celého roku, nejen z vegetačního období. Doporučovalo se též odebírat půdní vzorky tak, aby byla co nejlépe zachycena charakteristika zkoumaného objektu (lokality, plochy); vzorky odebírat min. z 5 míst. K rozborům používat zásadně zeminy v čerstvém stavu a bez přesévání. Při hodnocení rozborů používat variačně statistických metod.

Také z této rezoluce převzala různá pracoviště řadu námětů, vhodných pro analýzy lesních půd.

POJEM, VÝZNAM A POSLÁNÍ LESNICKÉ MIKROBIOLOGIE

Mikrobiologie lesnická je v podstatě mikrobiologií lesních půd, mikrobiologií lesního stanoviště, která se zabývá množstvím a druhy mikrobů v půdě, jejich životními podmínkami ve vztahu k prostředí, tj. k půdě, klimatu, porostu, jejich vzájemnými vztahy a účasti na koloběhu látek z hlediska výživy lesních porostů.

Činnost mikrobů má pro lesní půdy mnohem větší význam než pro pravidelně obhospodařované orné půdy, neboť tím, že uvádějí do koloběhu živiny, zabezpečují téměř výhradně výživu lesních dřevin. Významnou úlohu hrají mikroorganismy ve vývoji stanoviště. Důležitý je přitom průběh a intenzita koloběhu látek, které vegetace z půdy odebírá a které se odumřením rostlin nebo opadem půdě opět vrací.

Prostředí a organismy tvoří dialektický celek se zákonitým průběhem pochodů, v němž příčina i následek si stále vyměňují místo. Prostředí svým pohybem dává trvalý popud k rozličným změnám organismů, ale také organismy neustále mění své prostředí, tj. samy sebe uvádějí do nových životních podmínek. Musíme tedy důkladně znát nejen vlastnosti organismů a jejich požadavky na prostředí v každém jejich vývojovém stadiu, ale i prostředí jako celek, tedy všechny faktory, které je vytvářejí, a to nikoliv ve statickém, nýbrž dynamickém pohledu. A tím je jasně dána nutnost soustavného, komplexního ekologického výzkumu a tedy i výzkumu mikrobiologického.

Je-li mikrobiologie půdy mladým vědním oborem, pak to platí zvláště o lesnické mikrobiologii, která je nesporně nejzajímavějším úsekem půdní mikrobiologie. To zejména proto, že lesní půdy jsou obvykle po dlouhá časová období bez zásahů člověka, takže umožňují studium jak zákonitostí biologických pochodů v jejich nerušeném průběhu, tak i vztahů těchto pochodů k ostatním bioklimatickým a biochemickým činitelům. Lesní půdu a veškeré organismy, které v ní žijí a pracují, je tudíž možno považovat za organické životní společenstvo. Boj a vzájemná pomoc jsou dvě hlavní hnací síly každého životního společenství. Výslednicí jejich vzájemného působení je biocenotická rovnováha, která však není stálým stavem, nýbrž podléhá neustálým větším nebo menším změnám.

Úkoly lesnické mikrobiologie byly diskutovány již na I. celostátní konferenci čs. půdních mikrobiologů. Lesnická mikrobiologie se od té doby stala velmi důležitou složkou výzkumu lesních půd v rámci komplexní charakteristiky a vyhodnocení našich lesních půd pro produkční účely (Pelíšek 1955).

Veškeré biochemické reakce a procesy v lesních půdách jsou podmíněny přítomností mikrobiální složky, její činností se uskutečňují dekompoziční i syntetické procesy. Mikrobiální pochody se tak stávají důležitou složkou celé dynamiky půdotvorných pochodů, jejichž výslednicí jsou pak určité půdní typy s výrazným složením biotické půdní složky, určitou produkční schopností charakteristickou pro jednotlivé lesní typy (Pelíšek 1955).

Před II. světovou válkou se výzkumu existence a činnosti půdních mikroorganismů věnovali jen jednotlivci, a to ještě nepravidelně. Avšak i tato etapa je pro vývoj lesnické půdní mikrobiologie důležitá, a proto je vhodné nahlédnout i do tohoto staršího údobí.

Připomeňme si tedy několik významnějších publikací o mikroorganismech v lesních půdách, zajímavých i tím, že jejich autoři nebyli absolventy lesnického studia. Jde např. o J. Stoklasu (1930), který u příležitosti zahájení Mezinárodního kongresu lesnických výzkumných ústavů ve Stockholmu dne 23. července 1929 proslovil přednášku na téma *Neue Absichten über die Humusbildung im Waldboden*, v níž pojednal o biochemických procesech při tvorbě humusu a správně přikládal rozhodující význam půdním mikroorganismům. V Preslii z roku 1937–1938 vyšlo pojednání s titulem *Vertikální rozšíření plísni v lesních půdách* od J. Dyr a (1937), pozdějšího významného kvasného chemika, profesora VŠCHT v Praze. V roce 1941 jmenovaný publikoval v *Studia Botanica Čechica* rozsáhlou práci *Zygomyceten im Waldboden der Böhmischen Länder*, podloženou prostudováním více než 500 půdních vzorků z lesních půd (s různými porosty, různými půdními a dalšími podmínkami) z celého území Čech a Moravy. A konečně je nutno upozornit na průkopnické lesnicko-mikrobiologické práce V. Káše. Svou první takto zaměřenou práci *Lesní polaření ve světle mikrobiologického průzkumu* publikoval v roce 1936 ve Sborníku ČAZ. Prokázal v ní, že mikrobiální činnost a zejména její vertikální rozdělení v půdním profilu je na plochách obdělávaných a polařených zřetelně příznivější než na neobdělávaných a nepolařených. Současně však upozornil na nutnou opatrnost v posuzování laboratorních výsledků při jejich interpretaci na skutečné poměry v přírodě. Jiným podobným výzkumem většího rozsahu se V. Káš zabýval v ochranné oblasti Velká hora u Karlštejna. Mikrobiologickou charakteristiku tamních půd uveřejnil v roce 1942 ve Sborníku České akademie technické (dřívějším Sborníku Masarykovy akademie práce).

LESNICKÁ MIKROBIOLOGIE PO ROCE 1945

Podklady pro tuto kapitolu jsou čerpány z více než 150 publikací, vědeckých sdělení a závěrečných zpráv výzkumných úkolů. Dotyčné práce jsou výsledkem šetření, která autoři konali buď přímo v lesních půdách, nebo jsou to práce, jejichž výsledky mohly být získány i mimo lesní půdy, avšak jejich platnost je širší a lze ji interpretovat i na lesní půdy.

Jedním z nejdiskutovanějších témat byla biologická aktivita půdy (respirace, produkce CO_2), posuzovaná z různých hledisek, prošetřovaná pod různými vlivy (vlhkost, vysoušení a zvlhčení půd, půdní typy, druhové složení porostů, stanovištní a lesní typy aj.). Byly publikovány práce zabývající se respirací monotematicky, avšak daleko více bylo těch, které respiraci uvádějí jako součást širšího výzkumu mikrobiální činnosti v lesních půdách.

Další významnou zájmovou oblastí byl výzkum rozkladu celulózy. V různých pracích byl sledován rozklad čisté celulózy nebo přirozených, celulózu obsahujících materiálů přímo v lesní půdě. Při laboratorních stanoveních (modelových) se používaly jednoduché i spolehlivější metody.

Velká pozornost byla věnována půdním enzymům a aktivitě tohoto komplexu v lesních ekosystémech. Enzymy jsou totiž jednou z nejdynamičtějších složek půdy citlivě reagujících na změny ekologických faktorů. Enzymatické reakce jsou projevem života mikrobů a jejich metabolismus se citlivě přizpůsobuje měnlivým podmínkám v půdním prostředí (Ambrož 1980). Zvláštní zásluhu o toto téma a jeho publicitu má mikrobiologické pracoviště agronomické fakulty VŠZ v Brně.

Značný počet prací se týká humusu, problémů jeho tvorby, složení a přeměn v různých půdních, klimatických a obecně stanovištních podmínkách. Mikrobiologická šetření byla v několika pracích kontaktována s korelující charakteristikou lesních humusových forem.

Jiným propracovaným úsekem je koloběh dusíku, a to jak pod obecným zorným úhlem, tak pokud jde speciálně o amonizaci a zejména nitrifikaci, která je tématem zvláště početně diskutovaným. K poznání základních zákonitostí v tomto tematickém okruhu velmi přispěly práce z půdní mikrobiologického pra-

coviště přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Celkem nepovšimnuto ve sledovaném údobí bylo a stále vlastně zůstává poutání ovzdušného dusíku anaerobními bakteriemi lesních půd.

Pesticidy, v současné době tak rozšířené i v lesním hospodářství, byly předmětem výzkumu zejména ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Jilovišti - Strnadlech. Ověřovala se zejména jejich účinnost na půdní mikroflóru (po určitou dobu i na mezofaunu a mikroedafon), délku doby její inaktivace po aplikaci přípravků do půdy, jež se též posuzovaly z hlediska hygieny půdy. Byla také vypracována a publikována laboratorní metoda stanovení účinků pesticidů na některé charakteristické druhy půdních mikroorganismů v čistých kulturách.

Velkému zájmu se těšil výzkum mikrobiálních poměrů v rozmanitých půdních a stanovištních, resp. lesních typech. Cílem prošetřování šedých lesních půd, rendzin, podzolů, těžkých (deficitních) půd atd. bylo vyjádřit z mikrobiologického hlediska jejich charakteristické znaky. Získané výsledky sloužily nejen k základnímu poznání biotické půdní složky, nýbrž i jako podklad pro řešení problémů obnovy, výchovy porostů, pěstebně technických opatření, popř. k záměrům a cílům navrhovaným v hospodářské úpravě lesů. Mikrobiologií půdních typů (stanovištně půdních jednotek) se intenzivně zabývalo mikrobiologické pracoviště katedry geologie a pedologie lesnické fakulty VŠZ v Brně, výzkumem biotické půdní složky ve stanovištních a lesních typech laboratoř půdní biologie VÚLHM Jiloviště - Strnady, která prošetřila dlouhodobě celkem 51 lokalit různého typologického zařazení.

Poměrně dosti času i prostoru bylo po určitou dobu věnováno výzkumu mykorrhizy lesních hospodářsky významných dřevin. Práce se nejprve zabývaly zajišťováním lepší ujmavosti dřevin pomocí umělé mykorrhizace sadebního materiálu a půdy při vysazování ochranných lesních pásů. Později byl výzkum orientován na mykorrhizu jako důležitý stupeň při výživě lesních dřevin. V letech 1954 až 1975 byla pro tyto úkoly specializovaným pracovištěm laboratoř biologie půdy VÚLHM.

Závažným problémem v československém i světovém měřítku jsou pro lesní porosty, půdu a pro lesní hospodářství vůbec — a nejen pro ně — plynné i pevné průmyslové imise, které — někdy i v širokém okruhu od zdroje — poškozují přírodní prostředí. Ve VÚLHM byl již od poloviny 50. let studován vliv imisí na biotickou půdní složku ve smrkových porostech v Krušných horách. Na počátku 70. let na ně navázaly obdobné práce ve Slavkovském lese a na jeho okrajích, kde některé lokality rovněž podléhají škodlivým účinkům popílku a zvláště kysličníku siřičitého. V poslední době se v těchto oblastech intenzivně rozvíjí sledování přeměn různých forem síry v půdě za účasti sírných bakterií. Výsledky všech těchto prací ukázaly, že některé spady působily na půdní mikroflóru pozitivně, přinášejíce jí určité živiny nebo měnící vhodně složení mikrobiocenózy, jiné působily podle očekávání negativně, např. zkyselováním svrchních půdních horizontů, jehož důsledkem jsou pak kvalitativní změny mikroflóry i změny další, závažné a hluboce působící na celý ekosystém poškozené lokality.

Mikrobiologie se dobře uplatňovala i jako součást výzkumu melioračních opatření v půdách lesních porostů. Tento úsek byl podrobně zpracováván v tehdejší Výzkumném ústavu meliorací ve Zbraslavi.

Několik specializovaných prací bylo zaměřeno výlučně na studium půdních mikromycet, ať již to bylo z hlediska obecné charakteristiky lesní půdy, nebo z hlediska porostu určitého druhu.

Poměrně málo bylo pracováno s mikroflórou rhizosféry lesních dřevin; téma bylo spíše doménou mikrobiologie zemědělské.

ČETNOST PUBLIKACÍ V JEDNOTLIVÝCH LETECH PO ROCE 1945

Mezi rokem 1945 až 1953 bylo v tomto přehledu prozatím podchyceno pouze asi pět publikací. První sjezd čs. půdních mikrobiologů v roce 1954 byl pravděpodobně jakýmsi stimulem k intenzivnějšímu sdělování výsledků výzkumu tiskem: v letech 1954 až 1958 se totiž počet uveřejněných prací náhle zvýšil. V letech 1963 až 1968 se četnost publikací s mírným kolísáním ustálila, v posledním desetiletí byla odborná veřejnost seznamována s výsledky vědeckých a výzkumných prací z celého sledovaného údobí zřetelně nejhojněji.

Řadu let před II. světovou válkou a v prvních letech po osvobození přednášel na lesnickém odboru Českého vysokého učení technického v Praze Bakteriologii všeobecnou a speciální lesnickou (od roku 1947 pod názvem Mikrobiologie...) prof. Ing. Dr. techn. Alois Kroulík, DrSc. Předmět byl v učebním plánu II. ročníku s rozsahem 3 hodiny přednášek a 3 hodiny cvičení. Ve studijním roce 1949–1950 byla výuka zkrácena na 2/2 hodiny a v dalším roce dokonce na 1/1 hodinu.

Počínaje studijním rokem 1952–1953 byla v Praze zřízena samostatná Vysoká škola zemědělská, avšak lesnická fakulta zůstala součástí ČVUT. Lesnickou mikrobiologii na této fakultě přednášel v letech 1952–1953 až 1957–1958 Ing. Otakar Langkramer, CSc. Podle učebního plánu byla výuka zařazena do II. ročníku v rozsahu 2/1 hodin, v roce 1957–1958 v rozsahu 2/2 hodiny. Pouze přechodně byla lesnická mikrobiologie včleněna do předmětu Pedologie s mikrobiologií. Od roku 1955 probíhala současně výuka v dálkovém studiu. V 60. letech byla lesnická fakulta v Praze zrušena a s ní zanikla i výuka mikrobiologie.

Na lesnické fakultě VŠZ v Brně přednášel lesnickou mikrobiologii v letech 1945–1946 až 1948–1949 prof. RNDr. Alois Zlatník, DrSc., od roku 1949 do roku 1966 v rozsahu 2/2 hodiny prof. Ing. Dr. techn. Václav Káš, DrSc. Od studijního roku 1966–1967 byla lesnická mikrobiologie jako samostatný předmět zrušena a její minimální torzo bylo zachováno v pedologii, kterou přednášel prof. Ing. Dr. techn. Josef Pelíšek, DrSc. Od roku 1974 převzal výuku přibližně ve stejné formě doc. Ing. E. Klimo, CSc., a od roku 1975 je výuka začleněna do předmětu Lesnická pedologie s mikrobiologií, kde je jí vyhrazeno několik přednáškových hodin a 6 hodin cvičení.

Na slovenských vysokých školách byla tato situace: Od studijního roku 1939–1940, kdy byl na Vysoké škole technické v Bratislavě zřízen odbor lesnický a zemědělský, přednášel Dr. Kříž Bakteriologii všeobecnou a lesnickou ve 4. semestru v rozsahu 2/1 hodin. Po zřízení Vysoké školy poľnohospodárskej a lesníkej v Košicích byla výuka zajišťována týměž učitelem a v téže rozsahu. Na Vysoké škole lesníkej a dřevárskéj ve Zvolenu, zřízené od studijního roku 1952–1953 přednášel mikrobiologii v 3. semestru v rozsahu 2/1 hodin doc. Jamrich. Od studijního roku 1960–1961 byla jako samostatný předmět zrušena a její náplň byla rozdělena do botaniky a pedologie. Od roku 1975–1976 je do učebního plánu zařazena Pedologie s mikrobiologií, kterou přednáší prof. Ing. Rudolf Šály, DrSc.

Z uvedeného vyplývá, že výuka lesnické mikrobiologie v samostatném předmětu byla na všech lesnických fakultách v ČSSR kolem roku 1960 zrušena — jistě k velké škodě věci. Vysokoškolsky vzdělaní lesníci tak byli ochuzeni o důkladnější teoretické a z laboratorních cvičení i o praktické poznání významu a závažné, v přírodě nepostradatelné a nezastupitelné úlohy mikroorganismů vůbec a zvláště pak půdních.

ZÁVĚR

V předchozích statích byl podán přehled vývoje lesnické půdní mikrobiologie. Není vyčerpávající a dokonalý, neboť výčet tematických okruhů a zájmů našich půdních mikrobiologů není pravděpodobně úplný. Čtenář však přece jen zde najde hlavní rysy a cesty, kterými se naše lesnická půdní mikrobiologie ubírala a najde i úseky, které zejména potřebují další a hlubší propracování. K dokreslení přehledu je připojen seznam publikací, vědeckých sdělení, závěrečných zpráv aj. z oboru. Autor s povděkem přijme připomínky a doplňky čtenářů, které přispějí k ucelení údajů, které zde byly podány.

PRAMENY

- AMBROŽ, Z.: Enzymatický komplex půd lužních lesů jižní Moravy. Seminář komise půdní mikrobiologie Čs. společnosti mikrobiologické při ČSAV, 24. 4. 1980, Praha
GRUNDA, B.: (písemné sdělení), 1980

- PELIŠEK, J.: In: Sborník ČSAZV - Rostl. Výroba 28, 1955, č. 3/4, s. 322-325
- STOKLASA, J.: Neue Ansichten über die Humusbildung im Waldboden. Zbl. ges. Forstwes. 56, 1930, s. 184
- ŠÁLY, R.: (písemné sdělení), 1980
- Archív ČVUT, Praha
- Rezoluce II. celostátní konference čs. půdních mikrobiologů v Liblicích, 27.—29. 2. 1956. Sborník ČSAZV - Rostl. Výroba 29, 1956, č. 9/10, s. 1061-1064

LITERATURA

Publikace

- AMBROŽ, Z.: Mikrobiologická charakteristika některých stanovištních typů pralesovitého útvary Mionší v Jablunkovských horách. Sborník ČAZV, 1954, s. 515-524
- AMBROŽ, Z.: Výsledky mikrobiologického průzkumu koloběhu uhlíku a dusíku v různých lesních půdách. Sborník ČAZV, 1954, s. 385-400
- AMBROŽ, Z.: Příspěvek k mikrobiologické charakteristice aluviálních půd lednického parku. Sbor. VŠZ Brno, 1954, s. 1-9
- AMBROŽ, Z.: Mikrobiologická charakteristika kaolinických půd západní Moravy. Lesn. Práce, 33, 1954, s. 152-157
- AMBROŽ, Z.: Příspěvek k mikrobiologické charakteristice některých stanovištních typů pralesovitého útvary Mionší. 2. část. Sbor. VŠZ Brno, 1955, s. 81-87
- AMBROŽ, Z.: Složení a přeměny humusu v některých lesních půdách. Čs. Biol., 4, 1955, s. 36-40
- AMBROŽ, Z.: Sostav i izmeněnija peregrnoja v nekotorych lesnyh počvach. Folia biol. (Praha), 1, 1955, s. 48-53
- AMBROŽ, Z.: O kvalitativním a kvantitativním složení humusu v některých lesních půdách. Lesnictví, 2, 1956, s. 905-914
- AMBROŽ, Z.: Praktikum z mikrobiologie pro lesníky. SPN Praha, 1958
- AMBROŽ, Z.: O složení humusu podzolových lesních půd. Lesnictví 8, 1962, s. 779-788
- AMBROŽ, Z.: Factors Influencing the Distribution of Some Proteolytic Enzymes in the Soils. Segundo coloquio latinoamericano del biología de suelo. Universidad St. Maria, Rio Grande do Sul, Brasilia. UNESCO, Montevideo, 1970
- AMBROŽ, Z.: Proteázová aktivita ve vztahu k obsahu C a N v půdách. Acta Univ. Agric. (Brno), 1971, s. 221-226
- AMBROŽ, Z.: Enzymatická aktivita aluviálních půd pod lužním lesem v Lednici na jižní Moravě. In: Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužního lesa. Sbor. ref. VŠZ Brno, 1975, s. 105-116.
- AMBROŽ, Z.: Rozšíření a vlastnosti celuláz v půdách. In: Sbor. IV. čs. půdoznalecké konference, Brno, 1977, s. 37-40
- AMBROŽ, Z.: Enzymatic Activity in a Semigley Soil under the Floodplain Forest in South Moravia. Zbl. Bakt., II. Abt., 132, 1977, s. 541-543
- AMBROŽ, Z.: K poznání vztahů mezi enzymatickou aktivitou půdy a humifikačními procesy. Acta Univ. Agric. (Brno), 1979, A 26, č. 1, s. 13-19
- AMBROŽ, Z.: Význam celuláz v biodegradčních procesech půd. Acta Univ. Agric. (Brno), 1979, A 25, č. 4, s. 29-35
- AMBROŽ, Z. — BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ, E.: K poznání biologické a humusové složky půdy u fytocenoz řádů Magnocaricetalia a Molinietales v oblasti jihozápadního Slovenska (Záhorie). Preslia 40, 1968, s. 80-93
- AMBROŽ, Z. — NOSEK, J.: Mikrobielle Aktivität und Apterygotenbesatz in initialen Böden der Niederen Tatra. Pedobiologia 7, 1967, s. 1-10
- BARTLOVÁ, J. — KOZDERKOVÁ, V. — VENCLÍKOVÁ, E.: Vliv kotlíkového hospodářství na změnu půdní mikroflory. Rostl. Výroba 28, 1955, s. 327-329
- BERNÁT, J.: Mykoflora lesních půd. Preslia 26, 1954, s. 377-384
- BERNÁT, J.: Vplyv smrekového porastu a porastu červeného smreka na mikrobiálne pomery v pôde. Rostl. Výroba 28, 1955, s. 325-327
- BERNÁT, J.: Mikroflóra smrekových porastov. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. (Bratislava), T. II., fasc. 7-9, Botanica, 1958, s. 343-353
- BERNÁT, J.: Zmeny mikrobiologických pomerov pôdy pri zalesňovaní. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. (Bratislava), T. I., fasc. 8-9, Botanica, Publ. II., 1966, s. 403-418

- BERNÁT, J.: Mikrobiologické pomery v okrajovej rúbani. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. Bratislava, Mikrobiol., 3 (1973), s. 1-15
- BERNÁT, J. — NOVOTNÁ, V.: Vplyv prosvetlenia porastu na humifikáciu a mineralizáciu. Biológia (Brat.) 9, 1954, s. 391-397
- BERNÁT, J. — SEIFERT, J.: Biologická aktivita pôd. Biológia (Brat.) 10, 1955, s. 285-293
- BUBLINEC, E.: Vplyv exhalátov z magnezitiek na reakciu pôdy a výživu lesných drevín. Lesn. Čas. 17, 1971, č. 1, s. 3-17
- DEYL, M.: Plants, Soil and Climate of Pop Ivan. Synecological Study from Carpathian Ukraina. Praha 1940, 288 s.
- DYR, J.: Vertikální rozšíření plísní v lesních půdách. Preslia 1937, s. 29
- DYR, J.: Zygomyceten im Waldboden der Böhmschen Länder. In: Stud. Botan. Cechica, IV, sv. 3-4, 1941, s. 73-157
- FRAŇO, A.: Mikrobiologické pomery v pôdách lužných lesov Podunajskej nížiny. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. (Bratislava), T, VI., fasc. 8-9. Botanica, 1961, s. 461-491
- FRAŇO, A.: Der Einfluß der Umwandlung von Eichenwäldern in Lössgebieten auf die Veränderungen in den mikrobiologischen Bodenverhältnissen. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. Bratislava, Botan. 23, 1974, s. 59-70
- GRUNDA, B.: Mikrobiální poměry některých šedých lesních půd ČSSR. Sbor. VŠZ Brno, řada C, 1-2, 1961, s. 75-83
- GRUNDA, B.: Vliv holoseče na činnost půdní mikroflory a kvalitu humusu ve vyšších polohách pahorkatin. Sbor. VŠZ Brno, řada C, 4, 1964, s. 259-276
- GRUNDA, B.: Metoda hodnocení rozkladu celulosy v lesních půdách. Lesn. Čas. 13, 1967, s. 807-813
- GRUNDA, B.: An Inquiry into the Problem of Humus Composition in the Mountain Rendzina Soils. Studies about Humus. Transactions of the Int. Symp. "Humus et Planta", Prague, 1967, s. 221-225
- GRUNDA, B.: Skladba humusu horských rendzin Chočského pohoří. Acta Univ. Agric. (Brno), Ser. C (Fac. silvicult.) 38, 4, 1969, s. 335-344
- GRUNDA, B.: Änderungen der Menge und Zusammensetzung von Humus in der Abhängigkeit von Einwirkung der Mikroflora des Waldbodens. Acta Univ. Agric. (Brno), Ser. C (Fac. silvicult.) 39, 1970, s. 203-212
- GRUNDA, B.: Der Einfluß der Humusstoffe auf die Anzahl der Bodenkleinlebewesen in Kulturen. Zbl. Bakt., II. Abt., 125, 1970, s. 584-593
- GRUNDA, B.: Composition of Humus in Rendzina Soils of Hilly Areas. Studies about Humus. Transactions of the Int. Symp. "Humus et Planta", Prague, 1971, s. 273-278
- GRUNDA, B.: Zmlazování jedle Abies alba Mill. a některé biologické vlastnosti půdy. Lesn. Čas. (Brat.) 18, 1972, s. 381-389
- GRUNDA, B.: Složení a činnost mikrobiální složky v půdě lužního lesa na jižní Moravě. Lesnictví 19, 1973, s. 173-186
- GRUNDA, B.: Microbial Decomposers and their Activity in the Soil under the Floodplain Forest. Ecosystem Study on Floodplain Forest in South Moravia. In: PT-PP/IBP Report No. 4, Univ. of Agric., Brno, 1974, s. 255-264
- GRUNDA, B.: Mikrobiální rozkladači a jejich činnost v půdě lužního lesa. Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužního lesa. In: Sbor. ref. VŠZ Brno, 1975, s. 93-103
- GRUNDA, B.: Razloženiye jestestvennykh materialov v pojennom lesu. Studies about Humus. Transact. of the Int. Symp. "Humus et Planta" Prague, 1975, s. 453-458
- GRUNDA, B.: Terénní testy v biologii půdy lužního lesa. Soils as a Site Factor for Forests of Temperate and Cool Zones. Proceedings of the Symposium, I, 1977 Zvolen, s. 94-101
- GRUNDA, B.: Aktivita mikrobiálních rozkladačů na pokusné ploše MAB v Rájci - Jestřebí. In: Sbor. ref. „Struktura, funkce a produktivita modelových lesních ekosystémů, ovlivňovaných uvědomělou antropickou činností“, VŠZ Brno, 1978, s. 255-263
- GRUNDA, B. — MÁLEK, J.: Mikrobiální aktivita a vlastnosti humusu v řadách lesních biogeocenóz. Acta Univ. Agric. (Brno), Ser. C (Fac. silvicult.), 48, 1979, s. 119-144
- HOUBA, A.: Informativní metody k posouzení nálehavosti probírek v porostech borovice obecné podle stupně mikrobiálního rozkladu ústrojných látek lesní půdy. Sbor. ČSAZ 22, 1949, s. 172-180

- JENÍK, J. — PEŘINA, V. — SLAVÍK, B.: Ekologie kotlíku s olší lepkavou (*Alnus glutinosa* Gaertn.) v borové monokultuře. Práce VÚL ČSR sv. 4, 1954, s. 53-90
- KÁŠ, V.: Lesní polaření ve světle mikrobiologického prozkumu. Sbor. ČSAZ 11, 1936, s. 374-382
- KÁŠ, V.: Mikrobiologická charakteristika půd ochranné oblasti Velká hora u Karlštejna. Sbor. Čes. Akad. techn. 16, seš. 8, 1942, s. 639-675
- KÁŠ, V. — LANGKRAMER, O.: Lesnická mikrobiologie. SPN Praha 1954, s. 209, 34 tab.
- KÁŠ, V. — LANGKRAMER, O.: Lesnická mikrobiologie. II. přeprac. vyd., SNTL Praha, 1958, s. 254, 32 tab.
- KHOLOVÁ, H. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Předběžné sdělení o průběhu chemických a biologických změn v kompostech nasycených čpavkem. Práce VÚLHM sv. 33, 1966, s. 1-28
- KOZDERKOVÁ, V.: Mikrobiologické problémy při zmlazování jedle. Lesnictví 3, 1957, s. 547-554
- KUBÁTOVÁ-KOŘÍNKOVÁ, D.: Půdně mikrobiologický průzkum v západních Krkonoších. Opera corcontica 9, 1972, s. 37-55
- LANGKRAMER, O.: Effect of Pesticide Nematrin on Soil Microflora and Its Activity. Sixth Annual Meeting of the Czechoslovak Microbiological Society, Prague 1967. Folia microbiol. 12, 1967, s. 398-399
- LANGKRAMER, O.: Exhalation of Industrial Plants and Their Effect on the Microflora of Spruce Growths in Ore Mts. (Krušné hory). Sixth Annual Meeting of the Czechoslovak Microbiological Society, Prague 1967, Folia microbiol. 12, 1967, s. 399-400
- LANGKRAMER, O.: Vliv průmyslových exhalací na mikrofloru půd smrkových porostů v Krušných horách. In: Imise a lesní cenosy, konfer. ÚTOK - ČSAV, Kostelec n. Černými lesy, 1968, s. 53-62
- LANGKRAMER, O.: Několik poznatků o působení pesticidů na půdní mikrofloru. „Chémia v poľnohospodárstve“, kongres s medzinárodnou účasťou, Bratislava 1969. In: Zbor. Prednášok zo sekcie C - Chemická ochrana rastlín, s. 83-86
- LANGKRAMER, O.: O vlivu některých pesticidů na mikrofloru v lesních školkách. „Nové poznatky v půdní mikrobiologii“, symposium k 70. narozeninám V. KÁŠE, Praha 1969. In: Souhrn ref., s. 20-26
- LANGKRAMER, O.: Účinek některých vitaminů na růst čisté kultury houby *Suillus variegatus* (Sw. ex Fr.) O. Kuntze. Čes. Mykol. 23, 1969, s. 53-66
- LANGKRAMER, O.: Feststellung des Einflusses von Pestiziden auf Bodenorganismen in Reinkulturen mit Hilfe einer Laboratoriumsmethode. Zbl. Bakt. II. Abt., 125, 1970, s. 713-722
- LANGKRAMER, O.: Pesticides and Microflora of Forest Nursery Soils. VII. Congress international de la protection des plantes, Paris 1970. In: Résumés des communications, 157 C 3 10, s. 798-799
- LANGKRAMER, O.: Laboratorní metody stanovení účinků pesticidů na půdní mikroorganismy v čistých kulturách. Agrochémia 12, 1972, s. 195-199
- LANGKRAMER, O.: Einfluß der Immissionen auf die Bodenmikroflora in Fichtenbeständen. IX. Int. Tagung über die Luftverunreinigung und Forstwirtschaft. Mariánské Lázně 1974, Tagungsbericht, s. 277-281
- LANGKRAMER, O.: Mikroflora půd smrkových porostů tří věkových stupňů v objektu Želivka. Lesnictví 20, 1974, s. 345-360
- LANGKRAMER, O.: Influence of some triazine compounds and propachlor on microflora in nursery soil. VIII Int. Plant Protection Congress. In: Reports and Information, Sect. III, Chemical Control, Part II. Moscow 1975, s. 473-474
- LANGKRAMER, O.: Půdna mikroflóra po aplikácii propachloru. AGRICHEM Bratislava, 1975. In: Zborník, s. 205
- LANGKRAMER, O.: Vliv imisí na mikroorganismy a jejich činnost ve svrchních horizontech půd smrkových porostů. Lesnictví 21, 1975, s. 591-610
- LANGKRAMER, O.: Pesticidy a mikroflora půd lesních školek a porostů. Seminář Čs. spol. mikrobiologické při ČSAV, Praha 1976
- LANGKRAMER, O.: Biomasa půdních bakterií a mikromycet ve smrkových porostech a jejich podíl na vodní bilanci a koloběhu živin v půdě. Lesnictví 23, 1977, s. 89-104
- LANGKRAMER, O.: Influence of the Herbicide Aminotriazol (ATA) on Soil Microflora. Symposium Mediterranea de Herbicidas, Madrid. In: Comunicaciones, T. I., 1978, s. 152-154

- LANGKRAMER, O.: Pesticidy a mikroflora půd lesních školek a porostů. „Mikrobiologické premeny látok v prirodzených a obhospodarovaných prostrediach“, seminár Čs. spoločnosti mikrobiologickej pri ČSAV, Bratislava 1978
- LANGKRAMER, O. — KHOLOVÁ, H.: Vliv některých pesticidů na živou půdní složku v lesních školkách. *Práce VÚLHM*, sv. 37, 1969, s. 165-192
- LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Změny ekologických poměrů v půdě smrkových porostů zasažených průmyslovými imisemi. *Práce VÚLHM*, sv. 59, 1981 (v tisku)
- LANGKRAMER, O. — SOBOTKA, A.: Mykorrhiza lesních dřevin a její praktické využití v lesním hospodářství. *Čes. Mykol.* 10, 1956, s. 41-48
- LANGKRAMER, O. — VÁLKOVÁ, O.: Herbicidy z hlediska hygieny lesních půd. Kolokvium „Ochrana životního prostředí“ Plzeň 1973. In: Sbor. přednášek, s. 30-40
- LETTL, A.: Vliv některých sloučenin síry na půdní mikroflóru v rhizosféře smrku. *Folia microbiol.* ..., 1981 (v tisku)
- LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Dynamics of oxidation of inorganic sulphur compounds in upper horizons of spruce forest soils. *Folia microbiol.* 26, 1981, s. 24-28
- LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — JAKŠ, M.: Thiobacilli and sulphate production from inorganic sulphur compounds in upper horizon of spruce forest soils. *Folia microbiol.* 26, 1981, s. 29-36
- LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — JAKŠ, M.: Effect of industrial immissions with high sulphur dioxide content on thiobacilli and oxidative activity of spruce forest soils towards inorganic sulphur compounds. *Folia microbiol.* 26, 1981 (v tisku)
- LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Some factors influencing production of sulphate by oxidation of elementary sulphur and thiosulphate in upper horizons of spruce forest soils. *Folia microbiol.* 26, 1981 (v tisku)
- LHOTSKÝ, J. — ROSAMOVÁ, I.: Biologická aktivita ulehavých lesních půd kaolinitického typu a její ovlivnění meliorací. *Lesnictví* 18, 1972, s. 455-468
- LHOTSKÝ, J.: K otázce vlivu dřevin na složení a činnost mikroorganismů v humusových vrstvách lesních půd. *Věd. práce VÚM Zbraslav* sv. 13, 1973, s. 269-277
- MEJSTRÍK, V.: Užití mikrobiologie půdy k analýze území. Sbor. *Ekologie krajiny*. Konference o otázkách ekologie krajiny, Jevany, 82-86, Praha 1966
- MEJSTRÍK, V. — DOMINIK, T.: Mykorrhiza u buku (*Fagus sylvatica* L.) na různých stanovištích v ČSSR. Sbor. *Věd. Ústavu Lesn. VŠZ v Praze*, 10, 1967, s. 317-340
- MEJSTRÍK, V. — BENECKE, U.: The ectotrophic mycorrhizas of *Alnus viridis* (Chaix.) D. C. and their significance in respect to phosphorus uptake. *New Phytologist* 68, 1969, s. 141-150
- MEJSTRÍK, V. — DOMINIK, T.: The ecological distribution of mycorrhizas of beech. *New Phytologist* 68, 1969, s. 689-698
- MEJSTRÍK, V.: The uptake of ^{32}P by different kinds of ectotrophic mycorrhiza of *Pinus*. *New Phytologist* 69, 1970, s. 295-298
- MEJSTRÍK, V. — KRAUSE, H.: Uptake of ^{32}P by *P. radiata* roots inoculated with *S. luteus* and *Cenococcum graniforme* from different sources of available phosphate. *New Phytologist* 72, 1973, s. 137-140
- MEJSTRÍK, V.: The ecological distribution of mycorrhizas of *P. uliginosa*. *Mycopathol et Mycol. Appl.*, 49, 1973, s. 275-282
- MEJSTRÍK, V.: Výsledky pokusu s umělou inokulací smrku a borovice lesní václavkou (*A. mellea* — Vahl. ex Fr.-Kum.) za účelem vytvoření mykorrhizy. In: Symposium o václavce, Brno, VŠZ, 1973, s. 49-54
- MEJSTRÍK, V.: The effect of mycorrhizal infection of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* by two *Boletus* species on the accumulation of phosphorus. *New Phytologist*, 74, 1975, s. 455-459
- MEJSTRÍK, V.: The deterioration of *Fagus sylvatica* stands and the development of ectotrophic mycorrhizas. In: *Progress in Soil Zoology. Proceed. of the 5th International Coll. on Soil Zoology, Prague, September 17-22, 1973.* Academia Prague, 1975, s. 437-450
- MEJSTRÍK, V.: The production of short mycorrhizal roots in spruce (*Picea abies* Karst.). In: *Abstracts soil organisms as Components of ecosystem. Vith International Coll. of the ISSS Soil Zoology Committee. Swed. Soc. OIKOS and Swedish Soil Sci. Society. Uppsala, 21-25 June 1976*

- MRÁZ, K. — LANGKRAMER, O.: Forest Humus Forms and their Soil Organisms Studies about Humus. In: Transact. of the Int. Symposium "Humus et Planta" V, Prague 1971, s. 427-430
- MRÁZ, K. — LANGKRAMER, O. — SOBOTKA, A.: Závislost mezi humusovou formou a biotickou půdní složkou v různých lesních a půdních typech. Práce VÚLHM, sv. 39, 1969, s. 19-39
- MRKŮVÁ, R. — GRUNDA, B.: Einfluß von Immissionen auf die Waldböden und ihre Mikroflora im Gebiet von Südmähren. Acta Univ. Agric. (Brno), Ser. C. (Fac. silvicult.), 38, 1969, s. 247-270
- NOSEK, J. — AMBROŽ, Z.: La faune et l'activité microbienne du sol forestier. J. for. suisse, 1957, s. 1-4
- NOSEK, J. — AMBROŽ, Z.: Apterygotenbesatz und mikrobielle Aktivität in Böden der Niederen Tatra. Pedobiologia 4, 1964, s. 222-240
- ONDRISOVÁ, M. — VLÁČILÍKOVÁ, A.: Mikrobiologické pomery v niektorých lesných pôdach. Acta Fac. Rer. Natur. Univ. Comen. Bratislava, Mikrobiol., 3, 1973, s. 17-24
- PELÍŠEK, J.: Úkoly a problémy lesnické pedomikrobiologie. Sbor. ČSAZV - Rostl. Výroba 28, 1955, s. 322-325
- PELÍŠEK, J.: Lesnické půdoznalství. SZN Praha 1964
- PELÍŠEK, J. — GRUNDA, B.: Půdní poměry Dražanské vysočiny se zřetelem k výskytu jedle. Lesn. Čas. (Praha) 9, 1963, s. 853-874
- PŘÍHODA, A.: Mikroskopické houby smrkové hrabanky. In: Sbor. Věd. les. ústavu VŠZ, Kostelec n. Č. l., sv. 18/19, 1975/76, s. 161-184
- PŘÍHODA, A.: Účast lupenatých hub na rozkladu kůry smrku a borovice. Lesnictví 26, 1980, s. 67-75
- ROSA, K.: Příspěvek k řasové floře rašelin u Jindřichova Hradce. Čas. Nár. Musea, odd. přírodovědný, 107, 1933, s. 130-135
- ROSA, K.: Ein Beitrag zur Algenflora des Brdygebirges. Studia Botanica Čechica, 2, fasc. 4, 1939, s. 158-180
- ROSA, K.: Mikroedafon smrkového a dubového porostu polesí Slapy. Lesnictví 29, 1956, s. 45-62
- ROSA, K.: Výzkum mikroedafonu ve smrkovém porostu na Pradědu. Přírodov. sbor. Ostravského kraje, 18, 1957, s. 17-75
- ROSA, K.: Mikroedafon lesních půd Javoriny na Slovensku. Lesn. Čas. (Bratislava), 3, 1957, s. 217-238
- ROSA, K.: Půdní kořenonožci Boubínské pralesa. Ochr. Přír. 13, 1958, s. 185-187
- ROSA, K.: Algologický průzkum rezervace „Boubínský prales“ a jejího okolí. Ochr. Přír. 13, č. 6, 1958, s. 167-170
- ROSA, K.: Mikroedafon lužního lesa u Velkého Oseka. Práce VÚL - ČSR, sv. 23, 1961, s. 5-31
- ROSA, K.: Mikroedafon im degradierten Kieferbestand und in Töpfen auf tertiärem Sand in Nová Ves bei České Budějovice. Acta Univ. Carol. Biol., Suppl., 1962, s. 7-30
- ROSA, K.: Mikroedafon lesných půd Javoriny. Sbor. Pr. TANAP, Martin, 6, 1963, s. 75-103
- ROSA, K.: Microzoedaphon of Querco-Carpinetum at Báb. In: Res. Project Báb (IBP), Progr. Rep. 1, 1970, s. 139-141
- ROSA, K. — LHOTSKÝ, O.: Edaphische Algen und Protozoen im Isergebirge, Tschechoslowakei. Oikos, Copenhagen, 22, 1971, s. 21-29
- ROSA, K.: Dynamika mikroedafonu hnojených a nehnojených lesních půd. Sbor. Věd. Les. Úst. VŠZ, Praha, sv. 17, 1974, s. 271-308
- ROSA, K.: Microzoedaphon of the Floodplain Forest near Lednice. In: Ecosystem Study on Floodplain Forest in South Moravia, PT-PP/IBP Report No 4, Univ. Agric. Brno, 1974, s. 265-270
- ROSAMOVÁ, I.: Odras extrémních vlastností těžkých půd na aktivitě půdní mikroflory. Věd. Práce VÚM Zbraslav, sv. 13, 1973, s. 109-124
- SEIFERT, J.: Celulosové bakterie v půdách lesních porostů. Sbor. ČAZ, 20, 1948, s. 213-221
- SEIFERT, J.: Amonisace a nitrifikace půd Křivoklátských lesů. Sbor. MAP 23, 1949, s. 364-376
- SEIFERT, J.: Půdně biologická studie lesních společenstev ve Velké Fatře. Lesn. Práce 29, 1950, s. 343-356
- SEIFERT, J.: Mikrobiologická studie půd některých lesních typů. Preslia 27, 1955, s. 11-20.

- SEIFERT, J.: Vliv jedlového porostu na biologický stav půdy. Čs. Mikrobiol. 2, 1957, s. 234-237
- SEIFERT, J.: Izpolzovanie fluorescentnoj mikroskopii v mikrobiologii počvy. Počvo-vedenije 1958, s. 50-54
- SEIFERT, J.: Nitrifikace v lesních půdách. Rozpravy ČSAV 68, 1958, s. 1-49
- SEIFERT, J.: Biogenost, nitrifikace a biologická aktivita v půdách rostlinných společenstev na Kodě u Srbska. Rozpravy ČSAV 70, 1960, s. 1-36
- SEIFERT, J.: The Influence of Moisture and Temperature on the Number of Micro-organisms on the Soil. Folia microbiol. 5, 1960, s. 176-180
- SEIFERT, J.: The Effect of Low Temperature on the Intensity of Nitrification. Folia microbiol. 6, 1961, s. 350-353
- SEIFERT, J.: A Seeming Anomaly in Investigating the State of Soil on the Basis of the Number of Bacteria. Acta Univ. Carolinae, Biol. Supplementum, 1962, s. 31-39
- SEIFERT, J. et al.: Mikrobiologické poměry v rhizosféře dubových semenáčků v hnízdové síti. Preslia 27, 1955, s. 1-10
- SEIFERT, J. — HANZALOVÁ, L. — PEŘINA, V.: Vliv ohně na biologickou složku půdy. Preslia 24, 1952, s. 65-72
- SEIFERT, J. — KOTOUNOVÁ-HANZALOVÁ, L.: Vliv okrajové seče na mikrobiologické procesy v lesní půdě. Lesnictví 28, 1955, s. 75-84
- SEIFERT, J. — PEŘINA, V.: Význam půdní biologie v pěstování lesa. Lesn. Práce 35, 1955, s. 9-13
- SILLINGER, P.: Biologie der nitrophilen Waldgesellschaften. Stud. bot. Čechica, Vol. II, fasc. 1, 1939, s. 28-60
- SILLINGER, P. — PETRŮ, F.: Untersuchungen über die Mikrobiologie und Biochemie des Bodens einiger Waldgesellschaften im slowakischen Erzgebirge mit besonderer Berücksichtigung des Fichtenwaldes. Beih. bot. Cbl., 57, Abt. A, 1937
- SLAVÍK, B. — SEIFERT, J.: Ekologie kotlíkové obnovy smíšeného lesa. Rozpravy ČSAV 67, 1957, s. 78-83
- SOBOTKA, A.: Využití hub k umělé mykorrhizaci. Čes. Mykol. 9, 1955, s. 145-151
- SOBOTKA, A.: Iskusstvennaja mikorizacija posadočnogo materiala. Za social. sel'-choz. Nauku, Ser. A, V., 1956, s. 205-214
- SOBOTKA, A.: Využití mykorrhizy v praxi. Čes. Mykol. 10, 1956, s. 162-168
- SOBOTKA, A.: Čistě mycelium, mykorrhizní půda a výživné kořínky modřínu na pokusné ploše ve školce. Věd. práce VÚLM - ČSAZV, 1957, s. 45-51
- SOBOTKA, A.: Výživné kořínky limby, javoru a kleče na některých lokalitách Javorové doliny ve Vysokých Tatrách. Lesn. Čas. 3, 1957, s. 201-216
- SOBOTKA, A.: Vliv organické příměsi v půdě na početnost a anatomii (mykorrhizu) výživných kořínků lípy ve školce Bory u Křemže. Věd. práce VÚLM - ČSAZV, 1958, s. 21-34
- SOBOTKA, A.: Die praktische Anwendung der Mykorrhiza bei der Aufforstung. Mykorrhiza — Internat. Mykorrhizasymposium, Weimar, 1960, s. 461-467
- SOBOTKA, A.: Symbiotní vztahy výživných kořínků buku (*Fagus silvatica* L.) s myceliem hub v některých typech lesa. Práce VÚL ČSSR, 25, 1962, s. 117-148
- SOBOTKA, A.: Příspěvek k otázce mykotrofnosti lesních dřevin. Práce VÚL ČSSR, 29, 1964, s. 181-226
- SOBOTKA, A.: Vliv průmyslových exhalátů na půdní živěnu smrkových porostů Krušných hor. Lesn. Čas. 10, 1964, s. 987-1002
- SOBOTKA, A.: A Contribution to the Problem of Mycorrhizae on Maples in Some Forest Types. Commun. Inst. for. Českoslov. 1965, s. 207-217
- SOBOTKA, A.: Effect of Industrial Exhalates on the Formation of Mycorrhiza by Spruce in Ore Mts. (Krušné hory). Sixth Annual Meeting of the Czechoslovak Microbiological Society, Prague 1967, Folia microbiol. 12, 1967, s. 399
- SOBOTKA, A.: Kořeny *Picea excelsa* L. pod vlivem průmyslových exhalátů v oblasti Krušných hor. In: Imise a lesní cenosy, konfer. ÚTOK - ČSAV, Kostelec n. Č. l., 1968, Sbor. ref. s. 45-52
- SOBOTKA, A.: Vliv aplikace některých biocidů v lesních školkách na krátké boční kořínky jednoletých semenáčků borovice lesní. Práce VÚLHM, sv. 36, 1968, s. 63-76
- SOBOTKA, A.: Die Testung des Einflusses von Pestiziden auf die Mykorrhiza-Pilze in Waldböden. Zbl. Bakt. II. Abt., 125, 1970, s. 723-730
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Biotická složka půd lesních typů Pineto-Quercetum a Pinetum relictum. Práce VÚLHM, sv. 42, 1972, s. 7-22

- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Edafon a výživné kořeny dubového a smrkového porostu lesního typu *Galio-Carpinetum typicum*. Práce VÚLHM, sv. 41, 1972, s. 5-23
- SOBOTKA, A. — SOBOTKOVÁ, M.: Příspěvek k poznání vztahů mezi růstem plodnic hub rouškatých a některých ekologických faktorů. Čes. Mykol. 20, 1966, s. 54-61
- SOBOTKA, A.: Příspěvek k poznání vlivu půdních makromycet na tvorbu biomasy a vodní režim v půdě smrkových porostů. Práce VÚLHM, sv. 45, 1974, s. 95-111
- SOBOTKA, A.: Vliv imisí na tvorbu kořenů s omezeným růstem u smrku. Práce VÚLHM, sv. 48, 1976, s. 77-95
- STOKLASA, J.: Die biochemischen Vorgänge bei der Humusbildung durch die Mikroorganismen im Boden. Beitr. Biol. Pfl. 17, 1929, s. 272
- STOKLASA, J.: Neue Ansichten über die Humusbildung im Waldboden. Zbl. ges. Forstwes. 56, 1930, s. 184
- ŠKOLEK, J.: Mikrobiologičeskije svojstva lesnych počv. In: Sbor. doklada iz „Kurza kompleksnogo issledovanija landšafta“, ŮEBE Bratislava, 1976, s. 32-38
- ŠKOLEK, J.: Mikrobiologické pomery v pôdach lesných porastov Chočských vrchov. Biológia 31, 1976, s. 209-220
- ŠKOLEK, J.: Vplyv lesných porastov na biotické pomery Abieti-Fageta Chočských vrchov. Ved. Práce VÚLH Zvolen, sv. 25, 1977, s. 93-108
- ŠKOLEK, J.: Použitie svetelného mikroskopu na fluorescenčnú mikroskopiu v pôdnej mikrobiológii. Biológia 33, 1978, s. 219-221
- ŠKOLEK, J.: Príspevok k metodike určenia rozkladu celulózy v pôde lesných porastov. Biológia 34, 1979, s. 55-62
- ŠKOLEK, J.: Produkcia kyslíčnika uhličitého z pôd niektorých lesných porastov. Biológia 34, 1979, s. 283-294
- TRUHLÁŘ, J.: Srovnání mikrobiologických poměrů v akátových a dubových pařezinách. Lesn. Práce 37, 1958, s. 568-570
- VINŠOVÁ, M. — LHOTSKÝ, J.: Biologická aktivita degradovaných lesních půd. Lesnictví 24, 1978, s. 137-154
- ZAJONC, I. — AMBROŽ, Z.: Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière et la biologie de l'activité soliforme des Lombrics dans les bois de hêtre des Carpathes. Acta fytot. Univ. Agric. Nitra, 1967, s. 141-153

Vědecká sdělení, závěrečné zprávy výzkumných úkolů

- GRUNDA, B.: Mikrobiální poměry hlavních typů lesních půd ČSSR. Závěrečná zpráva výzkumného úkolu (ZZVÚ), LF-VŠZ Brno, 1975
- GRUNDA, B.: Mikroorganismy a dekompoziční procesy v půdě lužního lesa. ZZVÚ, LF-VŠZ Brno, 1975
- LANGKRAMER, O.: Vliv pěstebně-technických zásahů na půdní mikrofloru smrkových porostů objektu Želivka. Vědecké sdělení (VS) VÚ č. C 16-331-013-01/04, VÚLHM Strnady, 1975
- LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Vliv imisí na mikroorganismy půd smrkových porostů a na chemické vlastnosti půdní gravitační vody. Dílčí (D) ZZVÚ č. P 16-331-056-01/04, VÚLHM Strnady, 1975
- LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — LETTL, A.: Chemické složení a mikrobiologická kvalita vody ve vodotečích a pramenech zalesněného a zemědělsky obhospodařovaného povodí. DZZVÚ č. C 16-331-101-04, VÚLHM Strnady, 1977
- LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — LETTL, A.: Vliv znečištění ovzduší na změny půdní biologické činnosti, chemismus půdy a půdní vody. DZZVÚ č. C 16-331-102/02, VÚLHM Strnady, 1977
- LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — LETTL, A.: Vliv pěstebních zásahů na biotickou půdní složku, dynamiku humusu, živin a stopových prvků na výzkumné ploše Želivka. DZZVÚ č. C 16-331-101-04/03, VÚLHM Strnady, 1978
- LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Zjišťování chemického složení vody ve vybraných povodích. DZZ za etapu Vliv hnojení v lesních porostech na kvalitu vody., VÚLHM Strnady, 1978
- MRÁZ, K. — SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Závislost mezi humusovou formou a biotickou složkou půdy v různých lesních a půdních typech. DZZVÚ VII-6-9/8, VÚLHM Strnady 1968
- MRÁZ, K. — SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. et al.: Živá půdní složka, humus a vodní režim v půdách chlumních smrkových porostů jako základní faktory jejich vodohospodářských funkcí (projekt Želivka). Souhrnná ZZVÚ č. P 16-331-053-01/10, VÚLHM Strnady 1975

- MRÁZ, K. — SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Vliv pěstebních zásahů na biotickou půdní složku se zřetelem na humusové formy. ZSVÚ č. C 16-331-013-01/04, VÚLHM Strnady, 1975
- MRÁZ, K. — SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V.: Zjišťování vlivu imisí na půdu, zejména na humusovou formu. ZSVÚ č. P 16-331-056-01/04, VÚLHM Strnady 1975
- ROSAMOVÁ, I.: Mikrobiologicko-biochemická studie vybraných představitelů deficitních těžkých půd. DZZVÚ, VÚM Zbraslav 1974, 41 s.
- SOBOTKA, A. — HARDTMANOVÁ, H.: Mikrobiologický výzkum lesních půd podle lesních typů. — I. Lužní lesy. DZZVÚ č. 86 12b, VÚLM-ČSAZV, Zbraslav, 1958
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. et al.: Mikrobiologický výzkum lesních půd podle lesních typů. II. Brdské Hřeben, Brdy. III. Orlické hory. DZZVÚ č. 86 12b, VÚLHM Strnady, 1961
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. et al.: Mikrobiologický výzkum lesních půd podle lesních typů. — IV. Krušné hory. DZZVÚ 86 12b, VÚLHM Strnady, 1964
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — KHOLOVÁ, H. — ROSA, K.: Monografické zpracování mikorrhizy u javorů. ZZ ústavního VÚ č. U 1, VÚLHM Strnady, 1964
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. et al.: Mikrobiologický výzkum lesních půd, incl. mesoedafonu. — V. Vysoké Tatry a Český kras. DZZVÚ č. A-207.4.8/g, VÚLHM Strnady, 1965
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Vliv agrotechniky a pesticidů na biotickou půdní složku ve školkách. DZZVÚ č. B-0-13-3/5, VÚLHM Strnady, 1965
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. et al.: Mikrobiologický výzkum lesních půd podle lesních typů, incl. mesoedafonu. Souhrnná ZSVÚ VII-6-9/7 VÚLHM Strnady, 1967
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — KHOLOVÁ, H.: Vliv pesticidů na biotickou půdní složku ve školkách (I.). — Testování toxicity pesticidů na biotickou půdní složku (II.). DZZVÚ č. B-0-30-3/5, VÚLHM Strnady, 1968
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Mikrobiologický výzkum lesních půd. VI. Mikrobiologický výzkum půdy lesního typu Galio-Carpinetum typicum. DZZVÚ č. VII-6-9/7, VÚLHM Strnady, 1969
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — KHOLOVÁ, H.: Vliv některých nových herbicidů (Aresin, Patoran, C 6313 a PCP) na biotickou půdní složku ve školkách a porovnání výsledků s testováním v laboratorních podmínkách. DZZVÚ č. B-0-30-3/5, VÚLHM Strnady, 1969
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O.: Mikrobiologický výzkum lesních půd. VII. Mikrobiologický výzkum půd lesních typů Pineto-Quercetum a reliktního boru. DZZVÚ č. VII-6-9/7, VÚLHM Strnady, 1970
- SOBOTKA, A. — LANGKRAMER, O. — KHOLOVÁ, H.: Biotická složka půd tří věkových stupňů smrkových porostů v objektu Želivka. VS za etapu DVÚ č. P-16-331-053-01/10, VÚLHM Strnady, 1972
- SOBOTKA, A. — MRÁZ, K. — LANGKRAMER, O. et al.: Živá půdní složka, humus a vodní režim v půdách chlumních smrkových porostů jako základní faktory jejich vodohospodářských funkcí (projekt Želivka). DZZVÚ č. P-16-331-353-01/10, VÚLHM Strnady, 1974

Tuto práci připisuji památce prof. Dr. Ing. Václava Káše, DrSc., člena korespondenta ČSAV. Vzpomínám s vděčností na dlouhou řadu let, kdy mně umožnil, abych s ním spolupracoval jak na úseku pedagogické, tak vědeckovýzkumné činnosti.

Ing. Otakar Langkramer, CSc., Na viničních horách 16, 160 00 Praha 6 - Dejvice

B. Grunda

GRUNDA, B. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Saprotrofní mikroorganismy v lesním ekosystému*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 303-318.

V práci je pojednáno o metodách výzkumu půdní mikroflóry, které byly uplatněny při studiu ekosystému lužního lesa na jižní Moravě. Byl zjišťován počet mikroorganismů, jeho variabilita na ploše i variabilita časová. Byl stanoven počet aerobních a anaerobních bakterií, aktinomycet i mikromycet v celém půdním profilu. Identifikací bylo zjištěno 19 druhů aerobních bakterií, 2 druhy aktinomycet a 40 druhů mikromycet. Koloběh uhlíku byl charakterizován třemi terénními testy: rozkladem přírodních materiálů, rozkladem celulózy a respirací kyslíčnicku uhličitého z půdy. Zjišťován byl dále počet rozkladačů celulózy a potenciálních rozkladačů ligninu. Koloběh dusíku byl studován chemickými půdními testy (celkový dusík, dusík čpavkový, dusitanový, dusičnanový) v průběhu roku, dále zjištěním amonizační mikroflóry, azotobaktera a *Clostridium pasteurianum*. Humusové poměry byly charakterizovány ‰ humusu, poměrem uhlíku a dusíku, frakčním dělením humusu a respiračním testem stability.

mikrobiologie lesnická; půdní mikroflóra; uhlík; dusík; humus

Ekosystémový přístup ke studiu přírodních formací, který se stal v posledních 15 letech jednotícím proudem v přírodních vědách v mezinárodním měřítku, se vyznačuje zejména tím, že směřuje k bilancování látek a energie v rámci ekosystémů jako celků. Aniž by potlačoval studium dílčích složek ekosystému, obrací pozornost badatelů na otázky, které jsou velmi závažné pro lidskou společnost. Člověk je součástí ekosystémů světadílů i celé Země, svou činností tyto systémy ovlivňuje a při tom je na jejich vyváženém stavu a nerušené funkci zcela závislý. Odpovědi, které může společnost dostat od výzkumu ekosystémů, jsou závažné nejen pro způsob nakládání s nimi, ale rovněž pro prognostiku, pro předpověď chování ekosystémů, jestliže se získané údaje skloubí do ověřeného fungujícího matematického modelu. S tím je možno experimentovat bez rizika, s přírodou nikoli.

Vzhledem k celospolečenské prospěšnosti ekosystémového přístupu k přírodě se setkaly mezinárodní výzkumné akce Mezinárodní biologický program (IBP) a Člověk a biosféra (MAB) s velkým ohlasem. Mnoho badatelských institucí na celém světě se na těchto programech podílí, v Československu řídí výzkum Československá akademie věd. Jako jeden z projektů začleněných do těchto mezinárodních akcí byl v Československu studován ekosystém lužního lesa u Lednice na jižní Moravě.

Mezi mnoha odborníky různé vědecké specializace jsem měl možnost pracovat na zmíněném projektu jako půdní mikrobiolog. Z dalších mikrobiologů se zúčastnili spolupráce Dr. K. Rosa (1974), který studoval mikrozoofaunu a Dr. F. Hindák (1974), který zjišťoval autotrofní mikroflóru, sinice a řasy. K bližšímu poznání ekosystému přispěli

dále pracovníci Československé sbírky mikroorganismů při Univerzitě J. E. Purkyně v Brně identifikací půdní mikroflóry; doc. Dr. M. Kocur identifikoval bakterie a aktinomycety, Dr. L. Marvanová mikro-mycety.

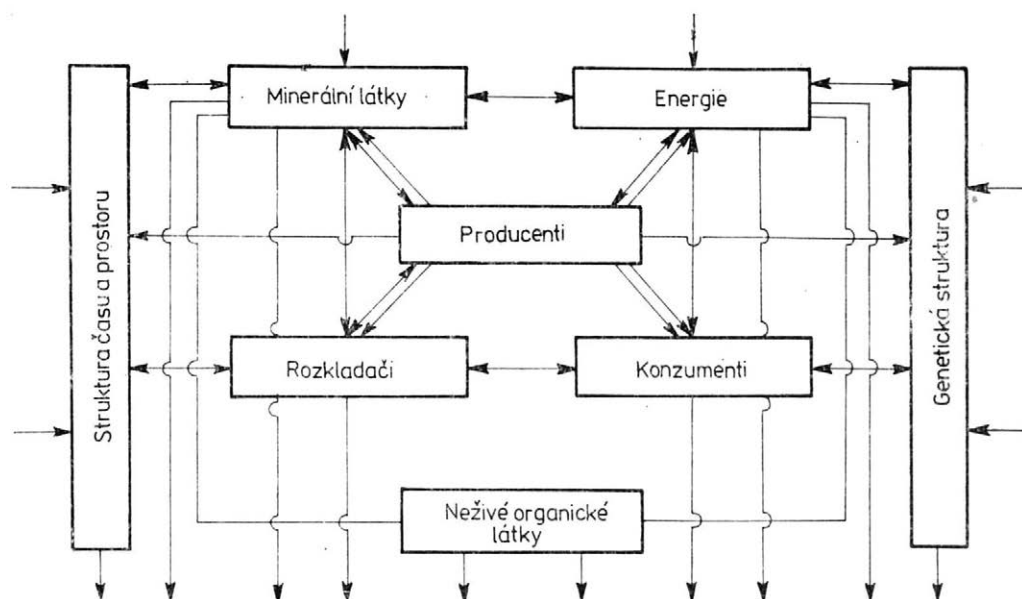
V článku jsou podána hlavní metodická vodítka uplatněná při výzkumu saprotrfní mikroflóry a příklady výsledků dosažených použitými metodami.

LES JAKO EKOSYSTÉM

Les je nesmírně složitým ekosystémem. Jestliže si ho velmi zjednodušíme, např. do grafického modelu (obr. 1), vidíme, že živou složku ekosystému tvoří organismy, které můžeme rozdělit do tří funkčních skupin a označit jako producenty, konzumenty a rozkladače. Do ekosystému vstupují minerální látky a energie, které jsou zčásti využívány a asimilovány, zčásti ekosystémem procházejí a opouštějí ho. Asimilace látek a využití energie organismy je determinováno geneticky a probíhá v čase a prostoru. To má zcela konkrétní smysl např. v historickém vývoji druhů i jejich areálů v ekosystému žijících.

Skupinu producentů (primárních producentů) představují organismy, které pomocí světelné energie asimilují minerální látky na stavbu svých těl. V lese to jsou dřeviny lesního porostu, keře i byliny, epifyti, ale také autotrofní mikroorganismy.

Jako konzumenty (primární konzumenty) lze označit organismy, které získávají živiny a energii převážně konzumací primárních producentů. Jsou to všechny organismy živící se rostlinnou potravou, jako např. býložraví obratlovci, hmyz a fytotrofní edafon.



1. Základní model ekosystému (Jeník 1975). — The basic model of the ecosystem (Jeník 1975)

Dalšími konzumenty jsou tzv. sekundární konzumenti, kteří získávají živiny a energii převážně požíváním fytoτροφných organismů (býložravců). Jsou to masožraví obratlovci, karnivorní hmyz i edafon. Vyskytuje se ještě funkční úroveň tzv. terciárních konzumentů, kteří konzumují karnivorní organismy.

Přesuny látek a energie mezi zmíněnými úrovněmi v popsaném „potravním řetězci“ pokračují ke skupině organismů, které můžeme označit jako rozkladače nebo saprotrófní organismy. To jsou organismy získávající živiny a energii rozkladem organických látek odumřelých a většinou opadlých na povrch půdy. K této skupině patří saprofágové z půdní fauny, houby a saprotrófní mikroorganismy.

Naznačené schéma je pouze hrubým nárysem trofických úrovní v ekosystému, které nemůže vystihnout všechny vztahy organismů; některé organismy působí ve dvou nebo třech trofických úrovních. Přesto je toto rozdělení dostačující pro studium látkových přeměn a toku energie v systému. Na každé úrovni probíhají určité dílčí procesy, jejichž studiem můžeme postihnout část látkových nebo energetických přeměn, které v ekosystému probíhají.

Pracovním polem pro mikrobiologii prostředí jsou zejména procesy probíhající na půdním povrchu a v půdě, které rozhodují o uvádění biogenních prvků do koloběhu látek v ekosystému. Mnohé z těchto procesů jsou vyvolávány přímo mikroorganismy nebo probíhají za jejich součinnosti. Některé z těchto procesů označujeme souhrnně jako mineralizaci, humifikaci, fixaci nebo volatilizaci látek. Žádný z koloběhů minerálních látek se neděje bez účasti půdní mikroflóry, ale nejzávažnější výsledky pro studium rozkladu organické hmoty poskytuje koloběh uhlíku a dusíku.

CHARAKTERISTIKA PROSTŘEDÍ

Pro ekosystémové studie je nutná podrobná charakteristika prostředí. Výzkum ekosystému je ovšem vždy týmovou prací. To znamená, že podrobné a přesné údaje o záření, teplotním a vodním režimu ovzduší i půdy, o půdních vlastnostech fyzikálních i chemických, pokud je mikrobiolog potřebuje, si bere od specialistů pracujících ve studovaném eko-



2. Lužní les při jarní záplavě. — Riverine forest flooded in spring



3. Pokusná plocha 1 při jar-
ní záplavě. — Experimental
area 1 during spring flood

systému. Právě tak podrobný popis lesního porostu, jeho typologického a fytocenologického zařazení i údaje o množství a charakteru opadu mikrobiolog zpravidla převezme.

V ekosystému lužního lesa u Lednice na jižní Moravě šlo o oblast teplou a suchou s průměrnou roční teplotou 9 °C a úhrnem atmosférických srážek 524 mm. Lesní porosty vyrovnávají klimatické extrémy a posunují svoje vlastní mikroklima do poněkud vlhčí a chladnější polohy.

Půdou lokality je semiglejová půda na aluviu řeky Dyje. Je to jílovitohlinitá, humózní a strukturní půda s mírně kyselou až neutrální reakcí a nasyceným sorpčním komplexem.

Lesní porost tvoří převážně dub letní (*Quercus robur*) a jasan (*Fraxinus excelsior*) s nízkým podílem dalších dřevin: *Tilia cordata*, *Ulmus campestris*, *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa* a *Populus alba*. Keřové patro tvoří *Cornus sanguinea*, *Tilia cordata* a *Crataegus* sp.



4. Naplavený kal po jar-
ní záplavě v lužním lese. — Sediments deposited after spring
flood in riverine forest



5. Letní aspekt lužního lesa. — Summer aspect of riverine forest

Porost má bohaté bylinné patro, v němž dominuje *Glechoma hederacea*, *Urtica dioica*, *Brachypodium silvaticum*, *Impatiens parviflora*. V terénních pokleslinách se objevuje *Carex acutiformis*. Lesní typ vytvořený v tomto ekosystému lze řadit ke skupině *Ulmi-Fraxineta carpineae* (Zlatník).

Opad má značný obsah vápníku a hořčíku a střední zásobu drasla, fosforu i dusíku. Vzájemný poměr uhlíku a dusíku v opadu je poměrně úzký.

VOLBA METOD

Uvažujeme-li obecně o metodách, kterých může mikrobiolog při výzkumu přírodního ekosystému použít, dojdeme k závěru, že pouze s laboratorními metodami nelze vystačit. Mají-li být alespoň některé výsledky použity k bilancování látek v přírodě, musí být tyto hodnoty získány v terénních podmínkách, které nelze dostatečně přesně simulovat v laboroři. Výsledky z terénu se dokonce stávají hlavními poznatky, které jsou doplňovány údaji zjištěnými v laboroři.

Je tedy třeba vyhledat metody nové, které se hodí pro použití v přírodě. V některých případech sáhneme i po vhodnějších laboratorních metodách. Nové metody je nutno vyzkoušet, popř. modifikovat pro vlastní účel.

Pokud se použijí metody laboratorní, je opět třeba je obměnit tak, aby mohly co nejlépe vyjádřit poměry v ekosystému. Proto byly např. laboratorní analýzy založeny co nejrychleji po odběru vzorků v terénu, půdní vzorky byly použity v původní vlhkosti a pokud jde o jejich úpravu, byly homogenizovány pouhým promísením.

Použité metody budou stručně charakterizovány v dalším textu.

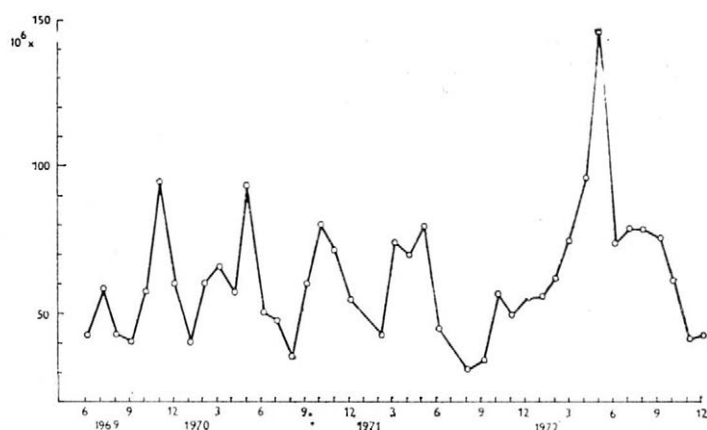
KVANTITA A KVALITA MIKROBIÁLNÍCH SPOLEČENSTEV

Ani při ekosystémovém výzkumu se nelze obejít bez zjištění počtu a struktury mikroedafonu, a to z toho důvodu, že také mikroedafon je producentem živé hmoty v ekosystému. Nelze se ovšem spokojit s celkovým počtem mikroflóry, ale je třeba poznat vzájemné proporce jednotlivých složek mikrobiálního společenstva.

Proto byly v lužním lese zjišťovány aerobní i anaerobní bakterie, aktinomycety a mikromycety. Stanovení bylo provedeno zředovací metodou na agarových živných půdách. Přehled výsledků je patrný z tabulky I.

I. Saprotrofní mikroflóra půdy lužního lesa, profil 1 (v tisících na 1 g suché půdy; průměr z 44 analýz). — Saprotrophic soil microflora of riverine forest, profile 1 (in thousands per 1 g dry soil; the average from 44 analyses)

Horizont	Hloubka cm	Aerobní bakterie	Aktino- mycety	Mikro- mycety	Anaerobi	Celkem	Úbytek %
F	1—2	109 100	34 375	2768	12 021	158 264	273
Am	2—8	34 644	17 670	733	4 950	57 997	100
Btg	15—25	4 295	1 365	38	955	6 653	11,5
Btg	35—45	630	235	10	79	954	1,6
Af	50—60	399	286	5	93	783	1,4
Účast v %		51—69	21—37	0,6—2,1	4—16	100	—



6. Průběh celkového počtu mikroflóry v půdním horizontu Am. — A pattern of the total counts of microflora in soil horizon Am

II. Aerobní bakterie a aktinomycety v půdě lužního lesa. — Aerobic bacteria and actinomycetes in soil of riverine forest

Baktérie

Agrobacterium radiobacter (Beijerinck and van Dedden) Conn 1942

Alcaligenes faecalis Castellani and Chalmers 1919

Arthrobacter globiformis (Conn) Conn and Dimmick 1947

Arthrobacter simplex (Jensen) Lochhead 1957

Arthrobacter sp.

Bacillus brevis Migula 1900

Bacillus cereus subsp. *mycoides* (Flügge) Smith et al. 1946

Bacillus megaterium de Bary 1884

Corynebacterium sp.

Enterobacter agglomerans (Beijerinck) Ewing and Fife 1972

Escherichia coli (Migula) Castellani and Chalmers 1919

Flavobacterium sp.

Pseudomonas alcaligenes Monias 1928

Pseudomonas fluorescens Migula 1895

Pseudomonas maltophilia Hugh and Ryschenkow 1960

Pseudomonas putida (Trevisan) Migula 1895

Pseudomonas testosteroni Marcus and Talalay 1956

Serratia marcescens Bizio 1823

Staphylococcus epidermidis (Winslow and Winslow) Evans 1916

Aktinomycety

Streptomyces albus (Rossi Doria) Waksman and Henrici 1943

Streptomyces griseoplanus Backus et al. 1957

- Absidia glauca* Hagem
Absidia cylindrospora Hagem
Alternaria alternata (Fr.) Keissler (*A. tenuis*)
Beauveria alba (Limber) Saccas
Bispora betulina (Corda) Hughes
Calcarisporium arbuscula Preuss
Chrysosporium merdarium (Link) Carmichael
Cladosporium cladosporioides (Fres.) de Vries
Cladosporium herbarum (Pers.) Link ex Fr.
Cylindrocarpon destructans (Zins.) Scholten
Cylindrocarpon janthothele Wollenw. var. *majus* Wollenweber
Cylindrocarpon orthosporum (Sacc.) Wollenweber
Fusarium graminearum Schwabe
Fusarium moniliforme Sheldon var. *subglutinans* Wollenw. et Reinking
Humicola fuscoatra Traaen
Humicola grisea Traaen
Mortierella gracilis Linnemann
Mortierella pusilla Oudemans
Mucor plumbeus Bonorden
Paecilomyces farinosus (Dickson ex Fr.) Brown and Smith
Paecilomyces marquandii (Massee) Hughes
Penicillium brevi-compactum Dierckx
Penicillium cyaneo-fulvum Biourge
Penicillium fellutanum Biourge
Penicillium implicatum Biourge
Penicillium pedemontanum Mosca et Fontana
Penicillium cf. pedemontanum Mosca et Fontana
Penicillium purpurogenum Stoll
Penicillium restrictum Gilman and Abbott
Phialophora fastigiata (Lagerb. et Melin)
Phoma exigua Desm.
Rhizopus stolonifer (Ehrenb. ex Fr.) Lind
Sporothrix inflata de Hoog
Stachybotrys atra Corda = *Stachybotrys chartarum* (Ehrenb. ex Link) Hughes
Trichocladium opacum (Corda) Hughes
Trichoderma harzianum Rifai
Trichoderma cf. viride Pers. ex S. F. Gray

Jednorázově byla zjištěna plošná variabilita počtu mikrobiálních skupin. Na 8 místech poblíž pravidelných sond byly odebrány půdní vzorky z horizontu A a analyzovány. Zatímco variační koeficient u půdní vlhkosti činil necelá 4 %, kolísal variační koeficient mikrobiálních skupin od 18 do 32 %.

Variabilita časová dosahovala daleko vyšších hodnot než variabilita plošná a odrážela vliv ekologických činitelů na půdní mikrobiotinu. Variační koeficient kolísal v rozpětí 45 až 223 %. Nejvyšší byl u mikromycet a anaerobů. Hodnoty časové variability byly propočteny při $n = 36$ (počet měsíců za 3 roky). V průběhu vegetačního roku bylo zjištěno pravidelné jarní a podzimní maximum (obr. 6), které bylo patrné u všech zjišťovaných skupin mikrobiotiny. U anaerobů bylo kromě toho zjištěno výrazné maximum objevující se těsně po záplavě a úzký korelační vztah k půdní vlhkosti i k hladině podzemní vody.

V posledním roce výzkumu se podařilo získat ke spolupráci specialisty z Československé sbírky mikroorganismů v Brně. Výsledkem spolupráce s doc. Dr. M. Kocurem byla identifikace 19 druhů aerobních bakterií a 2 druhů aktinomycet (tabulka II). Dr. L. Marvanová identifikovala z dodaných izolátů 40 druhů mikromycet (tabulka III).

KOLOBĚH UHLÍKU

Koloběh uhlíku má v lesním ekosystému mimořádný význam. Hladký, nerušený průběh rozkladu uhlíkatých látek je základním předpokladem rovnoměrného koloběhu ostatních biogenních prvků. Je vhodné studovat rozklad uhlíkových látek v terénních podmínkách. K charakteristice rozkladu je k dispozici několik metod.

Jednou z těchto metod je metoda párových plošek (Wiegert, Evans 1964) v různých modifikacích (Lomnicki a kol. 1968 a jiné). Je to metoda, kterou se zjišťují váhové úbytky organické hmoty na půdním povrchu za nerušených podmínek.

Další metodou je metoda váhového úbytku přírodních materiálů (listů, dřeva, bylin) umístěných v sáčkích z polyamidové síťoviny na půdní povrch (Bocock, Gilbert 1957).

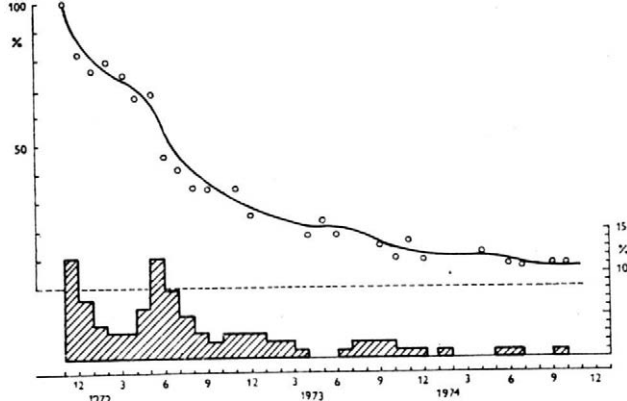
Třetí metodou je měření respirace CO_2 z půdy. Pro zjištění respirace v terénu bylo vyvinuto několik použitelných metod, založených na absorpci kyslíčnicku uhlíčitého vhodným louhem.

V ekosystému lužního lesa byla pro rozklad organických látek uplatněna metoda polyamidových sítěk s průměrem ok 1 mm při pevných k povrchu půdy. Byly použity 4 testové přírodní materiály:

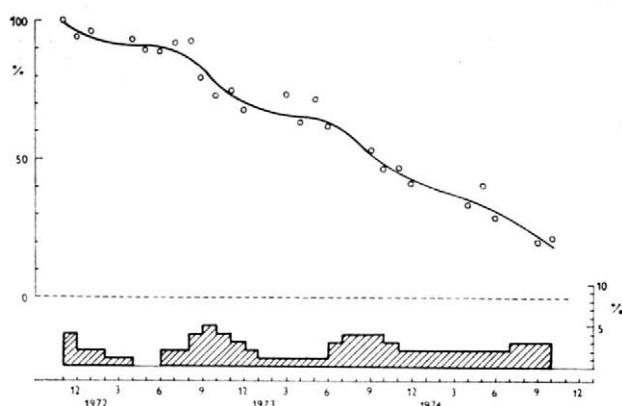
- a) směs listů dubu, jasanu a habru v poměru 1:1:1 (opad stromového patra);
- b) směs listů dřevin keřového patra svídy a lípy v poměru 1:1;
- c) směs dominantních bylin (popenec *Glechoma hederacea*, kopřiva *Urtica dioica* a ostřice *Carex acutiformis*) v poměru 1:1:1;
- d) dubové dřevo v podobě dýhy o tloušťce 1 mm.

Empirické křivky jejich rozkladu vidíme na obr. 7 a 8.

7. Empirická křivka rozkladu listů stromového patra. — An empirical curve of leaf decomposition of the tree layer



8. Empirická křivka rozkladu dubového dřeva. — An empirical curve of oak wood decay



Průběh křivek získaných při rozkladu přírodních materiálů se často blíží křivkám matematicky definovaným. Proto byly výsledky vyhodnoceny metodou regresní a korelační analýzy. Byla použita řada regresních funkcí:

$$y = a + bx \quad (1)$$

$$y = a + bx + cx^2 \quad (2)$$

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (3)$$

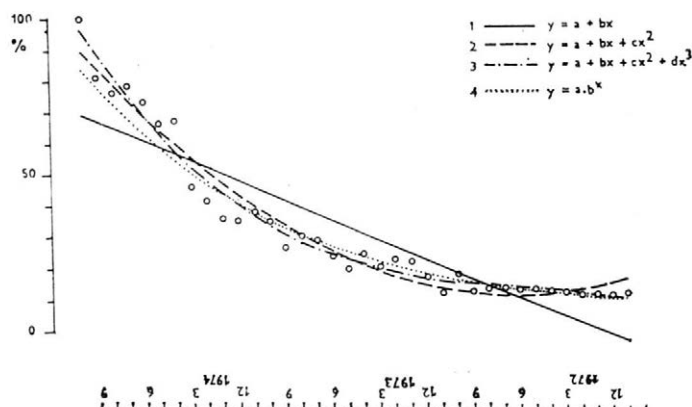
$$y = a \cdot b^x \quad (4)$$

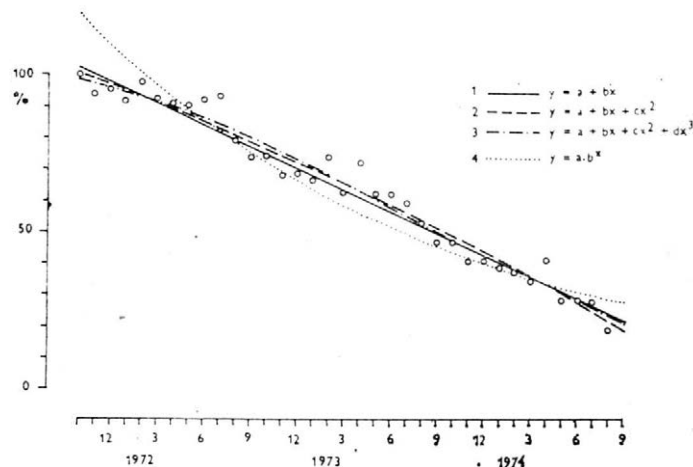
$$y = a \cdot x^b \quad (5)$$

$$y = \exp(a + bx + cx^2) \quad (6)$$

$$y = \exp(a + bx + cx^2 + dx^3) \quad (7)$$

9. Definované křivky vyrovnávající rozklad listů stromového patra. — Defined curves smoothing the leaf decomposition of the tree layer





10. Definované křivky
vyrovnávající rozklad
dřeva. — Defined curves
smoothing wood decay

Bylo zjištěno, že empirickým křivkám rozkladu se nejvíce přimykají křivky (3) a (7); pro rozklad dřeva zcela postačuje i přímka (1). Jako příklad číselného zpracování konkrétních údajů uvádím v tabulce IV hodnoty pro rozklad listů stromového patra.

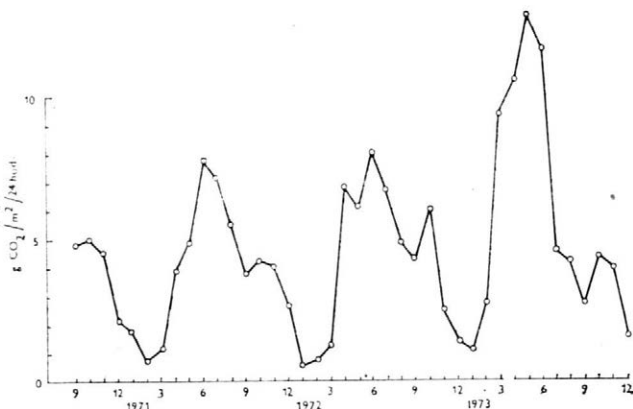
Z matematicko-statistického zpracování výsledků vyplývá důležitý závěr. Založíme-li znovu podobný pokus, postačí jen několik kontrolních měření, která proložíme vhodnou křivkou a v kterémkoli časovém úseku můžeme odečíst množství rozloženého materiálu.

K zjištění respirace CO_2 z půdy byla zprvu použita metoda absorpce kyslíčnicku uhličitého louhem sodným a fixace chloridem barnatým, později metoda absorpce natronovým vápnem (Monteith, Seicz, Yabuki 1964). V obou případech přecházel kyslíčnick uhličitý do absorpčních činidel volně pouhou difúzí. Difúze probíhala pod

IV. Rozklad listů stromového patra (dub, jasan, jilm). — Leaf decomposition of the tree layer (oak, ash, elm)

1.	$y = 71,880792 - 2,1973101x$ $I = 0,9014$
2.	$y = 95,747564 - 5,9657480x + 0,10184968x^2$ $I = 0,9813$
3.	$y = 104,80212 - 8,7157661x + 0,28514015x^2 - 1,6067125x^3$ $I = 0,9879$
4.	$y = 89,914767 \cdot 0,92883829^x$ $I = 0,9809$
5.	$y = 89914767 \exp(-7,38206341E-02x)$ $I = 0,9809$
6.	$y = \exp(4,7145004 - 0,10786879x + 9,20220419E-04x^2)$ $I = 0,9874$
7.	$y = \exp(4,6862154 - 9,92781941E-02x + 3,47644681E-04x^2 - 0,37795136x^3)$ $I = 0,9875$

11. Respirace kyslíčnicku uhlí-
čitého z půdy. — Respiration
of carbon dioxide from soil



kovovým zvonem, jehož okraj byl zaříznut asi 6 cm do půdy. Výsledky byly přepočteny na 1 m² a 24 hodin.

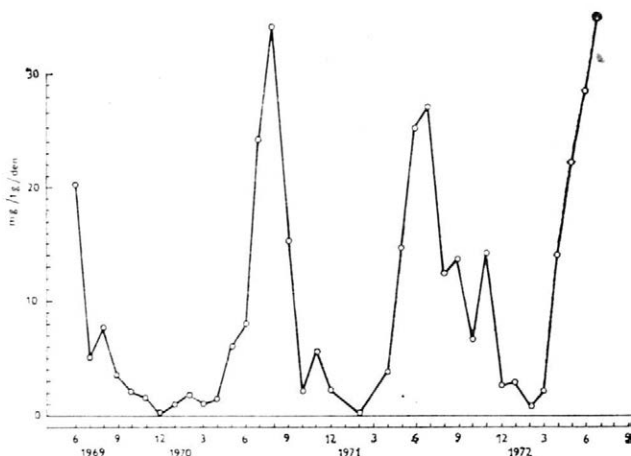
V lužním lese zjišťovaná respirace je patrna z obr. 11. Zřetelně vy-
niká roční cyklus s výrazným vrcholem na počátku léta a s nižším
vrcholem na podzim (říjen). Z hodnot zjišťovaných každý měsíc se dají
vypočítat sumární hodnoty roční respirace, které jsou důležité pro bi-
lancování uhlíku v ekosystému.

Pro studium rozkladu uhlíkatých látek je vhodná také metoda
rozkladu celulózy v terénních podmínkách. Sterilní filtrační
papír o rozměrech 4 × 10 cm byl umístěn do polyamidové sítky a vlo-
žen v horizontální poloze do humusového horizontu A. Po čtyřtýdenní
expozici byl zjištěn úbytek jeho hmotnosti. Výsledky byly přepočteny
na 1 g vložené celulózy a 1 den.

Průběh rozkladu celulózy v lužním lese byl velmi typický, jak je
patrné z obr. 12. Byla zjištěna velmi úzká korelace s průběhem půd-
ních teplot. Dále byla zjištěna volnější závislost na počtu bakteriálních
rozkladačů celulózy a na průběhu půdní vlhkosti.

Rozklad celulózy byl mimoto zjišťován také za laboratorních pod-
mínek, stejně jako počet aerobních rozkladačů celulózy zředovací
metodou.

V laboratoři byl zjišťován také počet producentů polyfenoloxidáz,
kteří jsou potenciálními rozkladači ligninu. Zjištění bylo provedeno ta-



12. Rozklad celulózy v půd-
ním horizontu Am. — Cellu-
lose breakdown in soil hori-
zon Am

ninovým testem podle B a v e n d a m m a (1927), který tímto testem rozlišoval celulózovorní a lignivorní vyšší houby. V lužním lese byl počet producentů polyfenoloxidáz poměrně vysoký a činil v průměru 7 až 25 % počtu půdních mikromycet.

KOLOBĚH DUSÍKU

Nová organická hmota roste jen na živých bílkovinách a k tvorbě bílkovin potřebují rostliny dusík. Rostliny, tedy i les, čerpají dusík v podobě rozpuštěných solí z půdy. Hlavním zdrojem dusíku v lese je opad, jehož rozkladem se dusík uvolňuje do půdy. Je třeba vědět kolik dusíku přichází během roku do půdy z opadu, v jakém množství a v jakém cyklu se formy dusíku v půdě mění, kolik dusíku vstupuje do ekosystému atmosférickými srážkami nebo mikrobiální fixací, kolik dusíku se dostává do humusových látek, kolik je ho z ekosystému vyplavováno nebo uniká volatilizací.

Na mnohé z těchto otázek může dát odpověď chemický výzkum půdy, na další může odpovědět mikrobiolog.

V lužním lese se uplatnil především chemický průzkum půdy konaný pedologem. Dusík byl zjišťován kjeldalizací v celém průběhu látkových změn od živých tkání stromů, keřů a dominantních bylin přes opad až po humusové látky v jednotlivých horizontech půdního profilu. V půdě byly zjišťovány také různé formy dusíku, a to dusík čpavkový, dusitanový a dusičnanový.

Půdní rozbory byly využity rovněž pro hodnocení činnosti půdní mikroflóry a doplněny dalšími analýzami. V šesti různých časových intervalech během roku byla zjišťována přítomnost poutačů vzdušného dusíku *Azotobacter chroococcum* a anaerobního *Clostridium pasteurianum*. *Azotobacter* nebyl nikdy zjištěn, *Clostridium* bylo zjištěno vždy, ale většinou v nevelkém počtu. Bohatě byla zastoupena amonizační mikroflóra, která tvořila 60 až 80 % celkového počtu saprofytní mikroflóry.

Přítomnost a činnost nitrifikační mikroflóry byla posuzována podle dusitanů a dusičnanů zjištěných v půdě. Obsah dusičnanů periodicky stoupal v době jarní a podzimní zvýšené půdní vlhkosti, v letním suchém období se výrazně snižoval. Podobně kolísal i dusík nitritový.

CHARAKTERISTIKA VZNIKAJÍCÍCH HUMUSOVÝCH LÁTEK

Jedním z procesů probíhajícím v půdě pod vlivem mikroflóry je humifikace. Humifikací vzniká neživá organická půdní složka s vysokou jímavostí pro vodu i minerální živiny, která po stránce ekologické výrazně zlepšuje také fyzikální vlastnosti půdy. Tím se upravuje k příznivějším poměrům půdní prostředí nejen pro edafon, ale také pro ostatní organismy ekosystému včetně těch, k nimž se upíná ekonomický zájem společnosti.

Při výzkumu humusových látek byla opět uplatněna spolupráce půdoznalce a mikrobiologa. Chemickými metodami byl stanoven obsah humusu v půdě a jeho kvalita posouzena jednak podle poměru uhlíku

V. Obsah humusu, jeho složení a stabilita (zčásti podle Pelíška 1974; upraveno). — Humus content, its composition and stability (partly after Pelíšek 1974; adapted)

Horizont	Hloubka cm	Humus %	C : N	1. frakce		2. frakce		Nerozp. zbytek	C 2/C 1	Ch/Cf	G : B
				H	F	H	F				
F	1 — 2	49,8	21,7	7	15	4	3	71	0,32	0,64	2,1
Am	2 — 7	12,3	11,4	15	17	5	5	58	0,31	0,92	7,1
Btg	15 — 25	3,3	9,0	12	12	6	6	64	0,50	1,00	4,1
Btg	35 — 45	2,2	8,5	6	13	12	4	65	0,85	1,08	5,7
Af	50 — 60	1,8	8,2	4	6	11	5	74	1,60	1,44	3,9
C	90 — 100	0,7	6,3	4	3	10	4	79	2,00	2,03	

Poznámka: Humusové frakce a nerozpustný zbytek uvedeny v % vzhledem k % celkového uhlíku.

H — humínové kyseliny, F — fulvokyseliny, B — bazální respirace, G — respirace s přidavkem 1 % glukózy

a dusíku, jednak podle frakčního dělení na humínové kyseliny a fulvo-kyseliny. Konečně byla jeho stabilita posouzena podle Novákova respiračního testu (Novák 1973).

Z uvedeného přehledu vyplývá, že mikrobiolog může pro přeměny, koloběhy i bilance látek poskytnout řadu významných údajů, a to zejména pro subsystém půdy. Jeho informace mohou vysvětlit některé dílčí procesy a doplnit údaje získané jinými specialisty.

Poznatky získané analytickou prací mnoha badatelů vedou nakonec k syntéze, v níž se poznatky utřídí do souvislého sledu procesů v ekosystému probíhajících, procesy se kvantifikují a sestaví se bilance důležitých biogenních prvků. Podobně se sestaví i energetická bilance ekosystému. Syntetickou práci zpravidla zajišťuje úzká skupinka ekologů, v níž by neměl chybět ani mikrobiolog, aby byly správně a v náležité míře uplatněny výsledky získané mikrobiologickými metodami.

Došlo dne 20. 8. 1980

Literatura

1. BAVENDAMM, W.: Neue Untersuchungen über die Lebensbedingungen holzzerstörender Pilze. *Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch.*, 1927, 45, s. 357-367
2. BOCKO, K. L. — GILBERT, O. J.: The disappearance of leaf litter. *Plant and Soil*. The Hague, 1957, 9, 175-185
3. GRUNDA, B.: Rozložení jestestvennych materialov v pojmenom lesu. In: *Studies about Humus (Humus et Planta VI.)*, Praha 1975, s. 453-458
4. GRUNDA, B.: Terénní testy v biologii půdy lužního lesa. *Proceedings of the Symposium "Soil as a site factor for forests of the temperate and cool zones"* Zvolen 1977, vol. I, s. 94-101
5. HINDÁK, F.: Phototrophic Edaphon in a Floodplain Forest near Lednice in Moravia. In: *Ecosystem Study on Floodplain Forest in South Moravia, PT-PP/IBP Report No 4*, Univ. Agric., Brno 1974, s. 97-107
6. LOMNICKI, A. — BANDOLA, E. — JANKOWSKA, K.: Modification of the Wiegert-Evans method for estimation of net primary production. *Ecology*, Durham, 1968, 49, s. 147-149
7. MOLDAN, B. — ŽYKA, J. — JENÍK, J.: Životní prostředí očima přírodovědce. Academia, Praha 1979
8. MONTEITH, J. L. — SZEICZ, G. — YABUKI, K.: Crop photosynthesis and the flux of carbon dioxide below the canopy. *Journ. of Applied Ecology*, 1964, 1, s. 321-337
9. NOVÁK, B.: Ausnutzung biochemischer Teste in der Bodenmikrobiologie. V. Beurteilung der Stabilität der organischen Bodensubstanz. *Zbl. Bakt. II.*, 1973, 128, s. 499-514
10. ODUM, E. P.: Základy ekologie. Academia, Praha 1977
11. PELÍŠEK, J.: Půda a dynamika jejích ekologicky se uplatňujících vlastností. Závěr. zpráva výzk. úkolu VI-2-1/d, VŠZ Brno 1974
12. PELÍŠEK, J. — GRUNDA, B.: K charakteristice náplavových kalů řeky Dyje. *Acta Univ. Agric. (Brno)*. 1974, ser. C, 4, s. 333-339
13. ROSA, K.: Microzoedaphon of the Floodplain Forest near Lednice. In: *Ecosystem Study on Floodplain Forest in South Moravia, PT-PP/IBP Report No 4*, Univ. Agric., Brno 1974, s. 265-270
14. WIEGERT, R. G. — EVANS, F. C.: Primary production and disappearance of dead vegetation on an old field in south-eastern Michigan. *Ecology*, Durham, 1964, 45, s. 49-53

ГРУНДА, Б. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Сапротрофные микроорганизмы в лесной экосистеме. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 303-318.

В статье обсуждались методы исследования почвенной микрофлоры, которые применялись при изучении экосистемы пойменного леса в южной Моравии. Устанавливалось число микроорганизмов, его изменчивость на площади и во времени. Определялось число аэробных и анаэробных бактерий, актиномицетов и микромицетов во всем почвенном профиле. При помощи идентификации было установлено 19 видов аэробных бактерий, 2 вида актиномицетов и 40 видов микромицетов. Кругооборот углерода характеризовался тремя тестами в местности: разложением природных материалов, разложением целлюлозы и респирацией углекислого газа из почвы. Далее определялось число разлагателей целлюлозы и потенциальных разлагателей лигнина. Круговорот азота изучался химическими почвенными тестами (общий азот, аммиачный азот, нитратный азот, нитритный азот) в течение года, далее путем установления аммиачной микрофлоры, азотобактера и *Clostridium pasteurianum*. Гумусные условия характеризовались % гумуса, соотношением углерода и азота, путем фракционного деления гумуса и респирационным тестом стабильности.

микробиология леса; почвенная микрофлора; углерод; азот; гумус

GRUNDA, B. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Saprotrophic Microorganisms in the Forest Ecosystem. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 303-318.

Methods of research on soil microflora are treated that were used in the course of the study of riverine forest ecosystem in South Moravia. Counts of microorganisms were studied, their variability on the given area and in time. Counts of aerobic and anaerobic bacteria, of actinomycetes and micromycetes in the whole soil profile were determined. Nineteen species of aerobic bacteria, two species of actinomycetes and 40 species of micromycetes were identified. The carbon cycle was characterized by three tests conducted in the terrain: decomposition of natural materials cellulose breakdown and respiration of carbon dioxide from soil. The numbers of cellulose decomposing agents and of potential decomposers of lignin were also found out. Chemical soil tests were used to study the nitrogen cycle (total nitrogen, ammonia, nitrite, nitrate nitrogen) in the course of the year, further ammonifying microflora, azotobacters and *Clostridium pasteurianum* were investigated. Humus relations were characterized by percent humus, carbon : nitrogen ratio, fractional division of humus and respiration test of stability.

forest microbiology; soil microflora; carbon; nitrogen; humus

GRUNDA, B. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). Saprotrophe Mikroorganismen im Wald-ökosystem. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 303-318.

In der vorliegenden Arbeit werden die Methoden der Erforschung der Bodenmikroflora behandelt, die beim Studium des Ökosystems des Auenwaldes in Südmähren Anwendung gefunden haben. Es wurde die Zahl der Mikroorganismen, ihre Flächenvariabilität und ihre zeitliche Variabilität untersucht. Die Zahl aerober und anaerober Bakterien, Aktinomyzeten und Mikromyzeten im gesamten Bodenprofil wurde ermittelt. Durch Identifikation wurden 19 Arten aerober Bakterien, 2 Arten von Aktinomyzeten und 40 Arten von Mikromyzeten festgestellt. Der Kohlenstoffkreislauf wurde mit Hilfe von 3 Testen charakterisiert: durch die Zersetzung natürlicher Materialien, durch Zellulosezersetzung und durch die Respiration des Kohlendioxids aus dem Boden. Ferner wurde die Zahl der Zellulosezerersetzer und der potentiellen Ligninzerersetzer ermittelt. Der Stickstoffkreislauf wurde mit Hilfe von chemischen Bodentesten (Gesamtstickstoff, Ammoniakstickstoff, Nitrit- und Nitratstickstoff) im Laufe des Jahres untersucht, ferner durch die Bestimmung der ammonisierenden Mikroflora, von *Azotobacter* und *Clostridium pasteurianum*. Die Humusverhältnisse wurden durch das Humus-%, Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis, durch Fraktionseinteilung des Humus und durch den Respirationstest der Stabilität charakterisiert.

forstliche Mikrobiologie; Bodenmikroflora; Kohlenstoff; Stickstoff; Humus

GRUNDA, B. (Lesnická fakulta VŠZ, Brno). *Les microorganismes saprotrophiques dans l'écosystème forestier*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 303-318.

Dans le travail on a traité des méthodes de recherche, relatives à la microflore de sol, qui ont été mises en valeur lors de l'étude de l'écosystème d'une forêt fluviale en Moravie méridionale. On identifiait le nombre de microorganismes, leur variabilité sur la surface et leur variabilité dans le temps. On a déterminé le nombre de bactéries aérobies et anaérobies, celui d'actinomycètes et de micromycètes dans le profil entier de sol. L'identification a mis en évidence 19 espèces de bactéries aérobies, deux espèces d'actinomycètes et 40 espèces de micromycètes. Le cycle du carbone a été caractérisé par trois tests sur terrain : par la décomposition des matériaux naturels, la décomposition de la cellulose et par la respiration du gaz carbonique à partir du sol. On a également identifié le nombre de désintégrateurs de la cellulose et celui de désintégrateurs potentiels de la lignine. Le cycle de l'azote était étudié à l'aide des tests chimiques de sol (azote total, azote ammoniacal, azote nitreux, azote nitrique) au cours de l'année, puis en identifiant la microflore d'amination, l'azotobacter et le *Clostridium pasteurianum*. La situation humique a été caractérisée par le pourcentage d'humus, par la proportion de carbone et d'azote, par la division fractionnelle de l'humus et par le test de respiration de la stabilité. microbiologie forestière; microflore de sol; carbone; azote; humus

Adresa autora:

Ing. Blahomil Grunda, CSc., lesnická fakulta VŠZ, Lesnická 37, 662 66 Brno

Z. Ambrož

AMBROŽ, Z. (Vysoká škola zemědělská, Brno). *Enzymatický komplex půd lužních lesů jižní Moravy*. Lesnictví 27, 1981 (4) : 319-326.

V oblasti aluviálních půd řeky Dyje a Moravy byl sledován enzymatický půdní komplex v ekosystému lužního lesa na pěti intenzivně sledovaných plochách, představujících každá specifický gradient vlhkosti. Vyšší enzymová aktivita půdy je prokazatelná v půdě ploch se středním obsahem vlhkosti 31,15 % a 32,9 % váh., kdežto obsah vody v krajních hodnotách sledované vlhkostní amplitudy 27,7 % a 36 % se stává pro enzymovou aktivitu mikroflóry mezním faktorem. Korelační koeficienty mezi sezónní aktivitou enzymů a vlhkostí půdy jsou tím průkaznější, čím obsahuje půda méně vody. Souvislost enzymových reakcí s látkovými přeměnami probíhajícími v půdě byla prokázána mezi aktivitou karbohydráz a obsahem redukcujících cukrů, přístupný N koreluje s aktivitou proteáz a vodorozpuštěný R reprimuje aktivitu fosfatáz.

mikrobiologie lesnická; enzymy půdní; vlhkost; biodegradční procesy; lužní lesy

Lužní lesy tvoří v oblasti jižní Moravy svérázný přírodní útvar významný z hlediska biologického, hospodářského i společenského. Jedinčnost lužního lesa v tzv. Lednickém luhu byla důvodem, proč byl zvolen jako výzkumný objekt Mezinárodního biologického programu a v současné době mezinárodního programu Člověk a biosféra, projektu č. 2.

Lesní i přidružené ekosystémy celé studované oblasti v dolní části toku řeky Dyje a Moravy jsou celou svou plochou v prostoru vlivu dokončovaných technických úprav, jimiž se změní ekologické, zvláště vodohospodářské poměry na rozsáhlém území. Problematika vlivu vodohospodářských úprav na různé ekosystémy této oblasti je velmi složitá a současné vědecké a technické poznatky neumožňují dosud zcela přesně objektivní prognózu důsledků, a tím ani vytvoření odůvodněné koncepce hospodářské činnosti v této oblasti.

Účinky zásahů vyvíjených lidskou činností na ekosystémy a jejich půdní složku mohou být poznány jednak na změnách znaků a procesů abiotického prostředí, jednak na struktuře populací organismů, mezi nimi zejména půdních mikrobů, a intenzitě a kvalitě procesů, které vyvolávají. Jednou z nejdynamičtějších složek půdy citlivě reagujících na změny ekologických faktorů je enzymatický půdní komplex. Enzymatické reakce jsou projevem života mikrobů i jiných organismů osídlujících půdu a jejich metabolismus se citlivě přizpůsobuje měnícím se podmínkám určeným množstvím živin, vody, teploty, kyslíku, reakce apod. Enzymová aktivita určité půdní oblasti vykazuje charakteristický rozsah sezónní dynamiky do značné míry shodný s průběhem mikrobiálních procesů. Rozsah této dynamiky, její rozpětí a průběh souborně odráží působení výše uvedených faktorů. Lze tedy charakterizovat jed-

notlivé půdy nejen jejich fyzikálně chemickými vlastnostmi a mikrobiální aktivitou, ale i rozvojem a kvalitou enzymového komplexu.

Složitost půdního prostředí i jiné faktory se na rozsahu a kvalitě enzymového komplexu uplatňují takovou měrou, že aplikace dosud získaných poznatků v podmínkách lesnické praxe vyžaduje rozsáhlý výzkum.

Cílem našeho výzkumu bylo zjistit, jak vodohospodářské poměry ovlivní v ekosystému lužního lesa biologickou složku půdy a v ní probíhající enzymatické procesy.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkum enzymové aktivity půd lužních lesů na jižní Moravě navazuje na víceletou tradici sledování v oblasti Lednického luhu již od roku 1973. K původní jediné základní ploše byly přiřazeny další čtyři intenzivně sledované plochy, které reprezentují okraje vlhkostní amplitudy produkčních podmínek lesa. Každá ze sledovaných ploch představuje specifický gradient vlhkosti lužního lesa. Ekologické charakteristiky ploch jsou stručně uvedeny níže.

Plocha č. 1 — *Ulmeto-Fraxinetum* s *Brachypodium silvaticum*, *Circaea lute-tiana*, *Viola silvatica*. Plocha se nachází v Horním lese mezi Lednicí a Nejdkem a je nejvýše položena ze všech tří sledovaných ploch, je relativně nejsušší.

Plocha č. 2 — *Ulmeto-Fraxinetum carpineum* s *Rubus caesius*, *Dactylis poly-gona*, dlouhodobě sledovaná základní plocha položená asi o 50 cm níže než předchozí, relativně vlhčí. Půdní profil je dobře zásoben živinami, mineralizace probíhá uspokojivě, kolísání podzemní vody bývá dosti rychlé.

Plocha č. 3 — *Querceto-Fraxinetum* s *Carex acutiformis*, *Lysimachia vulgaris*. Plocha je na lokalitě, kde záplavová voda v minulosti setrvala delší dobu nad povrchem, půda je relativně značně vlhká, ale k přemokření nedochází.

Plocha č. 4 — *Querceto-Fraxinetum* s *Aster lanceolatus*, *Baldingera arundi-nacea*. Plocha se nachází v nivě řeky Moravy v nadm. výšce 159 m v polesí Podluží východně od Moravské Nové Vsi.

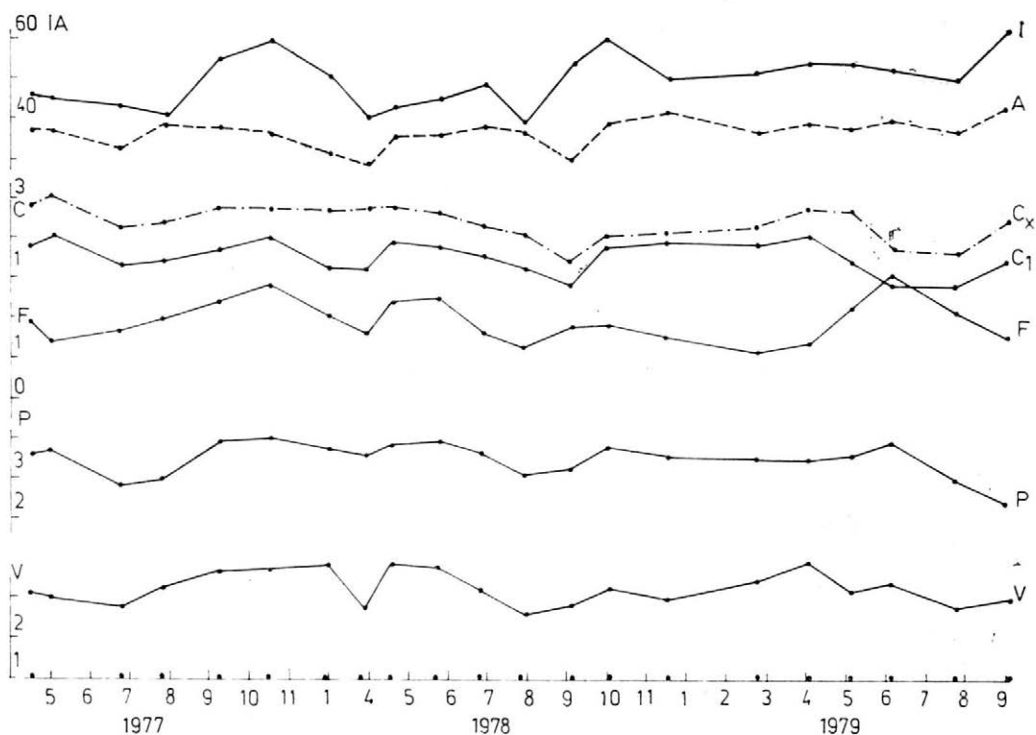
Plocha č. 5 — *Querceto-Fraxinetum* s *Urtica dioica*, *Baldingera arundinacea*, *Persicaria hydropiper*. Plocha se nachází v polesí Obora jižně od Lanžhota v nej-nižší nadmořské výšce ze všech pěti lokalit, je nejvlhčí.

Všechny lokality leží v nívních polohách tvořených aluviálními náplavami řeky Dyje (1—3) a Moravy (4—5). Na základě typologické klasifikace je možno půdy na plochách 1 a 2 označit jako hnědé aluviální půdy (vegy), na plochách 3 a 5 jako oglejené paternie. Jde o půdy jílovitohlinité až jílovité se zřetelným oglejením a Fe a Mn bročky. Půdní reakce je neutrální až slabě kyselá, sorpční komplex nasycen.

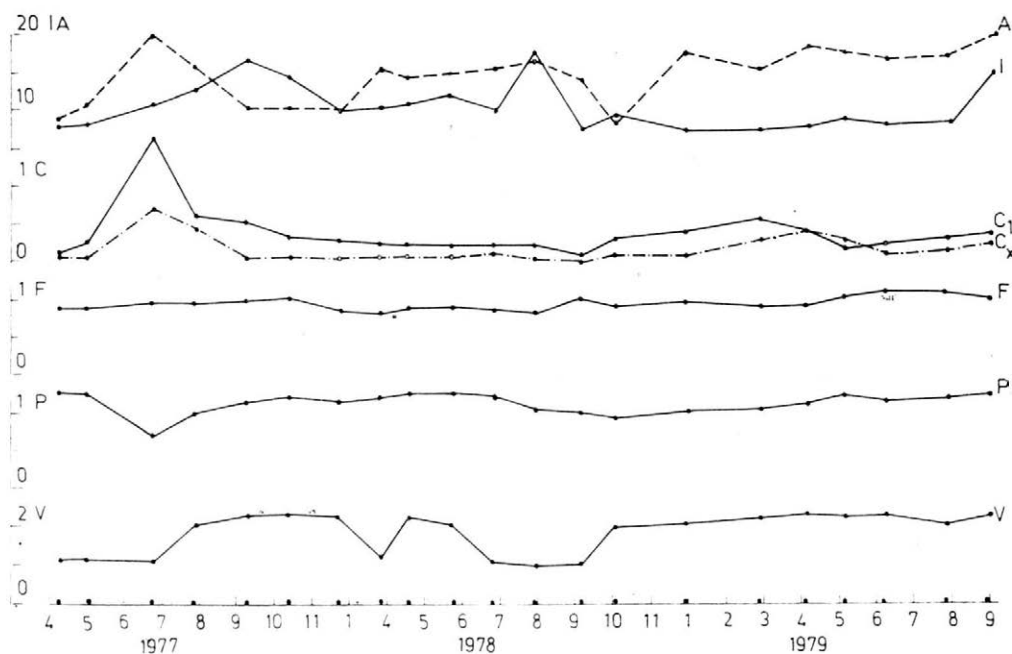
Enzymatické analýzy zahrnovaly sledování aktivity invertázy, amylázy, C_1 a C_x celulázy, proteázy a fosfatázy. Použity byly metody uvedené v předchozích pracích autora (A m b r o ů 1970—1974). V pravidelných měsíčních intervalech byly z výše uvedených ploch odebírány během vegetačního období vzorky zemín z povrchové vrstvy 2—5 cm a hlubší vrstvy 15—20 cm a v laboratoři analyzovány. Výzkum probíhal v letech 1977—1979.

VÝSLEDKY

Tříleté sledování enzymové aktivity půd lesních biocenóz umožnilo získat přehled o rozvoji enzymového komplexu a dynamice jednotlivých enzymů pod vlivem měnících se ekologických faktorů jednotlivých stanovišť. U převažující části studovaných enzymů, zvláště invertázy, amyláz, celuláz a proteáz, probíhá sezónní dynamika v typické dvouvrcholové křivce charakterizované jarním a podzimním maximem s letní depresí. Jako příklad je uvedena dynamika enzymatické aktivity plochy



1. Sezónní dynamika invertázy I; amylázy A; C_x a C₁ celulózy; fosfatázy F; proteázy P; vlhkosti půdy V na pokusné ploše č. 3 lužního lesa ve vrstvě 2—5 cm. — Seasonal dynamics of invertase I; amylase A; C_x and C₁ cellulase; phosphatase F; protease P; soil moisture V on experimental area no. 3 of riverine forest at the layer of 2—5 cm



2. Sezónní dynamika enzymů v téže půdě v hloubce 15—20 cm. Označení jako u obr. 1. — Seasonal dynamics of enzymes in the same soil at the depth of 15—20 cm. Designation see Fig. 1

č. 3 na obr. 1 a 2. Ve spodní vrstvě je dynamika enzymů méně výrazná, slabší maximum bývá zaznamenáno uprostřed léta nebo na podzim.

Mezi jednotlivými plochami existují rozdíly v průměrné enzymové aktivitě, jejichž výše je zřetelně ovlivněna průměrnou vlhkostí půdy. Vyšší enzymová aktivita se objevuje v půdě lužního lesa na plochách se středním obsahem vody (plochy č. 3 a 2), kdežto obsah vody v krajních hodnotách sledované vlhkostní amplitudy se stává mezním faktorem buď nízkou hodnotou (plochy č. 1 a 4), nebo vysokou hodnotou na ploše č. 5. Výsledky jsou uvedeny v tabulce I.

I. Průměrné hodnoty jednotek enzymatické aktivity půdy v lužním lese a vlhkost ve váhových %/o. — Average values of units of soil enzymatic activity in riverine forest and moisture in weight per cent

Plocha č.	Invertáza	Amyláza	C ₂ celul.	C ₁ celul.	Fosfatáza	Proteáza	Vlhkost
Vrstva 2–5 cm							
1	40,3	29,2	1,8	1,0	1,08	2,9	27,7
2	50,9	30,2	2,4	1,3	1,32	3,0	31,5
3	50,0	36,8	2,3	1,6	1,49	3,6	32,9
4	51,8	28,7	1,9	1,2	1,34	2,8	29,7
5	55,6	31,0	1,9	1,2	1,41	2,7	36,0
Vrstva 15–20 cm							
1	7,0	11,5	0,18	0,19	0,71	1,2	16,9
2	11,5	12,3	0,19	0,22	0,62	1,1	19,5
3	10,9	15,1	0,23	0,32	0,98	1,2	19,1
4	9,1	14,9	0,24	0,30	0,95	0,9	18,7
5	6,6	11,8	0,13	0,15	0,75	0,9	20,5

Podrobně byl též sledován vliv vlhkosti na enzymovou aktivitu výpočtem korelačních koeficientů (tabulka II). Ukázalo se, že v horní vrstvě je závislost enzymové aktivity v celoroční dynamice na obsahu vody tím průkaznější, čím obsahuje půda méně vody. Ve spodních vrstvách je tento vztah průkazný pouze u sušších stanovišť. U ostatních vlhčích stanovišť má vyšší obsah za následek sníženou aeraci, takže sledovaný vztah může v některých případech nabýt i negativních hodnot.

Propočením průměrného procenta poklesu enzymové aktivity ve spodině vzhledem k aktivitě horní vrstvy, která byla brána za 100 %, může být získán další důkaz o vlivu anaerobiózy na biologické procesy (tabulka III). K znatelnému poklesu aktivity dochází na nejvlhčím stanovišti č. 5, naopak na sušších stanovištích č. 1 a 4 je úbytek aktivity méně výrazný. Současně lze z výsledků tabulky III odhadnout, do jaké míry se podílí anaerobní mikroflóra na celkové enzymové aktivitě půdy.

Pokus o zjištění vztahu enzymatických reakcí k početnosti mikroflóry a k dynamice některých látek, které přicházejí v úvahu jako produkty sledovaných reakcí, byl řešen výpočtem příslušných korelačních koeficientů, jak je uvedeno v tabulce IV.

II. Korelační koeficienty mezi vlhkostí půdy a její enzymatickou aktivitou v lužním lese. — Correlation coefficients of soil moisture and its enzymatic activity in riverine forest

Plocha č.	Invertáza	Amyláza	C ₂ celulóza	C ₁ celulóza	Fosfatáza	Proteáza
Vrstva 2—5 cm						
1	0,71++++	0,48++	0,36+	0,38+	0,52+++	0,55++++
2	0,66++++	0,44++	0,52+++	0,58++++	0,48+++	0,53+++
3	0,32	0,26	0,44++	0,28	0,36+	0,46+++
4	0,69++++	0,48++	0,74++++	0,72++++	0,44++	0,76++++
5	0,38+	0,43++	0,41+	0,38+	0,41+	0,36+
Vrstva 15—20 cm						
1	0,42++	0,49+++	0,63++++	0,25	0,66++++	0,29
2	−0,06	0,27	0,46++	0,33	−0,22	0,11
3	0,05	−0,08	0,07	0,33	0,39+	0,19
4	0,53	0,12	0,36+	0,41+	0,52++++	0,58++++
5	−0,82++++	0,25	−0,11	0,09	0,10	0,15

III. Enzymová aktivita půdy lužního lesa ve vrstvě 15—20 cm v procentech vzhledem k vrchní vrstvě. — Soil enzymatic activity of riverine forest at the layer of 10—20 cm expressed in percent in relation to the surface layer

Plocha č.	Invertáza	Amyláza	C ₂ celulóza	C ₁ celulóza	Fosfatáza	Proteáza
1	17,4	39,4	10,0	18,2	63,7	41,6
2	22,5	40,8	7,7	16,6	46,9	36,3
3	21,8	41,1	9,8	20,3	66,1	33,1
4	17,6	52,0	12,2	24,7	70,8	31,5
5	11,8	38,2	6,6	12,1	53,3	33,6

IV. Korelační koeficienty mezi aktivitou enzymů, počty mikrobů a obsahem některých látek v půdě lužního lesa. — Correlation coefficients of the enzymatic activity, counts of microbes and content of some substances in the soil of riverine forest

Enzym	Mikroby	Red. cukry	N-(Pázler)	P-vodorozp.
Neutr. proteáza	0,41+	—	0,63+++	—
Alkal. proteáza	0,46++	—	0,56+++	—
Invertáza	0,38+	0,50++	—	—
Amyláza	0,12	0,43+	—	—
C ₁ celulóza	0,12	0,73++++	—	—
Neutr. fosfatáza	0,18	—	—	−0,39+
Alkal. fosfatáza	0,31	—	—	−0,42+

V výsledků je patrné, že některé enzymy jsou produkovány do prostředí běžnou půdní mikroflórou, jak o tom svědčí průkazné korelační vztahy mezi tzv. celkovým počtem mikrobů a aktivitou invertázy a proteázy. Neprůkazné korelační vztahy mezi mikrobi a ostatními sledovanými enzymy ukazují na to, že jde o procesy uskutečňované specifickými skupinami mikrobů, jako jsou např. celulolytické organismy.

Souvislost enzymových reakcí s látkovými přeměnami probíhajícími v půdě byla prokázána mezi aktivitou karbohydráz a obsahem redukcí cukrů. Přístupný dusík stanovený podle Pázlera koreluje s aktivitou proteáz, zatímco vodorozpuštěný fosfor působí jako represor aktivity fosfatáz.

DISKUSE

Víceletý průzkum enzymové aktivity aluviálních půd lužních lesů na dolním toku řeky Dyje a Moravy dovoluje porovnání enzymatických vlastností půd jiných oblastí, v nichž byl konán obdobný výzkum (např. nívních půd povodí řeky Moravy, Opavy, půd CHKO Žďárských vrchů — Ambrož, Balátová 1962, Ambrož 1971, 1974, 1975, Taušová 1978). Půdy studované oblasti jsou enzymaticky neobyčejně aktivní a v tomto směru předčí jiné půdy obdobného charakteru. Specifickým rysem zdejších semiglejových půd je vysoká aktivita amylázy a celuláz ve spodině. Rozvoj amylolytického a celulolytického komplexu je zde podporován jílovitým charakterem půdy s častým oglejením doprovázeným nedostatkem kyslíku. Vytvářejí se tak příznivé podmínky pro anaerobní procesy, na kterých se pravděpodobně zúčastňují některá mäselná klostridia, známá svou produkcí amyláz a celuláz.

Jak vyplývá z výsledků výzkumu, mohou být za hlavní producenty enzymů v půdách lužních lesů považovány mikroorganismy, jak je vidět z průkazných korelačních koeficientů mezi aktivitou v půdách se běžně vyskytujícími enzymy invertázy a proteáz a celkovými počty mikrobů. Méně významnými zdroji enzymové aktivity mohou být i kořeny vyšších rostlin a část enzymů pochází z trávicího traktu členovců a hromadí se v jejich exkrementech. Enzymatická aktivita půdy je tedy jakýmsi celkovým vyjádřením specifických biochemických procesů, zatímco mikrobiální aktivita je pouze částí tohoto celku.

Ekologicky významní činitelé tvoří podle Oduma (1977) „velkou trojku“, což je voda, teplota a organická hmota. Nemusí být pro půdní organismy pouze mezními činiteli v negativním smyslu, ale i regulačními činiteli v pozitivním smyslu. Jejich vzájemné spolupůsobení závisí na relativní i absolutní hodnotě každého z nich a jejich prioritní význam se mění během roku. V obdobích zvýšené vlhkosti nebo v půdách trvale zamokřených se uplatňuje doplňkový faktor vlhkosti — provzdušenosť spolu s teplotou a naopak. To potvrzují i výsledky této práce.

Došlo dne 20. 8. 1980

Literatura

1. AMBROŽ, Z.: Proteázová aktivita ve vztahu k obsahu C a N v půdách. Acta Univ. agric. Brno, XIX, 1971, 2, s. 221-226
2. AMBROŽ, Z.: The determination of activities of gelatinase and caseinase in the soil. Biologie du sol, 13, 1971, s. 28-29
3. AMBROŽ, Z.: K poznání celulázového komplexu v půdách. Rostlinná výroba 1973, 2, s. 207-212
4. AMBROŽ, Z. — BALÁTOVÁ, E.: Biologická a humusová složka půdy v lučních fytocenózach údolí řeky Opavy ve vztahu k stanovišti a porostu. Přírodověd. časopis slezský, 1962, 2, s. 161-174
5. AMBROŽ, Z. — BALÁTOVÁ, E.: K poznání biologické a humusové složky půdy řádů Magnocaricetalia a Molinietalia v oblasti jihozápadního Slovenska (Zahorie). Preslia 1968, 1, s. 80-93
6. Ecosystem study of floodplain forest in South Moravia. IBP, Brno 1974, sborník referátů
7. Funkce, produktivita a struktura ekosystému lužního lesa. VŠZ Brno 1975, sborník referátů
8. ODUM, E.: Základy ekologie. ČSAV Praha, 1977
9. PELÍŠEK, J.: Lesnické půdoznalství. SZN Praha, 1957

AMBROŽ, Z. (Vysoká škola zemědělská, Brno). Enzymatický komplex почв пойменных лесов южной Моравии. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 319-326.

V oblasti aluviálních почв рек Дие и Моравы изучался enzymatický почвенный комплекс в экосистеме пойменного леса на пяти интенсивно обследуемых площадях, представляющих собой разный специфический градиент влажности. Повышенная enzymatická aktivita почвы доказуема в почве площадей со средним содержанием влажности 31,15 % и 32,9 % (массовая доля, %), в то время как содержание воды в предельных значениях изучаемой амплитуды влажности 27,7 и 36 % для enzymatické активности микрофлоры становится крайним фактором. Коэффициенты корреляции между сезонной активностью энзимов и влажностью почвы тем значимее, чем меньше почва содержит воды. Зависимость enzymatických reakcí с преобразованиями веществ, протекающими в почве, была доказана между активностью карбогидраз и содержанием редуцирующих сахаров; доступный N коррелирует с активностью протеаз и водорастворимый P повышает активность фосфатаз.

микробиология леса; почвенные энзимы; влажность; биодegradационные процессы, пойменные леса

AMBROŽ, Z. (Vysoká škola zemědělská, Brno). Enzymatic Complex of the Soils of Riverine Forests in South Moravia. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 319-326.

In the region with alluvial soils of the Dyje and Morava rivers the enzymatic soil complex was studied in the ecosystem of riverine forest on five intensively investigated areas, each representing a specific gradient of humidity. A higher enzymatic activity of soil can be demonstrated in soil with a medium moisture content of 31.15 and 32.9 weight percent, while the water content of 27.7 % and 36 % as the extreme values of the studied moisture amplitude becomes a limiting factor of the enzymatic activity of microflora. The less water the soil contains, the more significant are the correlation coefficients of the seasonal enzymatic activity and soil moisture. A relationship of enzymatic reactions and metabolic processes in soil was proved by the carbohydrase activity and the content of reducing sugars, available N is in correlation with the protease activity and the phosphatase activity is repressed by water-soluble P.

forest microbiology; soil enzymes; moisture; biodegradation processes; riverine forests

AMBROŽ, Z. (Vysoká škola zemědělská, Brno). *Enzymatischer Komplex der Böden von Auewäldern Südmährens*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 319-326.

Im Gebiet der Alluvialböden der Flüsse Dyje (Thaya) und Morava (March) wurde der enzymatische Bodenkomplex im Ökosystem des Auewaldes auf fünf intensiv untersuchten Flächen verfolgt, von denen jede eine spezifische Feuchtigkeitsstufe darstellt. Eine höhere Enzymaktivität des Bodens wurde im Boden von Flächen mit mittlerem Feuchtegehalt 31,15 % und 32,9 % (Gew.-%) festgestellt, während der Wassergehalt in den Grenzwerten der untersuchten Feuchteamplitude 27,7 % und 36 % für die Enzymaktivität der Mikroflora zum begrenzenden Faktor wird. Die Korrelationskoeffizienten zwischen der Saisonaktivität der Enzyme und der Bodenfeuchtigkeit sind um so mehr signifikant, je weniger Wasser der Boden enthält. Ein Zusammenhang zwischen Enzymreaktionen und den im Boden verlaufenden Stoffumwandlungen konnte zwischen der Aktivität der Karbohydrasen und dem Gehalt an reduzierenden Zuckern nachgewiesen werden, der aufnehmbare N korreliert mit der Aktivität der Proteasen und der wasserlösliche Phosphor reprimiert die Aktivität der Phosphatasen.

forstliche Mikrobiologie; Bodenenzyme; Feuchtigkeit; Biodegradationsprozesse; Auewälder

AMBROŽ, Z. (Vysoká škola zemědělská, Brno). *Le complexe enzymatique des sols des forêts fluviales de Moravie méridionale*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 319-326.

Dans la zone des sols alluviaux des rivières Dyje et Morava on suivait le complexe enzymatique de sol dans l'écosystème de la forêt fluviale sur cinq superficies intensivement suivies, chacune représentant spécifiquement le gradient d'humidité. L'activité enzymatique plus élevée est prouvable dans le sol des surfaces accusant l'humidité moyenne de 31,15 % et 32,9 % pond., tandis que la teneur en eau dans les valeurs extrêmes de l'amplitude d'humidité suivie, à savoir 27,7 % et 36 %, devient pour l'activité enzymatique de la microflore le facteur limite. Les coefficients de corrélation entre l'activité saisonnière des enzymes et l'humidité du sol sont d'autant plus probants que le sol comprend moins de l'eau. La corrélation entre les réactions enzymatiques et les métabolismes se déroulant dans le sol a été prouvée entre l'activité des carbohydrases et la teneur en sucres réducteurs; l'azote disponible est en corrélation avec l'activité des protéases et le phosphore soluble en eau réprime l'activité des phosphatasen.

microbiologie forestière; enzymes de sol; humidité; processus de biodégradation; forêts fluviales

Adresa autora:

Doc. Ing. Zdeněk Ambrož, CSc., Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 662 65 Brno

Ekologie thiobacilů se zřetelem k oblastem zasaženým imisemi kysličníku siřičitého

A. Lettl

LETTL, A. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Ekologie thiobacilů se zřetelem k oblastem zasaženým imisemi kysličníku siřičitého*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 327-338.

Práce podává soubornou informaci o thiobacilech a jejich významu v koloběhu síry v půdě. Nyní se uznává 8 druhů schopných oxidovat různé sloučeniny síry na sírany. Oxidace probíhá většinou polythionátovou drahou, která byla potvrzena i v podmínkách půdy. Zastoupení jednotlivých druhů thiobacilů v půdě závisí na obsahu síry. Pravidelný nález na síru velmi náročného *T. thiooxidans* vedle *T. thioparus* a *T. novellus* při úplné absenci nenáročného *T. denitrificans* v našich smrkových půdách svědčí o vysokém obsahu síry v půdě. V našich podmínkách je zde souvislost se znečištěním prostředí kysličníkem siřičitým (SO₂) z průmyslových imisí. V časovém průběhu stoupá obsah síranů v půdě zvláště na lokalitách exponovaných imisnímu spadu, kde může probíhat i progresivní okyselování půd. Vody vodotečí a pramenů se okyselují výrazněji a ve velmi širokém okruhu. Vlivem imisního SO₂ jsou v půdě zvýšeny koncentrace thiobacilů a jsou alterovány některé jejich aktivity. Diskutuje se mechanismus účinku SO₂ na půdu i možnosti biotechnických opatření proti negativnímu vlivu průmyslových exhalátů.

thiobacily; síra; imise; kysličník siřičitý

Mikrobiologie koloběhu síry je dnes jednou z aktuálních otázek. V půdách mnoha oblastí je síry nedostatek a naopak v zemích, kde je energetika vázána na spalování uhlí, je síry ne snad nadbytek, ale je v prostředí přítomna v nevhodné formě, ve formě kysličníku siřičitého.

Za normálních podmínek v neznečištěném prostředí je totiž většina síry v půdě vázána v organických sloučeninách. Jejich rozkladem se pozvolna uvolňuje ve formě neúplně oxidovaných sloučenin anorganických. Obsah anorganické síry tvoří okolo 3 % z celkového obsahu síry v půdě (Tabatabai, Bremner 1972). Anorganické sloučeniny mohou být podle místních podmínek redukovány až na ion sulfidový, stabilní pouze v anaerobióze, nebo oxidovány až na ion síranový, stabilní pouze v podmínkách aerobních (Starkey 1966). V orných půdách je anorganická síra přítomna z 90 % jako síran (Frenay a kol. 1962).

V redukční části koloběhu síry je síran redukován a zabudován do organické hmoty. Po jejím rozkladu je síra mineralizována a uvolňována převážně jako sulfid. Přímou redukci síranu mohou provádět dva bakteriální rody, a to nesporeující *Desulfovibrio* a sporeující *Desulfotomaculum*, dříve označované jako *Sporovibrio* a patrně nesprávně *Clostridium nigrificans*.

V oxidativní části cyklu se mohou v přírodě uplatňovat hlavně *Beggiatoaceae*, *Thiorhodaceae*, *Chlorobacteriaceae* a *Thiobacteriaceae*.

I. Klasifikace thiobacilů. — Classification of thiobacilli

Bergey's Manual				
Vishniac a Santer (1957)	Starkey (1966)	Breed (1957)	Vishniac (1975)	
<i>T. thioparus</i> →	<i>thioparus</i> →	<i>thioparus</i> →	<i>thioparus</i>	autotrof
		↑		
		→	<i>neapolitanus</i>	autotrof
<i>T. thiocyanoxidans</i> →				
<i>T. denitrificans</i> →	<i>denitrificans</i> →	<i>denitrificans</i> →	<i>denitrificans</i>	autotrof
<i>T. thiooxidans</i> →	<i>thiooxidans</i> →	<i>thiooxidans</i> →	<i>thiooxidans</i>	autotrof
		↓		
		→	<i>concretivorus</i>	
<i>T. novellus</i> →	<i>novellus</i> →	<i>novellus</i> →	<i>novellus</i>	fakultativní autotrof
<i>T. ferrooxidans</i> →	<i>ferrooxidans</i> →	<i>ferrooxidans</i> →	<i>ferrooxidans</i>	autotrof
		<i>trautweinii</i> →	0	
<i>T. coproliticus</i> ? →		<i>coproliticus</i> →	0	
			<i>intermedius</i> 1963	fakultativní autotrof
			<i>perometabolis</i> 1967	obligátní mixotrof

Prvé tři skupiny jsou vázány na vodní prostředí, takže v půdách má význam pouze rod *Thiobacillus*. Na této skutečnosti nic nemění průkaz schopnosti oxidace sloučenin síry i u různých heterotrofů. Jejich účinnost je většinou mnohem nižší a zdá se, že jejich ekologický význam je nevelký.

Thiobacily jsou nesporelující gramnegativní tyčinky, většinou vybavené jediným polárním flagellem. Získávají energii oxidací redukováných sloučenin síry. Až na jedinou výjimku to jsou organismy aerobní. Jde o několik druhů, jejichž klasifikace se stále vyvíjí.

V tabulce I si můžeme porovnat Vishniacovu a Santerovu monografii z roku 1957 (Vishniac, Santer 1957), známý Starkeyho přehled z roku 1966 (Starkey 1966) a poslední dvě vydání Bergeyho systému, kde byli autory příslušných kapitol v roce 1957 Breed a v posledním vydání opět Vishniac (1975).

Reprezentant rodu, *Thiobacillus thioparus*, v systému setrvává, ale byl od něho oddělen jako separátní druh *T. neapolitanus*. Naopak s ním splynul *T. thiocyanoxidans*. Fakultativní anaerob *T. denitrificans* si udržuje postavení, stejně tak jako význačný oxidant elementární síry *T. thiooxidans*. Z tohoto druhu byl oddělen *T. concretivorus* (*concretivorus* = žrout betonu), aby s ním hned zase splynul. Rovněž se udržují druhy *T. novellus* a *T. ferrooxidans*, který svou schopností oxidovat železnaté ionty již tvoří přechod k ferrobacillům. Objevuje se a hned mizí *T. trautweinii* i *T. coproliticus*. Naopak přibýly nové dva druhy, *T. intermedius* a *T. perometabolis*. Platí ovšem stále Starkeyho konstatování (Starkey 1966), že dobře popsanych druhů je pět.

Poslední sloupec tabulky I charakterizuje způsob výživy. Jde většinou o druhy striktně autotrofní, ale jsou tu i fakultativní autotrofové a nakonec i *T. perometabolis* (= se zmrzačeným metabolismem), obligátní mixotrof, který vyžaduje jak přítomnost síry, tak i organického substrátu. Je tedy oprávněný výrok Bunkerův: „Možná, že je tu gradace typů od striktně autotrofních organismů, pro které je přítomnost síry nezbytně nutná, přes fakultativní autotrofy, z nichž pro některé je síra vitálně nutná, až k typům, které mohou být jen o málo více než příležitostnými oxidanty síry a jejích sloučenin“. Těchto slov z roku 1936

II. Sloučeniny síry utilizované thiobacily. — Sulfur compounds utilized by thiobacilli

Substrát	<i>Thiobacillus</i>				
	<i>thioparus</i>	<i>denitrificans</i>	<i>thiooxidans</i>	<i>ferrooxidans</i>	<i>novellus</i>
S ²⁻	—	+	+		
S ⁰	+	+a)	○	+	—
S ₂ O ₃ ²⁻	○	○b)	+	+	○c)
S ₁ O ₂ ⁻¹	+	+	+	—	+
CNS ⁻	+	+	—	—	—
Fe ²⁺	—	—	—	○	—



V organickém médiu.

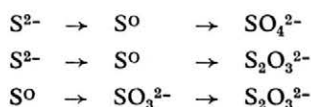
se po čtyřiceti letech dovolává právě nejmodernější vydání Bergeyho systému z roku 1975 (Vishniac 1975).

Tabulka II uvádí sloučeniny síry, které thiobacily oxidují na síran (Starkey 1966). Oxidace thiosíranu je obecná. Značně rozšířena je i oxidace elementární síry a tetrathionátu. *Thiobacillus denitrificans* v anaerobióze provádí oxidace s využitím nitrátového kyslíku jako akceptoru elektronu za současné denitrifikace podle níže uvedených reakcí. Zakroužkované reakce jsou pro daného mikroba charakteristické a svou efektivitou tak výrazné, že jich lze použít téměř jako diagnostického znaku i při analýze půdních vzorků. Hodnotí-li se tedy oxidace elementární síry v půdě, zjišťuje se aktivita převážně druhu *Thiobacillus thiooxidans* a totéž platí o oxidaci thiosíranu ve vztahu k druhu *T. thio-parus*.

Pozoruhodnou vlastností thiobacilů je schopnost využít elementární síru. Pro utilizaci síry je potřebný přímý kontakt mezi buňkou a krystalem síry, ale síra má hydrofobní povrch. Bylo prokázáno, že *T. thiooxidans* produkuje smáčedlo, identifikované jako fosfatidylinositol (Schaeffer, Umbreit 1963). Tím je umožněno zřejmě velmi pevné spojení buňky s povrchem síry. Oxidace totiž velmi dobře probíhá nejen v třepaných kulturách, ale i v submerzní kultuře prudce míchané.

První elektronoptické snímky prokázaly erozi krystalů síry. Dokonalé snímky přinesla až rastrovací elektronová mikroskopie (Baldensprenger a kol. 1974). Je na nich patrný mohutný nárůst druhu *Thiobacillus thiooxidans* na povrchu koloidních granulí síry. Je to důkaz, že mikrob se na síře intenzívně množí. Na povrchu síry je patrna eroze, která tvarově odpovídá buňce, neboli síra je narušována právě jen v místě přichycení buňky. Konečně po opracování podobných preparátů roztokem octanu olovnatého je zřetelná vrstva sraženiny, považovaná za sulfid olovnatý. V tom lze vidět důkaz, že jedním z prvních produktů metabolismu elementární síry je sulfid.

Biochemici tuto možnost redukce kritizují. Pro počáteční oxidaci byla navržena schémata (Peck 1968, Trudinger 1969):

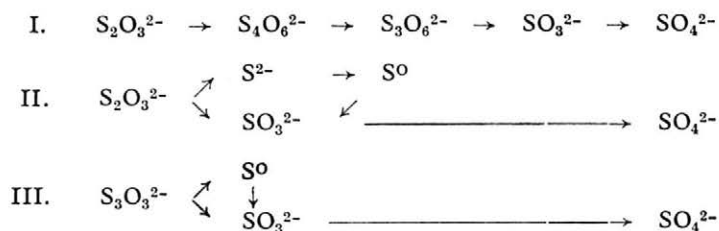


Pro oxidaci sulfidu byla navržena dráha přes elementární síru přímo na síran nebo thiosíran. Elementární síra by se měla oxidovat přes siřičitan na thiosíran. Povaha těchto reakcí je značně nejasná: mohou to být děje enzymatické, ale mohou být vyvolány i termostabilními buněčnými preparáty, a to i z jiných bakterií než siřných (*Pseudomonas fluorescens*). Nemusí tedy vždy jít o fyziologickou aktivitu bakterií. Připouští se blíže nevysvětlitelná interakce s buněčným povrchem.

Skutečností zůstává, že velmi častým meziproduktem je thiosíran. Už z toho, že jej dovedou využít všechny druhy thiobacilů (Starkey 1966) i řada nespecializovaných saprofytů, je vidět, že to je ústřední meziproduct metabolismu síry. Při jeho další oxidaci bývá nacházen tetrathionát (Vishniac, Santer 1957) a trithionát. Panuje při tom názor, že mechanismus oxidace thiosíranu se v zásadě neliší u růz-

ných druhů thiobacilů, ale že velký vliv na metabolickou dráhu mají vnější podmínky, mezi něž je nutno zařadit předně poměr mezi množstvím substrátu a množstvím buněk thiobacilů.

Na základě studia meziproduktů i enzymatických aktivit byly navrženy v zásadě tři dráhy metabolismu thiosíranu (Trudinger 1969):



První dráha směřuje k síranu přes tetrathionát, trithionát a siřičitan. Další dvě dráhy jsou založeny na štěpení thiosíranu. V jednom případě vzniká siřičitan a sulfid, který se přes elementární síru oxiduje opět na siřičitan a síran. V druhém případě je vypuštěno stadium sulfidu.

Nutno zdůraznit, že tyto dráhy jsou do určité míry hypotetické. V některých případech totiž je znám meziprodukt, ale nebyly k němu nalezeny příslušné enzymatické aktivity.

Tyto výsledky byly získány s čistými kulturami, buněčnými nebo enzymatickými preparáty. Bylo dokázáno, že půdní vzorky mohou metabolizovat thiosíran, tetrathionát i trithionát, ale ne dithionát. Mezi produkty byly nalezeny síran, elementární síra, thiosíran i tetrathionát (Gleen, Quastel 1953). Nověji bylo zjištěno, že v půdě se po přidání elementární síry vytváří přechodně malé množství thiosíranu a kumuluje se tetrathionát, který se pomalu oxiduje na síran (Nor, Tabatabai 1977) — obě reakce totiž mají různou rychlost. Nebyl při tom zjištěn siřičitan, nepátralo se po trithionátu a sulfidu. Nicméně je zřejmé, že je alespoň v hlavních obrysech potvrzena polythionátová dráha, třebaže to nemusí být dráha výlučná. Mezi různými půdami byly rozdíly jen kvantitativní, nikoliv kvalitativní.

Budiž zde zdůrazněno, že všechny meziprodukty koloběhu síry jsou fytotoxické nebo antibakteriální. Toxicita klesá zhruba s postupující oxidací až k atoxickému síranu (Audus, Quastel 1947). Thiobacily tedy produkcí síranu detoxikují nižší oxidační stupně síry.

Thiobacily jsou patrně široce rozšířeny v půdě. Byly izolovány z kompostů, kanalizačních splašků, mořské vody, z termálních sirných pramenů i okolní kyselé půdy. *Thiobacillus ferrooxidans* byl izolován z kyselých důlních vod bohatých železem, *T. thiooxydans* (nyní zařazený pod druh *T. thiooxydans*) byl zachycen v plynárenské vodě. Pozitivní jsou i kultivace z korodovaného betonu, kde se thiobacily negativně uplatňují právě produkcí kyseliny sírové. Jsou hojné i v mělčích vodách, kde hlavně *T. thiooxydans* vytváří vrstvy sedimentů obohacené sírou (Sokolova 1962), což v minulosti vedlo k vytvoření některých ložisek síry. Bývají přítomny ve vodách u naftových a sirných ložisek a v ložiscích rud a minerálů na bázi sulfidu, které zvláště po odkrytí intenzívně oxidují na sírany. Jejich oxidační aktivita je dobře patrna na rýžových polích. Při zatopení se rozmohou reducenti síranu,

po odvodnění polí převládnu thiobacily; vytvořené sulfidy jsou tak oxidovány zpět na sírany.

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že thiobacily jsou vázány na přítomnost síry v prostředí. Proto půdy na síru chudé obsahují jen nízké koncentrace thiobacilů, jsou-li vůbec přítomny (Swaby, Fedel 1973), a naopak v půdách přirozeně bohatých na síru, popř. po hnojení sírou nebo při znečištění půdy úletem síry se jejich počty pronikavě zvyšují. Není při tom zřetelný vztah k půdnímu typu.

O druhovém zastoupení thiobacilů v půdách je známo jen málo. V sírou chudých oblastech byly thiobacily přítomny jen v malém procentu zkoušených půd (Swaby, Fedel 1973). Podle shodných výsledků z Austrálie, severní Ameriky i asijské pouštní oblasti Kzyl-Orda byl nejčastěji nacházen *Thiobacillus denitrificans*; vyskytoval se v půdách na síru chudých. *T. thioparus* byl pouze v půdách bohatších a *T. thiooxidans* se ukázal na síru nejnáročnější — byl přítomen pouze v půdách sírou velmi bohatých. Proto je všeobecně považován za dost vzácný druh.

Po těchto obecných otázkách můžeme soustředit pozornost na naše domácí poměry. Všechny údaje se budou týkat výhradně půd smrkových porostů.

V západním světě byl výzkum této problematiky motivován nedostatkem síry v půdě. Půda v mnoha oblastech nedosahuje ani 4–8 ppm síranové síry, což se považuje za minimum pro dosažení normálních sklizní (Walker, Doornenbal 1972). U nás naopak tuto otázku nelze dost dobře odlučovat od problematiky imisí kysličníku siřičitého, protože ty jsou v kauzálním vztahu ke zjišťovaným skutečnostem. Spad kysličníku siřičitého totiž velmi zřetelně obohacuje půdu sírou (Pelíšek 1976).

U nás bylo vyšetřeno deset lokalit od Krušných hor přes Brdy až po oblast Želivky. I ty nejchudší půdy v nejnepríznivějších obdobích obsahovaly přechodně alespoň několiknásobek požadované minimální hodnoty. V průměru je obsah síranů v půdě velmi vysoký (Lettl a kol. 1981). V blízkosti zdrojů průmyslových imisí jsou i vyšší obsahy síranu v půdě.

Sírany v půdě jsou produkovány právě thiobacily, ale není to aktivita jednoznačně pozitivní. Přebytek síranů může půdu okyselovat. V širším okruhu od zdroje imisí se zrychluje pokles výměnného pH, v blízkosti imisního zdroje i aktivního pH v horizontu A. V polohách silně exponovaných imisnímu znečištění je tento efekt rušen patrně spadem popílku (Lochman a kol., v tisku).

Ovšem okyselení je mnohem patrnější v hůř pufrovaných vodách potoků a pramenů. To bylo zjištěno nejen ve znečištěné oblasti Sokolovské hnědouhelné pánve, ale i ve vzdálené oblasti vodní nádrže na Želivce. To už je tedy příklad globálního znečištění. I u vodotečí se ukázalo, že pH může být stabilizováno spadem popílku, popř. zemědělským obhospodařováním okolí pramenů. Alarmující skuteností zůstává, že při zachování nynějšího trendu můžeme do 30 let očekávat i u přítoků Želivky pH okolo 4, stejné jako v oblastech silně znečištěných. Uplatňuje se při tom nejen vliv kyselých srážek, ale i vymývání síranů z půdy podpovrchovým odtokem.

Druhové složení thiobacilů v půdách všech deseti lokalit bylo od-

lišné od shora citovaných údajů. Ve všech horizontech F, H i A byl všude nalezen *Thiobacillus thioparus*. *Thiobacillus thiooxidans* byl na všech lokalitách v horizontech F, variabilně v horizontech H a nebyl přítomen v žádném horizontu A. *Thiobacillus novellus* byl nacházen jen sporadicky bez souvislosti s horizonty a *T. denitrificans* nebyl vůbec prokázán (Lettl a kol. 1981). Toto druhové zastoupení je možno hodnotit jako příznivé. Jsou přítomny oba nejaktivnější druhy, nevyskytuje se druh denitrifikující. Nebyl při tom zjištěn kvalitativní rozdíl mezi lokalitami čistými a zasaženými imisemi.

Koncentrace thiobacilů klesají vždy asi o řád od horizontu F přes H k horizontu A. V průběhu vegetačního období vykazují v horizontu F zřetelně jarní a podzimní maximum, což je v relaci s vlhkostí půdy. U horizontů H a A jsou nejvyšší počty v letních měsících. Vliv imisí na koncentrace thiobacilů je dost nezřetelný; nicméně na silně znečištěných plochách byly roční průměrné koncentrace o řád vyšší (10^5) než na plochách čistých. Opomíjíme zde vliv imisí na ostatní mikroflóru; tato otázka je rozpracována jinde (Langkramer 1975, Langkramer, Lettl 1981).

Oxidační aktivita thiobacilů v našich půdách je značná. Kilogram půdy z horizontu F může vyprodukovat až 10 g síranu za týden z přidaného redukovatého substrátu. Aktivita horizontů F a H se prakticky neliší, významně nižší aktivitu má horizont A.

Oxidační aktivita thiobacilů vykazuje během vegetačního období kolísání. Zřetelný vzestup aktivit je na jaře a k podzimu. To platí pro oxidaci sulfidu, elementární síry a thiosíranu. Výjimku tvoří oxidace siřičitanu, která kolísá ve značném rozpětí a zcela nepravidelně bez souvislosti s ostatními aktivitami.

Imise kyslíčnicku siřičitého navozují zřetelné změny v aktivitě půdních thiobacilů. Se stoupajícím obsahem síranu v půdě neboli zhruba směrem ke zdroji imisí je stimulována schopnost půdy oxidovat elementární síru, ale zároveň klesá oxidace thiosíranu. Aktivita druhu *Thiobacillus thiooxidans* je tedy zvýšena a *T. thioparus* je inhibován. V některých případech jsou tyto efekty významné při 95% pravděpodobnosti. Dostáváme tedy zdánlivě protichůdné výsledky, kdy ze dvou organismů, esenciálně závislých na síře, je jeden stimulován a druhý inhibován.

Snad je možno tuto skutečnost vysvětlit různou náročností thiobacilů na síru. Bylo již uvedeno, že *T. thioparus* se vyskytuje na půdách se středním obsahem síry, *T. thiooxidans* pouze na půdách sírou velmi bohatých (Swaby, Fedel 1973). Je pravděpodobné, že se stoupajícím obsahem síry v půdě je favorizován náročný *T. thiooxidans* na úkor druhu *T. thioparus*. Může jít o konkurenci nutriční, ale může tu být i přímé vytlačování jednoho mikroba druhým. *Thiobacillus thiooxidans*, jehož růstové optimum je okolo pH 3, pronikavě okyseluje prostředí alespoň v mikrozónách produkcí kyseliny sírové, a tím vlastně limituje existenci druhého druhu. *Thiobacillus thioparus* má růstové optimum při pH 7 a v kyselých a dále se okyselujících lesních půdách se udržuje na hranici svých možností — v kultuře je jeho limitní pH pro růst 4,5.

Není vyloučeno, že inhibice oxidace thiosíranu souvisí i s jinou skutečností. Tuto látku oxiduje významně právě *Thiobacillus thioparus*.

Analýza jeho enzymatických systémů vedla k návrhu dvou alternativních metabolických drah. Thiosíran se může oxidovat na tetrathionát a dále přes siřičitan na síran. Druhou možností je rychlé štěpení thiosíranu na síru a siřičitan s další oxidací na síran. Při nízké koncentraci thiosíranu v prostředí je přednostní tetrathionátová dráha. Tyto dráhy mohou probíhat pouze alternativně, nikoliv paralelně, protože enzym oxidující thiosíran na tetrathionát je úplně inhibován už nepatrnými koncentracemi siřičitanu — siřičitan byl neúčinnější ze zkoušených inhibitorů (Lyric, Suzuki 1970). Nezávisle byla tato inhibice prokázána i na buněčné úrovni.

Tato možná vysvětlení pozorovaných změn aktivit v terénu jsou čistě spekulativní, ale za současného stavu znalostí se jiné možnosti nenabízejí.

Uvažme ještě možnost přítomnosti siřičitanu v půdním prostředí. Analýzou imisí bylo zjištěno, že ve vlhké atmosféře může vznikat až 18 sloučenin, kde skupina SO_3^{2-} zaujímá přední místo. Kromě toho kyslíčník siřičitý je vlhkou půdou rychle sorbován (Materna, Khoult 1979). Ovšem v plynné fázi půdy není možno předpokládat jeho významnější hladinu, protože se ve vlhkém prostředí rychle hydratuje za vzniku kyseliny siřičité, hydrosiřičitanu nebo siřičitanu podle reakce prostředí. Nestabilita tohoto iontu v půdním prostředí je známa. Při jednorázové expozici půdy plynnému SO_2 hladina vytvořeného SO_3^{2-} v půdě velmi rychle poklesne, ale zbytek se v půdě udržuje několik dní (Ghiorse, Alexander 1976). Je tedy přijatelná představa, že ve znečištěných oblastech může malá koncentrace siřičitanu v půdě perzistovat vlivem téměř kontinuálního přívodu kyslíčníku siřičitého z atmosféry.

Rýsuje se možnost, že právě siřičitan je hlavní noxou imisí v půdním prostředí. Jeho značná toxicita je známa. Aplikací siřičitanu do půdy v dávkách srovnatelných s imisním spadem je možno v rhizosférní půdě vyvolat větší změny mikrobioty, které byly zjištěny v imisemi zasaženém terénu. Navíc siřičitan inhiboval růst smrkových semenáčků ve srovnatelném stupni, jak bylo pozorováno v umělé atmosféře se zvýšeným obsahem kyslíčníku siřičitého. V tomto smyslu byl aktivní pouze siřičitan, ale nikoliv thiosíran nebo síran.

Podle obecného mínění se siřičitan v půdě oxiduje převážně abioticky (Ghiorse, Alexander 1976). Svědčí pro to mimo jiné i nemožnost aktivace „sulfitoxidázové“ aktivity půdy inkubací a jinými redukovanými sloučeninami síry a naopak i neschopnost iontu SO_3^{2-} indukovat nebo stimulovat enzymatické systémy, potřebné pro oxidaci jiných sloučenin síry i samého siřičitanu.

Abiotická oxidace siřičitanu omezuje biotechnická opatření k urychlení jeho oxidace v půdě. Význam by snad mělo provzdušení půdy v přítomnosti oxidoredukčních katalyzátorů. Za noxu ovšem lze považovat i ostatní redukované sloučeniny síry. Pro omezení škodlivého vlivu imisí na půdu by tedy mělo význam stimulovat aktivitu thiobacilů za současné neutralizace produkované kyseliny sírové.

Nabízí se tedy hnojení. Přezkoušení několika hnojiv ukázalo, že některá mají inhibiční vliv, jiná vliv stimulační. Z dusíkatých hnojiv se jeví vhodná močovina, z fosforečných hnojiv superfosfát a z draselných síran draselný. Příznivý účinek vápnění je dobře znám.

Úvahy o vhodnosti různých hnojiv by měly význam pro půdy na síru chudé, na počátku imisního znečištění, kde nízká koncentrace nebo absence thiobacilů by umožňovala dlouhodobou perzistenci toxických meziproductů síry.

Naskytla se možnost přezkoušet v terénu vliv hnojení ledkem amonným s vápencem pouze v poměrně nezasažené oblasti Chejlavy. Nitrátový ion je toxický jedině pro *Thiobacillus thiooxidans*; skutečně oxidační aktivita půdy vůči elementární síře poklesla po hnojení na polovinu, ale reziduální aktivita půdy bohatě stačila k produkci síranu na dvojnásobek patrně ze síry, uvolněné zrychleným rozkladem pokrývného humusu.

To naznačuje, že oxidační aktivita smrkových půd v našich poměrech je tak vysoká, že její eventuální snížení se neprojeví nepříznivě. Minerální hnojení tedy na ni nemusí brát zřetel a může být účelně zaměřeno spíše na zvýšení rezistence porostu vůči vlivu imisí zlepšením výživy. Pouze vápnění si zachovává význam pro neutralizaci nadbytku kyselých zplodin metabolismu.

Došlo dne 20. 8. 1990

Literatura

1. AUDUS, L. J. — QUASTEL, J. H.: Selective toxic action of thiosulphate on plants. *Nature* (Lond.), 160, 1947, s. 263
2. BALDENSRENGER, J. — GUARRAIA, L. J. — HUMPHREYS, W. J.: Scanning electron microscopy of thiobacilli grown on colloidal sulphur. *Arch. Mikrobiol.*, 99, 1974, s. 323-329
3. BREED, R. S.: Genus V. *Thiobacillus* Beijerinck 1904. In *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, Williams & Wilkins, Baltimore 1957, s. 83-88
4. FEIGE, W. — LEISEN, E.: Der Kalkbedarf schwefelhaltiger Böden. *Ztschr. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung*, 14, 1973, s. 190
5. FRENEY, J. R. — BARROW, N. J. — SPENCER, K.: A review of certain aspects of sulfur as a soil constituent and plant nutrient. *Plant and Soil*, 17, 1962, s. 295-308
6. GHORSE, W. C. — ALEXANDER, M.: Effect of microorganisms on the sorption and fate of sulfur dioxide and nitrogen dioxide in soil. *J. Environ. Qual.*, 5, 1976, s. 227-230
7. GLEEN, H. — QUASTEL, J. H.: Sulphur metabolism in soil. *Appl. Microbiol.*, 1, 1953, s. 70-77
8. LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Změny ekologických poměrů v půdě smrkových porostů, zasažených průmyslovými imisemi. *Práce VÚLHM*, 58, 1981 (v tisku)
9. LETTL, A. — LANGKRAMER, O. — LOCHMAN, V. — JAKŠ, M.: Thiobacilli and sulphate production from inorganic sulphur compounds in upper horizons of spruce forest soils. *Fol. Microbiol.*, 26, 1981, s. 29-36
10. LOCHMAN, V. — LANGKRAMER, O. — LETTL, A.: Okyselování vody a lesní půdy vlivem kyselých srážek. *Lesnictví*, v tisku
11. LYRIC, R. M. — SUZUKI, I.: Enzymes involved in the metabolism of thiosulfate by *Thiobacillus thiooxidans*. III. Properties of thiosulfate-oxidizing enzyme and proposed pathway of thiosulfate oxidation. *Can. J. Biochem.*, 48, 1970, s. 355-363

13. MATERNA, J. — KOHOUT, R.: Sorbce kysličníku siřičitého půdou. Záv. zpráva C 16-331-102/02, VÚLHM, Jíloviště - Strnady, 1979
14. NOR, Y. M. — TABATABAI, M. A.: Oxidation of elemental sulphur in soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 41, 1977, s. 736-741
15. PECK, H. D. Jr.: Energy-coupling mechanisms in chemolithotrophic bacteria. Ann. Rev. Microbiol., 22, 1968, s. 489-518
16. PELÍŠEK, J.: Účinky plynných exhalátů Ostravska na lesní půdy Moravskoslezských Beskyd. Lesn. Práce, 55, 1976, s. 511-513
17. SCHAEFFER, W. I. — UMBREIT, W. W.: Phosphotidylinositol as a wetting agent in sulfur oxidation by *Thiobacillus thiooxidans*. J. Bacteriol., 85, 1963, s. 492-493
18. SOKOLOVA, G. A.: Obrazovanie sěry mikrobiologičeskim putěm v Sěrnom oze-re. Mikrobiologija, 31 (2), 1962, s. 324-327
19. STARKEY, R. L.: Oxidation and reduction of sulphur compounds in soils. Soil Sci., 101, 1966, s. 297-306
20. SWABY, R. J. — FEDEL, R.: Microbial production of sulphate and sulphide in some Australian soils. Soil Biol. Biochem., 5, 1973, s. 773-781
21. TABATABAI, M. A. — BREMNER, J. M.: Forms of sulfur, and carbon, nitrogen, and sulfur relationships in Iowa soils. Soil Sci., 114, 1972, s. 380-386
22. TRUDINGER, P. A.: Assimilatory and dissimilatory metabolism of inorganic sulphur compounds by micro-organisms. In Advances in Microbial Physiology (ed. A. H. ROSE, J. F. WILKINSON), sv. 3, s. 111-158. Academic Press, London a New York, 1969
23. VISHNIAC, W.: Genus 1. *Thiobacillus* Beijerinck 1904. In Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Williams & Wilkins, Baltimore, 1975, s. 456
24. VISHNIAC, W. — SANTER, M.: The *Thiobacilli*. Bacteriol. Rev., 21, 1957, s. 195-213
25. WALKER, D. R. — DOORNENBAL, G.: Soil sulfate II. as an index of the sulfur available to legumes. Can. J. Soil Sci., 52, 1972, s. 261-266

ЛЕТТЛ, А. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). Экология тиобацилл с учетом областей, пораженных промышленными включениями сернистого окисла. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 327-338.

В статье приводится общая информация о тиобациллах и их значении в кругообороте серы в почве. В настоящее время мы признаем 8 видов, способных окислять разные соединения серы в сульфаты. Окисление чаще всего проходит политионатным путем, которое было доказано также в условиях почвы. Замещение отдельных видов тиобацилл в почве зависит от содержания серы. Систематическое установление к сере очень требовательного *T. thiooxidans*, наряду с *T. thioparus* и *T. novellus* при полном отсутствии нетребовательного *T. denitrificans*, в наших еловых почвах свидетельствует о высоком содержании серы в почве. В наших условиях установлена зависимость с загрязнением среды сернистым газом (SO_2) из промышленных включений. Со временем содержание сульфатов в почве растет, особенно в местах, подвергаемых действию промышленных включений, что может перейти в прогрессивное окисление почв. Воды ручьев и источников окисляются больше и в очень широком округе. Под влиянием промышленного SO_2 в почве отмечается повышенная концентрация тиобацилл и предполагается некоторая их активность. Обсуждаются механизм действия SO_2 на почву, а также возможности биотехнических мероприятий по устранению отрицательного влияния промышленных включений.

тиобациллы; сера; промышленные включения; сернистый газ

LETTL, A. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Ecology of Thiobacilli in relation to the Regions Contaminated by Sulfur Dioxide Immissions*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 327-338.

Comprehensive information is presented on thiobacilli and their role in the sulfur cycle in soil. There are eight species distinguished capable of oxidizing various sulfur compounds to sulfates. The oxidation takes place by polythionate pathway, which was also proved in soil conditions. The share of different species of thiobacilli in soil depends on the sulfur content. A high sulfur content in soils under spruce stands in this country has been demonstrated by the regular occurrence of sulfur-claiming *T. thiooxidans*, of *T. thioparus* and *T. novellus*, *T. denitrificans* not claiming high levels of sulfur was not found at all. The occurrence is conditioned by the environmental contamination by sulfur dioxide (SO₂) from industrial immissions. The time curves of sulfate content in soil have an ascending tendency, especially at localities exposed to immissions where the process of progressive soil acidification is under way. Waters in watercourses and springs are markedly acidified and in a wide range. Thiobacillus concentrations in soil increase with SO₂ immissions and some of their activities are altered. The mechanism of SO₂ effect is being discussed, and possibilities of the biotechnical control of the negative effect of industrial exhalations are treated.

Thiobacilli; sulfur; immissions; sulfur dioxide

LETTL, A. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *Ökologie von Thiobazillen unter Berücksichtigung der durch die Immissionen von Schwefeldioxid betroffenen Gebiete*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 327-338.

Die Arbeit bringt eine zusammenfassende Information über Thiobazillen und ihre Bedeutung im Schwefelkreislauf im Boden. Zur Zeit werden 8 Arten für fähig gehalten, verschiedene Schwefelverbindungen zu Sulphaten zu oxidieren. Die Oxidation verläuft meist auf dem Polythionat-Wege, der auch unter Bodenbedingungen bestätigt wurde. Die Vertretung einzelner Arten von Thiobazillen im Boden hängt vom Schwefelgehalt ab. Das regelmäßige Vorkommen des auf Schwefel sehr anspruchsvollen *T. thiooxidans* neben *T. thioparus* und *T. novellus* bei vollständiger Abwesenheit des anspruchslosen *T. denitrificans* in unseren Fichtenböden zeugt von hohem Schwefelgehalt im Boden. Unter unseren Bedingungen besteht hier ein Zusammenhang mit der Verunreinigung der Umwelt durch Schwefeldioxid aus den Industrieimmissionen. Im Laufe der Zeit steigt der Sulfatgehalt im Boden vor allem auf den den Immissionen exponierten Lokalitäten, wo auch eine progressive Bodenversauerung stattfinden kann. Das Wasser von Gewässern und Quellen versauert stärker und in einem sehr breiten Umkreis. Durch den Einfluß des Immissions-SO₂ werden im Boden die Konzentrationen von Thiobazillen erhöht und einige ihrer Aktivitäten alteriert. Der Mechanismus der Einwirkung von SO₂ auf den Boden sowie auch die Möglichkeiten biotechnischer Maßnahmen gegen den negativen Einfluß von Industrieexhalaten werden diskutiert.

Thiobazillen; Schwefel; Immissionen; Schwefeldioxid

LETTL, A. (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště - Strnady). *L'écologie des thiobacilles en tenant compte des régions attaquées par les immixtions de l'anhydride sulfureux*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 327-338.

Le travail présente une information systématique sur les thiobacilles et leur importance dans la circulation du soufre dans le sol. A l'heure présente on reconnaît huit espèces capables d'oxyder des composés différents de soufre pour en faire des sulfates. L'oxydation adopte pour la plupart la voie de polythionates, qui a été également confirmée dans les conditions de sol. La représentation des espèces particulières de thiobacilles dans le sol dépend de la teneur en soufre. La constatation régulière de *T. thiooxidans* très exigeant sur le soufre, à côté de *T. thioparus* et de *T. novellus*, en absence totale de *T. denitrificans* très peu exigeant, dans nos sols d'épicéa témoigne d'une teneur élevée en soufre dans le sol. Dans nos conditions il existe ici la relation avec la pollution du milieu par l'anhydride sulfureux (SO₂) en provenance des émissions industrielles. Dans la marche du temps la teneur en sulfates dans le sol augmente, notamment sur les localités exposées à la retombée

des émissions, où peut avoir lieu même l'acidification progressive des sols. Les eaux des courants d'eau et des sources s'acidifient d'une manière plus marquée et dans un circuit très large. Par suite de SO_2 d'émission on trouve dans le sol des concentrations accrues de thiobacilles et certains de leurs activités sont altérés. On discute le mécanisme de l'effet de SO_2 sur le sol, aussi bien que les possibilités des mesures biotechniques contre l'influence négative des produits d'exhalaison industriels.

thiobacilles; soufre; immixtions; anhydride sulfureux

Adresa autora:

RNDr. PhMr. Aleš Lettl, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště - Strnady, 255 01 Praha 5 - Žbraslav

MIKROBIOLOGICKÝ A CHEMICKÝ TEST ÚČINKU MELIORAČNÍCH OPATŘENÍ NA REGRADACI LÁTKOVÉ PŘEMĚNY V PŮDĚ DEGRADAČNÍHO STADIA LESNÍHO EKOSYSTÉMU

J. Lhotský, M. Vinšová

LHOTSKÝ, J. — VINŠOVÁ, M. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). *Mikrobiologický a chemický test účinku melioračních opatření na regeneraci látkové přeměny v půdě degradačního stadia lesního ekosystému*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 339-360.

Z modelového melioračního pokusu založeného na půdě degradačního (borového) stadia kyselé bučiny borůvkové (růstová oblast Středočeské pahorkatiny) a z laboratorního modelového pokusu založeného se substrátem z téže degradované půdy lze na bázi mikrobiologických, biochemických a pedochemických analýz vyvodit, že meliorační dávka vápence účinně podpořila rozvoj a mineralizační aktivitu mikroflóry, odbourávání uhlíku akumulovaného v surovém humusu, mísení humusu s minerální zeminou a další pozitivní procesy. Obnova látkové přeměny přinesla zvýšení obsahu přístupných živin. Vedle vápníku se na regeneraci látkového koloběhu uplatnil především fosfor. Teprve na bázi Ca a P byl na degradované půdě účinný i přírůstek dusíku. Izolovaný přírůstek N působil depresivně na mikroflóru degradované půdy, rovněž přírůstek lehké přístupného zdroje C nezvýšil mikrobiologickou aktivitu a naopak přivodil imobilizaci N a P. Vlivem chemické meliorace došlo k nasycení sorpčního komplexu. V komplexním účinku byla podle testů neúčinnější varianta se společným působením vápníku a fosforu. Mikrobiologické a biochemické testy se potvrdily jako spolehlivé globální kritérium degradace, resp. regenerace procesů látkové přeměny v půdě.

degradační stadia lesních ekosystémů; meliorace degradovaných lesních půd; látkový koloběh; mikrobiologicko-biochemické rozborů lesních půd

Vyhraněnou skupinou lesních ekosystémů, které byly degradovány lidskou činností a jsou ve stavu schopném regenerace, jsou degradační vývojová stadia původně plně produktivních lesních typů.

Vyřízení a meliorace degradačních stadií produkčních lesních typů je důležitý národohospodářský úkol. Docenění jeho významu i širokou hospodářskou praxí může podstatně přispět k aktivům ekonomické bilance. O materiálním přínosu svědčí první údaje o rozsahu a střízlivé úvahy o předpokládaných přínosech (Plíva 1979). V ČSR se udává zatím 86 000 ha degradačních stadií produkčně výkonných lesních typů s předpokládaným deficitem 2 m³ na ha celkového průměrného ročního přírůstu.

VÝBĚR Z LITERATURY

Z hlediska pracovní hypotézy o podvázanosti látkové a energetické přeměny v degradovaných ekosystémech jsme sledovali literární dokumentaci především k této sféře. Za důležitou globální charakteristiku stavu půdy považujeme biologickou aktivitu půdních vrstev, zejména

horizontů A_0 a A_h (Vinšová a Lhotský 1978). Úlohu povrchového humusu v koloběhu živin smrkových ekosystémů studoval Klímo (1979). Připisuje smrku vliv na zpomalený koloběh látek (o 16–25 let). Interference mezi koloběhy původních a druhotných ekosystémů (umělých kultur) vede často k degradaci. Půdu považuje autor za subsystém lesního ekosystému a látkový koloběh za výslednici vztahu dvou subsystémů, půdy a fytocenózy. Největší migraci látek (C, Ca, Mg, K) ve sféře nadložního humusu zjistil v období od května do září.

Bublinec (1977) na srovnávacích plochách zjišťuje vliv borovice na urychlení podzolizačního procesu. Velký význam pro látkový koloběh se právem přikládá humusovému horizontu. Quirbach (1978) navíc zdůrazňuje biologickou složku, bez níž je organická hmota v půdě mrtvý kapitál — a s ní, naopak, motorem koloběhu látek. Podle Leibundguta (1978) se každoročním opadem vrací půdě 300 kg živin, je-li opad průběžně mineralizován. Holstener — Jørgensen a kol. (1979) zjistil, že při zlepšení růstových podmínek (např. meliorací) dochází k většímu opadu a v lepší kvalitě (více N), a tím se koloběh udržuje na vyšší hladině látkové přeměny. Pelíšek (1978) při srovnání režimu dusíku v půdách Šumavy zjistil maximální mineralizaci nadložního humusu ve smrkovém stupni. Souhlasí to s našimi výsledky (Lhotský 1973) o relativně příznivém vlivu na humusotvorné a půdotvorné procesy té dřeviny, která je v daném ekosystému vhodná, a naopak.

Krapfenbauer (1979) chápe látkový koloběh v lesním ekosystému energeticky a zdůrazňuje nutnost energetické bilance propoňovaného melioračního zásahu. Dimitrov (1977) řadí k rozhodujícím ekologickým faktorům určujícím přírůst smrku i hloubku půdy, což je v souladu s naší pracovní hypotézou fyziologické hloubky půdy jako ukazatele kapacity biochemických a fyziologických procesů u degračních stádií podstatně omezené v důsledku degradace půdy.

V poslední době jsou konečně oceňovány mikrobiologické testy jako podklad k hodnocení kvality lesních půd, jejich úrodnosti (Raguotis 1976, Milanov 1977, Nekrasova a Gukasjan 1978), intenzity procesů látkové přeměny (Kropáčová 1978) i pěstebních a zúrodnovacích zásahů (Sorokin 1978, Kropáčová a Baštářová 1977; Mai, Leube, Fiedler 1977). Mai a Fiedler (1978) potvrzují na biologických testech, že dlouhodobý účinek fosforu při melioraci surového humusu smrkových porostů byl reálný jen na bázi vápnění. Nejpriznivějšího účinku bylo dosaženo v kombinaci Ca + P + N, zatímco samotný dusík nebyl účinný. Čím je stanoviště chudší nebo více degradováno, tím tato zásada platí výrazněji (Nebe, Fiedler 1974). Nejlépe melioračně působí aplikace Thomasovy moučky. Účinek vápníku, popř. fosforu s vápníkem, na biologickou aktivitu v nadložním surovém humusu zjistil též Williams (1972).

Nejhojnější je přirozeně literatura o hnojení průmyslovými hnojivy, které je předpokládáno jako součást komplexního zúrodnovacího zásahu v degračních stádiích produkčních lesních typů. I když samo o sobě nebylo předmětem našeho výzkumu, bylo nutno si všimnout některých specifických poznatků využitelných pro náš účel. Dosavadní poznatky o hnojení použitelné v našich lesních porostech shrnuje Ma-

terna (1979). Uvádí, že hnojení lesů v našich podmínkách nelze redukovat jen na hnojení dusíkem. To bylo výrazně potvrzeno především pro případy degradačních stadií naším výzkumem. Pro rozhodování o melioračních opatřeních v degradačních stadiích je důležité znát efektivnost hnojení v různých věkových stupních.

Důležitým prvkem meliorace degradovaných stanovišť je vápnění. Seibt, Wittich a Reemtsma (1977) shrnují výsledky dlouhodobých pokusů s vápněním zejména v borových porostech. Projevilo se především v biologické aktivitě nadložního humusu, a tím tedy v uvolnění látkového koloběhu. Zabývali se i interakcemi vápnění a zpracování půdy. Hirte (1970) exaktně potvrdil, že vápněním zvýšená aktivita mikroflóry se uplatní v intenzivní přeměně látek. Výsledné pH prostředí je společným účinkem vápnění a vznikajících meziproductů látkové přeměny organických látek.

Z hlediska energetické bilance látkového koloběhu považujeme za zvlášť důležitý fosfor. Hodnocením vztahů fosforu v lesních půdách se zabývají např. Kadeba a Boyle (1978) a Slaveniene (1978). Novým prvkem v zúrodnování lesních půd, zvláště degradovaných, je využívání odpadů a odpadních kalů s hnojivou hodnotou. Dimitri a Siebert (1977) použili tohoto způsobu v kulturách, zatímco Hüser (1978) i ve starších porostech. Zájem na těchto odpadech je podporován nejen skutečností, že musí být likvidovány, ale v některých případech i jejich energetickou hodnotou a vícestrannou účinností.

Syntéza literární rešerše potvrdila, že základem regradálního postupu bude kombinace chemické a biologické meliorace, která uvolní podvázané procesy látkového koloběhu v lesním ekosystému, resp. zajistí jejich vyšší úroveň (objem, intenzitu). Potvrdila dále, že mimořádnou roli při tom má horizont nadložního humusu a fyziologická hloubka půdy a prvky vápník a fosfor.

METODICKÝ PŘÍSTUP

Meliorační experimenty jsme založili na třech úrovních: laboratorní modelový pokus, lesní modelový pokus, lesní provozní pokusy. V tomto příspěvku se omezíme na vyhodnocení obou modelových pokusů.

V porostě 219cz lesní správy Vseteč (LZ Protivín), v řídké borové kmenovině (asi 120 let; bo 10, md; v podrostu řídce smrk a olše) byl založen lesní modelový pokus k ověření melioračních principů pro regradaci degradačních stadií tohoto typu. Stanoviště reprezentuje silné degradační stadium kyselé bučiny borůvkové (4K6d podle ÚHÚL).

Lokalita charakterizuje soubor kyselých lesních typů, v němž se v této růstové oblasti (Středočeská pahorkatina) vyskytuje značný podíl degradačních stadií. Půdotvorný podklad tvoří migmatity ortorulového vzhledu, půda je hlinitopísčité oligotrofní hnědozem se známkami podzolizace, ve vrchních horizontech silně kyselá, s tvorbou nadložního surového humusu. Základní vlastnosti půdy jsou patrné z tabulek (kontrolní varianta). Degradace půdy a celého ekosystému byla způsobena nesprávným hospodařením v minulosti (hrabáním steliva a nevhodnou záměnou dřeviny). Pokus byl situován na východní expozici, se sklonem asi 5°.

Cílem melioračních variant (7 variant ve 3 opakováních) byla regradace látkového koloběhu, podvázaného degradací. Meliorační varianty vycházely z kombinací chemických prvků (vápnění), mechanických prvků (zpracování půdy) a biochemické stimulace látkové a energetické přeměny (doplnění lehce přístupných zdrojů P, N a C).

Z téže lokality byl odebrán substrát (z půdních horizontů A_0 a A_h v poměru 3 : 1) pro založení laboratorního modelového pokusu, jímž byl sledován rozvoj aktivity mikrobiologicko-biochemických procesů v melioračních variantách analogických venkovnímu pokusu.

Laboratorní rozborů byly uskutečněny uzančeními metodami v laboratořích Výzkumného ústavu meliorací (Laboratorní metody používané ve VÚM, 1979).

U mikrobiologických a biochemických testů jsou používány tyto symboly:

- ŽA — živný agar č. 1,
- TA — Thorntonův agar,
- JA — Jensenův agar,
- B — bazální respirace (48 h inkubace) — v mg CO_2 na 100 g sušiny za 1 hodinu,
- N — respirace s přidavkem minerálního dusíku,
- P — respirace s přidavkem fosforu,
- AA — aktuální obsah NH_4^+-N ,
- AN — aktuální obsah $NO_3^- - N$,
- KA — obsah NH_4^+-N po 8 dnech inkubace,
- KN — obsah $NO_3^- - N$ po 8 dnech inkubace,
- NGA — množství NH_4^+-N převedeného do organických sloučenin po 48 hodinách inkubace s přidavkem minerálního dusíku a glukózy.

Rozklad celulózy byl stanoven v zemině v % hmotnostních po 14 dnech inkubace.

VLASTNÍ EXPERIMENTY

LABORATORNÍ MODELOVÝ POKUS

Varianty 1 [Ca], 2 [CaP], 3 [CaPN], 4 [CaPNC], 5 [kontrola] odpovídají varianfám venkovního pokusu C, D, E, F, G (dávky hnojiv a melioračních hmot v t na ha byly převedeny na plochu nádoby, tj. na plochu 133 cm²):

- 1 — vápenec 5 t (6,6 g),
- 2 — vápenec 5 t (6,6 g) + superfosfát 0,3 t (0,4 g),
- 3 — vápenec 5 t (6,6 g) + superfosfát 0,3 t (0,4 g) + ledek amonný 0,1 t (0,13 g),
- 4 — var. 3 + sláma 5 t (6,6 g),
- K — kontrola.

Bylo použito hydroponických nádob. Do 300 g homogenizovaného čerstvého substrátu byly zapraveny promícháním příslušné dávky hnojiv. Sláma byla přidána v rozemletém stavu a dusičnan amonný byl přidán o 14 dnů později — po proběhnutí nejintenzivnějšího rozkladu

I. Mikrobiologická charakteristika substrátu po 7 týdnech inkubace. — Microbiological characteristics of substrate after seven-week incubation

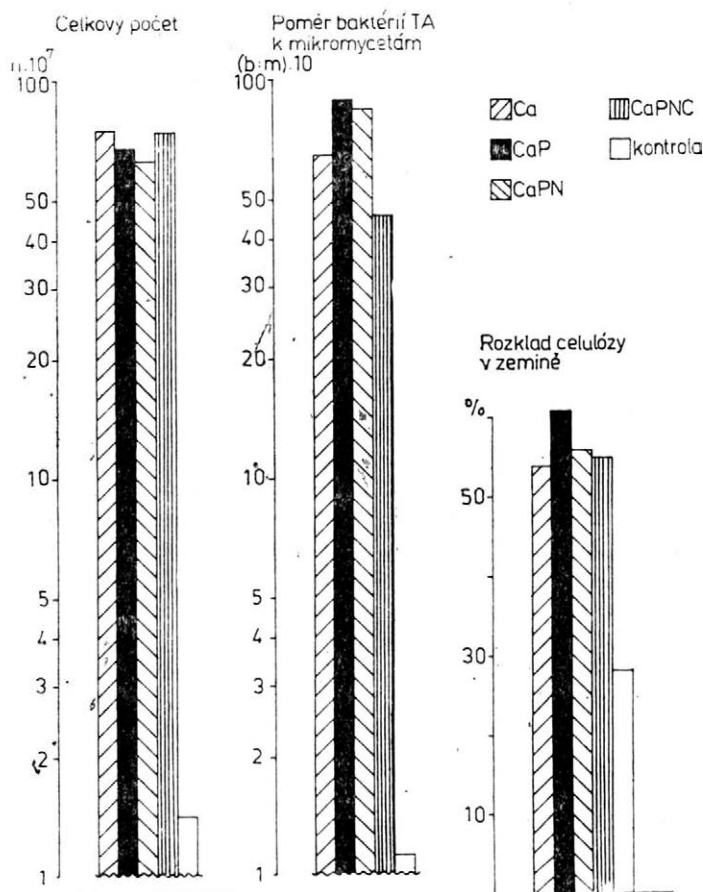
Varianta		Počet aerobních mikroorganismů v 1 g sušiny			
označení	hnojení	ŽA	TA		JA
		baktérie	baktérie	aktinomycety	mikromycety
1	Ca	$8,62 \cdot 10^8$	$7,44 \cdot 10^8$	$2,15 \cdot 10^6$	$1,15 \cdot 10^6$
2	CaP	$7,58 \cdot 10^8$	$6,78 \cdot 10^8$	$1,10 \cdot 10^6$	$7,56 \cdot 10^5$
3	CaPN	$5,39 \cdot 10^8$	$6,24 \cdot 10^8$	$1,09 \cdot 10^5$	$7,39 \cdot 10^5$
4	CaPNC	$8,51 \cdot 10^8$	$7,38 \cdot 10^8$	$5,33 \cdot 10^6$	$1,61 \cdot 10^6$
5	kontrola	$8,40 \cdot 10^6$	$1,28 \cdot 10^7$	<1	$1,15 \cdot 10^6$

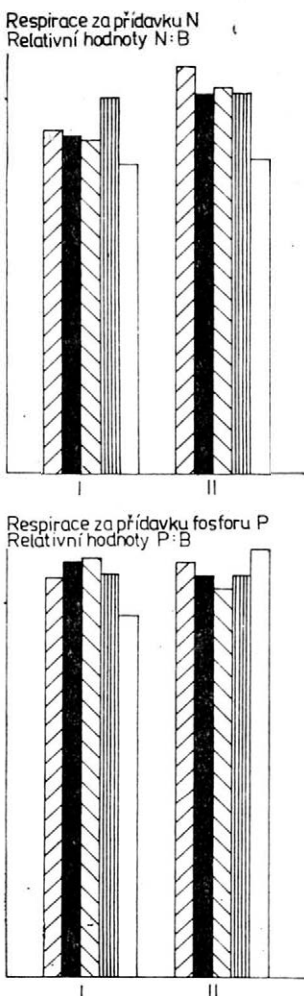
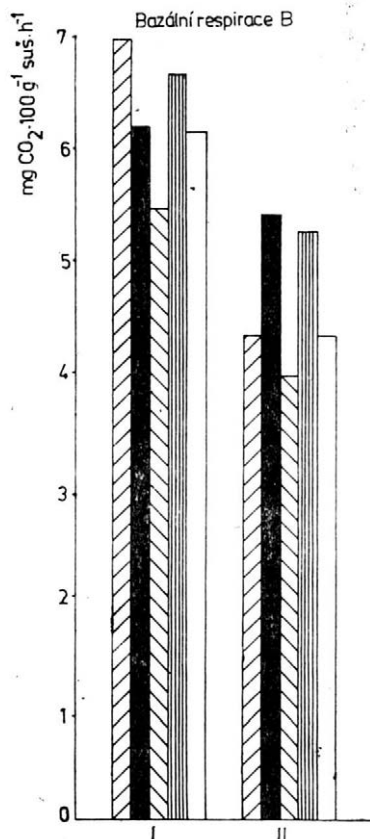
vápence. Založené nádoby byly skropeny stejnou dávkou destilované vody (20 ml), zváženy a inkubovány přikryté PVC fólií při 28 °C (1X denně větrány 1 hodinu, 2 X týdně dovlhčovány na základě převažování nádob). Každá varianta byla založena ve 3 nádobách. První paralela byla použita ke stanovení biochemických pochodů po 4 týdnech inkubace, druhé dvě paralely byly použity ke komplexnímu mikrobiologickému rozboru a ke stanovení některých chemických ukazatelů (C_{ox} , N_t , C_{HK} , C_{FK} , pH vým.) po 7 týdnech inkubace.

Časový průběh pokusu: založení 31. 3. 1979; přidání N 14. 4.; 1. rozbor 30. 4.; 2. rozbor 21. 5.; 29. 5. předány usušené vzorky na chemickou analýzu.

Z mikrobiologických a biochemických rozborů (tabulka I, obr. 1—3) vyplývají tyto poznatky: Vlivem vápnění, kterým se snížila kyselost substrátu z pH 3,8 na 6,4, došlo k silnému rozvoji aerobní mikroflóry, zejména bakterií. Počty bakterií vzrostly o 1—2 řády, přičemž bakterie na ŽA mírně převažují nad bakteriemi na TA. Byl podpořen i růst aktinomycet, jejichž výskyt v nevápněné kontrolní variantě byl jen ojedinělý. Absolutní počty mikromycet nebyly vápněním podstatně ovlivněny, avšak vzhledem k silnému rozvoji bakterií se jejich relativní podíl snížil. Rozdíly mezi jednotlivými variantami s vápněním jsou z hlediska početnosti a skladby mikroorganismů jen nepatrné, např. ve variantě

1. Mikrobiologická charakteristika substrátu po 7 týdnech inkubace. — Microbiological characteristics of substrate after seven-week incubation



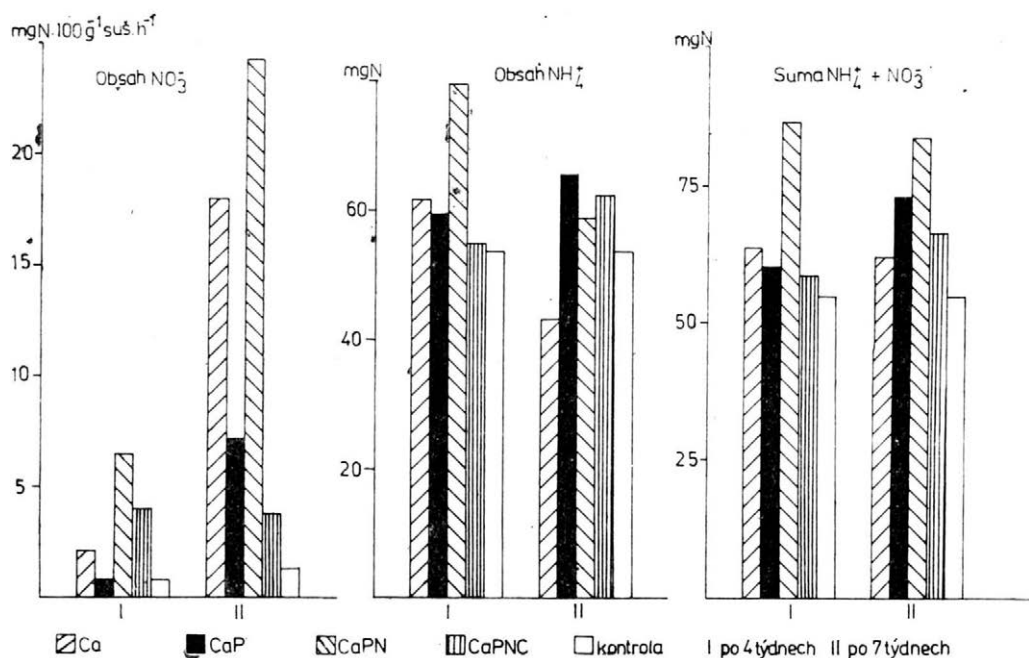


2. Dynamika CO_2 v laboratorním modelovém pokusu. — CO_2 dynamics in the laboratory model experiment

se slámou se v mikrobiální biocenóze uplatňují aktinomycety a mikromycety větší měrou než u ostatních variant.

Méně výrazně se projevil vliv vápnění na respiraci vzorků měřenou po 4 a po 7 týdnech inkubace. Předpokládáme, že zvýšená mineralizace snadno rozložitelných látek proběhla již v prvních týdnech inkubace. Nejvyšší hodnoty bazální respirace byly zjištěny v první fázi inkubace u var. Ca, v druhé fázi u CaP. Nejnižší hodnoty u var. CaPN souvisí zřejmě s vlivem minerálního dusíku. U varianty se slámou se tento vliv neprojevil, protože přebytečný dusík byl zřejmě využit při mineralizaci přidané organické hmoty se širokým C : N. Respirační aktivita této varianty byla naopak při obou odběrech vyšší než u kontroly. Relativní hodnoty respirace N : B a P : B nesignalizují aktuální potřebu přidání dusíku ani fosforu pro biochemické pochody v půdě. Zatímco využitelnost dalšího přídavku fosforu byla nevýrazně avšak jednoznačně patrna v obou fázích pokusu, využitelnost přidaného dusíku se projevila slabě u melioračních variant až ve druhé fázi inkubace; v prvním období působil dusík na respiraci depresivně.

Významné je zjištění, že rozklad celulózy, která představuje ne-



3. Dynamika N v laboratorním modelovém pokusu. — N dynamics in the laboratory model experiment

snadno rozložitelné uhlíkaté látky, se vápněním podstatně zvýšil, v průměru dvojnásobně.

U všech vápněných variant byl zjištěn v průběhu pokusu vyšší obsah amoniakálního a nitrátového dusíku než v kontrole přes předpokládanou vyšší imobilizaci přístupných forem dusíku početnější mikrofórou. Současně se snížil obsah celkového dusíku, takže poměr $N_t : N_{přist.}$ je u vápněných variant užší (kontrola přibližně 13, varianta CaNP 8, ostatní varianty 10).

Chemické vlastnosti substrátu (tabulka II) se po 7 týdnech inkubace diferencovaly tak, že v porovnání s kontrolou v melioračních variantách významně poklesla acidita, poklesl obsah celkového uhlíku v důsledku zintenzívnění mineralizace (nejméně ve 4. variantě, kam byl ve formě slámy přidán), poklesl i obsah celkového dusíku ze stejného důvodu a v důsledku částečného úniku mineralizovaného dusíku (nejméně ve 3. variantě, kam byl přidán bez uhlíku). V melioračních variantách mírně klesl i obsah humínových kyselin a slabě i fulvokyselin; při sníženém obsahu celkového uhlíku to znamená sice relativně stejnou humifikaci jako v kontrole, ale za jednoznačně většího podílu současné mineralizace. To potvrzují i biochemické testy (silná amonizace, vyšší rozklad celulózy).

Laboratorní pokus jasně prokázal příznivé ovlivnění mikrobiálního života ve všech melioračních variantách a rozhodující vliv vápníku na biologicky podmíněné zrychlení transformace akumulované organické hmoty v degradované půdě. Z hlediska stimulace a stabilizace mineralizačních pochodů je významnější aplikace fosforu než aplikace dusíku.

II. Chemické vlastnosti substrátu po 7 týdnech inkubace. — Chemical properties of substrate after seven-week incubation

Varianta		pH vým.	N _t ‰	C _{ox} ‰	C : N	C _{HK} ‰	C _{FK} ‰	C _{HK} : C _{FK}	Humifikace ‰
označení	hnojení								
1	Ca	6,5	0,66	14,3	21,7	4,14	2,24	1,85	44,52
2	CaP	6,4	0,65	14,8	22,7	4,14	2,30	1,80	43,45
3	CaPN	6,4	0,73	13,5	18,5	3,56	2,24	1,59	43,05
4	CaPNC	6,4	0,64	15,7	24,5	3,90	2,39	1,63	40,14
5	kontrola	3,8	0,74	16,9	22,8	5,00	2,42	2,07	43,90

III. Chemické vlastnosti půdy 5 měsíců po založení pokusu. — Chemical properties of soil five months after the establishment of the experiment

Varianta		Hloubka cm	pH vým.	N _t ‰	C _{ox} ‰	C : N	C _{HK} ‰	C _{FK} ‰	C _{HK} : C _{FK}	Humifi- kace ‰	Q 4/6	Příst. živiny mg.kg ⁻¹			
označení	hnojení											P	K	Ca	Mg
C	Ca	0—5	5,7	0,61	15,5	25,4	5,73	3,06	1,9	56,49	3,0	—	—	—	—
		5—15	3,5	0,04	1,9	47,5	—	—	—	—	—	11,9	68,9	301,2	11,0
D	CaP	0—5	5,5	0,56	12,5	22,3	4,59	2,73	1,7	58,47	2,7	—	—	—	—
		5—15	3,4	0,05	1,9	38,0	—	—	—	—	—	17,6	52,3	391,2	48,6
E	CaPN	0—5	5,6	0,65	16,3	25,1	6,06	3,11	1,9	56,15	2,9	—	—	—	—
		5—15	3,3	0,06	1,9	27,1	—	—	—	—	—	24,2	62,2	310,0	25,6
F	CaPNC	0—5	5,3	0,55	13,7	24,9	5,52	3,05	1,8	62,51	2,9	—	—	—	—
		5—15	3,3	0,07	2,3	32,9	—	—	—	—	—	15,4	68,9	300,0	25,4
G	kontrola	0—5	2,6	0,63	16,3	25,9	6,54	3,35	1,9	60,56	3,1	—	—	—	—
		5—15	3,0	0,04	1,8	45,0	—	—	—	—	—	15,6	35,7	200,0	18,6

Modelový pokus v terénu byl založen podle stejného schématu jako laboratorní pokus. Základní element modelu [1 opakování] byl obdélník 6 m², celý pokus měří 126 m². Bylo založeno 7 variant (A—G), každá po 3 opakováních. Vlastnosti degradované půdy charakterizují tabulky III a IV (kontrolní varianta).

Varianty (dávky na 1 ha):

- A — mletý vápenec 5 t;
- B — mletý vápenec 5 t, superfosfát 0,3 t;
- C — mletý vápenec 5 t, do 5 cm mechanicky zraněno;
- D — mletý vápenec 5 t, superfosfát 0,3 t, do 5 cm mechanicky zraněno;
- E — mletý vápenec 5 t, superfosfát 0,3 t, dusičnan amonný 0,1 t, do 5 cm mechanicky zraněno;
- F — mletý vápenec 5 t, superfosfát 0,3 t, do 5 cm mechanicky zraněno, sláma 5 t;
- G — kontrola.

Postup prací

- 27.—28. 3. 1979: Založení pokusu; tytéž dny byl aplikován mletý vápenec a superfosfát
- 11. 5. 1979: Aplikace ledku amonného (po částečném rozkladu předchozích hnojiv).
- 22. 8. 1979: Odběr půdních vzorků na 1. mikrobiologický a chemický rozbor (z horizontů A₀, resp. F+H; A, resp. A_h) a fyzikální rozbor (z horizontu A).
- 28. 11. 1979: Odběr půdních vzorků na 2. mikrobiologický a chemický rozbor.

Stav půdních vlastností po 5 měsících od založení (22. srpna 1979)

Pro chemický a mikrobiologický rozbor byly vypuštěny varianty A, B, které jsou podobné s variantami C, D s rozdílem mechanického zranění. Po 5 měsících od založení pokusu (tabulka III) byla na melioračních variantách výrazně snížena acidita (z pH 2,6 na pH 5,5 v organickém horizontu A₀ a o 0,3—0,5 pH v minerálním horizontu A_h). Vedle určitého snížení celkového uhlíku i akumulovaného humusu v nadložním humusovém horizontu v důsledku zvýšené mineralizace byl zjištěn na všech melioračních variantách znatelný posun humusu do minerálního podloží, nejvíce na variantě F, kam byl lehce přístupný uhlík přidán. Totéž lze říci zhruba i o celkovém dusíku, jehož obsah v nadložním horizontu melioračních variant slabě poklesl a v minerálním horizontu slabě stoupl (nejvíce ovšem na variantě E a F, kam byl přidán). Ukazatele kvality humusu sledují jednak procesy zvýšené mineralizace (obsah i poměr C_{HK} a C_{FK}), i slabě zlepšenou kvalitu vytvořených humínových kyselin (Q 4/6). Přídavek minerálního dusíku se projevil i tendencí tlumit projevy mineralizace vyvolané na melioračních variantách aplikací Ca a P. Stav přístupných živin byl na melioračních variantách po 5 měsících příznivý: na všech byl v důsledku mineralizace zvýšen obsah přístupného draslíku (vůči kontrole téměř dvakrát), přirozeně byl zvýšen obsah přístupného vápníku, který byl na všech variantách přidán (nejvíce na variantě CaP), obsah přístupného fosforu byl zvýšen na variantách, kde byl přidán (CaP, CaPN), s výjimkou varianty se slámou, kde byl zřejmě imobilizován v pod-

IV. Fyzikální vlastnosti minerálního horizontu A_h 5 měsíců po založení pokusu. — Physical properties of the mineral horizon A_h five months after the establishment of the experiment

Varianty		Momentní vlhkost % obj.	Max. kapil. vodní kapacita %	Relativní vlhkost % obj.	Specif. hmotnost g . cm ⁻³	Objem. hmotnost g . cm ⁻³	Pórovi- tost % obj.	Moment. vzdušnost % obj.	Minim. vzdušná kapacita % obj.	Nasákli- vost % obj.	Propust- nost mm . min ⁻¹
označení	hnojení										
A	Ca	14,8	26,9	55,0	2,53	1,02	59,4	44,6	32,5	34,7	6,81
B	CaP	12,8	22,4	57,0	2,54	0,91	64,2	51,4	41,7	30,0	4,70
C	Ca + zraněno	19,2	36,8	52,1	2,57	1,13	55,9	36,7	19,1	44,8	2,29
D	CaP + zraněno	20,8	37,6	55,2	2,59	1,16	55,2	34,4	17,6	47,0	0,95
E	CaPN + zraněno	18,4	35,1	52,3	2,57	1,09	57,5	39,1	22,8	45,8	9,00
F	CaPNC + zraněno	18,6	35,3	52,8	2,54	0,94	63,0	44,4	27,7	48,0	9,78
G	kontrola	12,1	28,8	41,8	2,56	1,10	57,0	36,6	28,1	38,5	1,25

V. Mikrobiologická charakteristika půdy 5 měsíců po založení pokusu. — Microbiological characteristics of soil five months after the establishment of the experiment

Varianty		Hloubka cm	Počet mikroorganismů . g ⁻¹ suš.			Respirometrický test			Rozklad celulózy % hmot.
			TA		JA	B*	N : B	P : B	
označení	hnojení		baktérie	aktinomycety	mikromycety				
C	Ca	0— 5	1,70.10 ⁸	4,80.10 ⁶	8,08.10 ⁵	8,86	1,01	2,42	18,29
		5—15	4,49.10 ⁶	3,59.10 ⁵	4,13.10 ⁵	1,11	1,05	13,77	0,30
D	CaP	0— 5	1,39.10 ⁸	1,64.10 ⁶	7,07.10 ⁵	8,88	1,04	0,92	25,77
		5—15	1,34.10 ⁶	6,08.10 ⁴	6,62.10 ⁴	1,11	1,05	1,15	0,27
E	CaPN	0— 5	1,99.10 ⁸	2,01.10 ⁶	9,45.10 ⁵	12,89	1,15	0,92	33,69
		5—15	2,31.10 ⁶	0	1,73.10 ⁵	0,96	1,13	1,27	0,09
F	CaPNC	0— 5	8,98.10 ⁷	2,30.10 ⁶	7,22.10 ⁵	5,51	1,11	0,79	15,59
		5—15	1,70.10 ⁶	6,00.10 ⁴	1,43.10 ⁵	0,81	1,32	1,68	0,17
G	kontrola	0— 5	1,20.10 ⁶	0	7,17.10 ⁵	4,10	1,05	1,01	1,54
		5—15	1,35.10 ⁵	1,12.10 ⁴	9,26.10 ⁴	0,85	1,05	1,27	0,09

* mg CO₂ . 100 g⁻¹ . h⁻¹

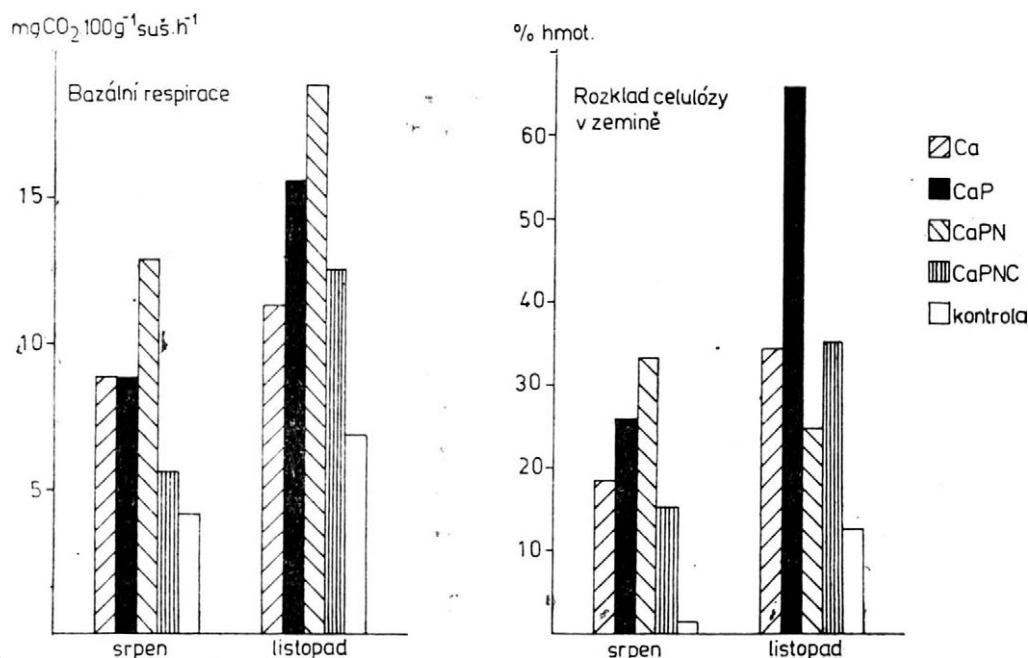
VI. Dynamika dusíku v půdě 5 měsíců po založení pokusu. — Nitrogen dynamics in soil five months after the establishment of the experiment

Varianty		Hloubka cm	Amonizační test mg N. 100 g ⁻¹ sušiny			Nitrifikační test mg N. 100 g ⁻¹ sušiny		Příst. N*		Celková mineralizace*
označení	hnojení		A _A	K _A	NG _A	A _N	K _N	A _A + A _N	K _A + K _N	
C	Ca	0—5	46,22	50,71	33,62	0,502	0,568	46,72	51,28	4,56
		5—15	6,65	6,82	28,11	0,150	0	6,80	6,82	0,02
D	CaP	0—5	47,72	57,09	50,83	0,447	0,558	43,17	57,65	9,48
		5—15	7,34	7,09	29,98	0	0	7,34	7,09	-0,25
E	CaPN	0—5	65,15	69,54	47,92	0,560	0,420	65,71	69,96	4,25
		5—15	7,57	6,74	30,45	0	0	7,57	6,74	-0,83
F	CaPNC	0—5	34,10	38,09	42,35	0,289	0,257	34,39	38,35	3,96
		5—15	7,32	6,89	31,55	0	0	7,32	6,89	-0,43
G	kontrola	0—5	41,29	40,80	23,96	0,294	0,441	41,58	41,24	-0,34
		5—15	5,68	5,60	31,28	0	0	5,68	5,60	-0,08

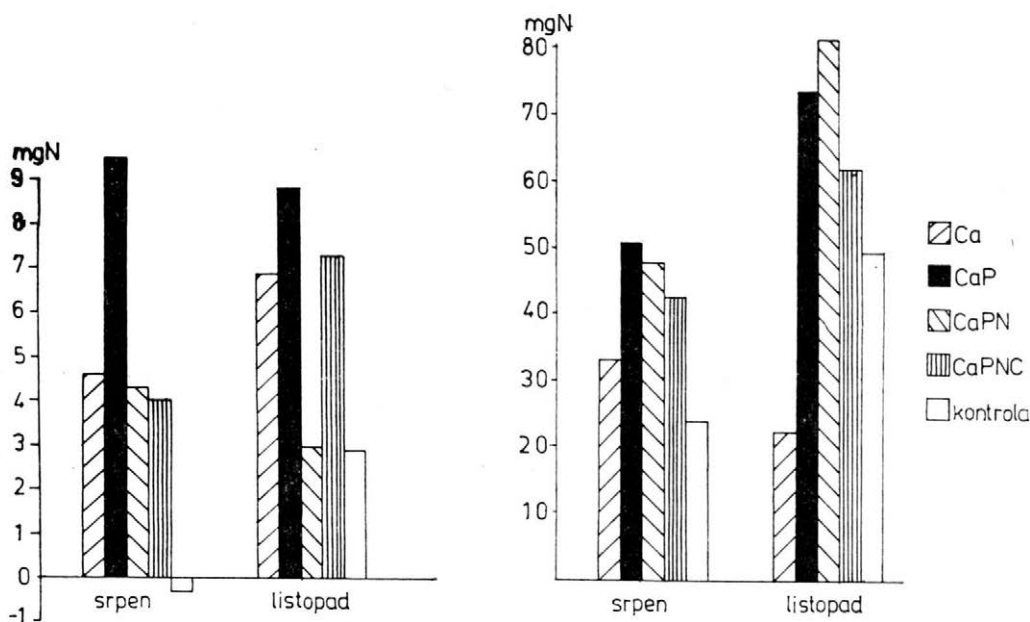
* mg N. 100 g⁻¹ sušiny

mínkách rozvoje mikrobiální aktivity za relativního nedostatku fosforu (přídavek slámy — lehce přístupný zdroj uhlíku se širokými poměry C:N a C:P). Nižší obsah přístupného fosforu ve variantě s pouhým vápencem může být důsledkem částečného zvrhávání do nepřístupných forem fosforečnanu vápenatého v tomto období jak zvýšené mineralizace (a tím uvolňování P), tak i maximálního rozkladu a působení CaCO_3 .

Mikrobiologický rozbor tyto skutečnosti potvrzuje, doplňuje a vysvětluje. Na melioračních variantách byla zjištěna 5 měsíců po založení pokusu výrazně vyšší mikrobiologická aktivita (tabulka V a VI; obr. 4, 5). Zvýšení celkového počtu aerobních mikroorganismů představuje v porovnání s kontrolou rozdíl 1–2 řádů. Vzrostl především počet bakterií, zvýšilo se i množství aktinomycet — a to v obou sledovaných půdních vrstvách. Zvýšenou mineralizační činnost mikroflóry na melioračních variantách nejlépe charakterizují hodnoty bazální respirace, rozkladu celulózy a celkové mineralizace dusíku. Respiraci a rozklad celulózy nejvíce podpořila kombinace Ca + P + N, naproti tomu mineralizace dusíku byla dusíkatým hnojením poněkud tlumena. Přídavek slámy znamenal snížení intenzity všech uvedených pochodů. Využitelnost přidaného minerálního dusíku v době srpnového odběru vyplývá z relativních hodnot respirace N:B — byla ve všech variantách včetně kontroly mírně zvýšena. Zato využitelnost přidaného fosforu (P:B) byla v tomto období intenzivních biochemických pochodů poměrně vysoká především v minerálním horizontu. Nejvíce reagovala na dodaný fosfor varianta pouze vápněná, a to i v organické vrstvě. Vyšší relativní potřeba dusíku i fosforu se projevila v minerálním horizontu varianty se slámou. S výjimkou této varianty byl také zjištěn na všech ostatních



4. Mineralizační aktivita horizontu A_0 (F+H) pět a osm měsíců po založení pokusu (srpen, listopad 1979). — Mineralizing activity of the horizon A_0 (F+H) five and eight months after the establishment of the experiment (August, November 1979)



5. Mineralizační a syntetická aktivita horizontu A₀ (F+H) pět a osm měsíců po založení pokusu (srpen, listopad 1979): NH₄⁺ + NO₃⁻ uvolněný po 8 dnech inkubace (vlevo), imobilizace přidaného NH₄⁺ v přítomnosti glukózy po 48 hodinách inkubace (vpravo). — Mineralizing and synthetic activity of the horizon A₀ 5 and 8 months after the establishment of the experiment (August, November 1979): NH₄⁺ + NO₃⁻ released after eight-day incubation (on the left), immobilization of NH₄⁺ added in the presence of glucose after 48-hour incubation (on the right)

vápněných variantách vyšší obsah amoniakálního dusíku, a to v obou horizontech. Obsah dusičnanů, zjištěný prakticky pouze v organické vrstvě, byl také vyšší než v kontrole. Podobný obraz ukazují i hodnoty amonizačního a nitrifikačního testu po inkubaci, během níž se v organické vrstvě obsah přístupného dusíku ještě zvýšil vlivem intenzivní amonizace. Z obr. 5 je zřejmé, že na melioračních variantách se zvýšila nejen mineralizační aktivita mikroflóry, ale i potenciální schopnost syntetizovat nové organické látky.

Z fyzikálních rozborů (tabulka IV) vyplynula jednoznačně vyšší absolutní vlhkost na variantách mechanicky zraněných. Na těchto variantách byla zjištěna i větší vododržnost (maximální kapilární vodní kapacita i nasáklivost), takže relativní vlhkost se příliš nelišila. Ostatní fyzikální vlastnosti nedoznaly významnějších změn. Zmíněné vlastnosti charakterizující zlepšené vlhkostní poměry však jsou dosti významné k tomu, aby přispěly k intenzivnějšímu působení prvků chemické meliorace a k podpoře transformačních pochodů látkové přeměny.

Stav půdních vlastností po 8 měsících od založení (28. listopadu 1979)

Půdní reakce na melioračních variantách byla na podzim stále vyšší než na kontrole, i když ne tak výrazně jako v první (letní) fázi působení (tabulka VII). Zmenšil se rozdíl mezi pH aktivním a pH vý-

VII. Chemické vlastnosti půdy 8 měsíců po založení pokusu. — Chemical properties of soil eight months after the establishment of the experiment

Varianta		Hloubka cm	pH		N _t %	C _{ox} %	C : N	C _{HK} %	C _{FK} %	C _{HK} : C _{FK}	Humifi- kace %	Q 4/6	Příst. živ. mg. kg ⁻¹			
označení	hnojení		akt.	vým.									P	K	Ca	Mg
C	Ca	0—5	4,8	4,5	1,18	27,9	23,6	10,2	4,7	2,17	53,6	3,0	—	—	—	—
		5—15	4,0	3,1	0,08	1,9	23,2						9,2	50	225	28,1
D	CaP	0—5	5,4	5,0	0,70	16,0	22,9	5,3	3,6	1,47	55,8	2,8	—	—	—	—
		5—15	3,9	3,1	0,09	2,1	23,9						18,3	51	230	44,2
E	CaPN	0—5	4,8	4,6	1,04	26,5	25,5	8,2	4,3	1,92	47,3	3,0	—	—	—	—
		5—15	3,9	3,0	0,07	1,7	24,9						27,5	47	188	18,1
F	CaPNC	0—5	4,0	3,5	1,06	28,7	27,0	9,2	4,2	2,18	46,9	3,1	—	—	—	—
		5—15	3,8	3,1	0,07	1,6	22,6						16,1	52	110	18,4
G	kontrola	0—5	3,7	2,4	1,01	24,1	23,8	8,1	4,3	1,87	51,6	3,0	—	—	—	—
		5—15	3,8	2,8	0,07	1,7	24,6						17,0	39	80	14,1

měnným, což svědčí o větší nasycenosti sorpčního komplexu. Absolutní obsah celkového uhlíku a dusíku byl při listopadové kontrole poněkud vyšší než při srpnové (akumulace nové rostlinné hmoty za vegetační období), avšak relativní vztahy jsou podobné. Snad jen na variantě CaP se udržuje „letní“ stav (pH , C_{ox} , N_t , C_{HK}) zřejmě v důsledku vyšší a do pokročilého podzimu trvající mineralizace, pravděpodobně v důsledku nejvyšší nabídky iontu Ca^{2+} . Do určité míry je to patrné i na vzájemných relacích obsahu přístupných živin, který je absolutně rovněž poněkud nižší než v 1. fázi působení melioračních hmot (po 5 měsících): všechny meliorační varianty mají mírně vyšší obsah přidaného Ca i nepřidaného K a Mg. Nižší obsah přístupného fosforu na variantě s pouhým Ca lze připsat tak jako v srpnu chemické imobilizaci (částečné zvrhávání do nerozpustných fosforečnanů vápenatých), **zatímco ve variantách s přídatkem N + C by mohlo jít o biologickou imobilizaci v syntetických biochemických procesech.**

Po mikrobiologické stránce je listopadový odběr charakterizován převážně vyššími absolutními hodnotami ukazatelů biologické aktivity na všech variantách včetně kontroly. Relativní účinek melioračního zásahu byl však již nižší než v srpnu. To se týká nejvíce celkového počtu mikroorganismů (tabulka VIII). Přesto přetrvává na melioračních variantách v nadložním organickém horizontu řádově vyšší počet aerobních mikroorganismů proti kontrole, s příznivější skladbou. V minerálním horizontu byl zjištěn vyšší počet bakterií jen na variantách CaP a Ca. Intenzita respirace, rozkladu celulózy i mineralizace dusíku byla na melioračních variantách stále výrazně vyšší oproti kontrole (tab. VIII a IX; obr. 4, 5). Vysoká intenzita a poměrná vyrovnanost mineralizačních pochodů (současně při potenciálně nejvyšší syntetické schopnosti) byla prokázána na variantě CaP, a to v souladu s většinou chemických charakteristik (snížená akumulace celkového uhlíku, dusíku a humínových kyselin, vyšší obsah přístupných živin aj.). Příčinou nižší účinnosti samotného vápnění je zřejmě nedostatek přístupného fosforu, přírůstek slámy se projevil kromě imobilizace přístupného fosforu a dusíku i tendencí k rychlejšímu poklesu pH hodnot.

ZÁVĚR

Mikrobiologickými, biochemickými a chemickými analýzami jsme testovali varianty modelových melioračních pokusů na degradované lesní půdě. Lesní modelový pokus byl založen na půdě degradačního (borového) stadia kyselé bučiny borůvkové na lokalitě Všetec (růstová oblast Středočeské pahorkatiny), laboratorní modelový pokus byl založen se substrátem z téže degradované půdy. Podstatou melioračních variant bylo vápnění (CaCO_3), aplikace fosforečného hnojiva, dusíkatého hnojiva a zdroje lehce přístupného uhlíku. Z rozborů vyplynulo, že dostatečná (meliorační) dávka vápence velmi účinně podpořila obnovení látkového koloběhu, podpořila rozvoj mikrobioty, odbourávání akumulovaného uhlíku, mísení humusu s minerálními vrstvami a další pozitivní procesy. Obnovou látkového koloběhu byl zvýšen obsah přístupných živin. Vedle vápnění se na regeneraci látkového koloběhu uplatnil pozitivně především fosfor. Fosfor se uplatnil výrazněji zejména v druhé

VIII. Mikrobiologická charakteristika půdy 8 měsíců po založení pokusu. — Microbiological characteristics of soil eight months after the establishment of the experiment

Varianty		Hloubka cm	Počet mikroorganismů . g ⁻¹ suš.			Respirometrický test			Rozklad celulózy % hmot.
označení	hnojení		TA		JA	B*	N : B	P : B	
			baktérie	aktinomycety	mikromycety				
C	Ca	0— 5	1,11 . 10 ⁸	7,66 . 10 ⁵	2,60 . 10 ⁶	11,49	1,05	0,90	34,67
		5—15	2,00 . 10 ⁶	—	1,78 . 10 ⁵	0,95	1,19	1,48	0,62
D	CaP	0— 5	3,20 . 10 ⁸	3,55 . 10 ⁶	1,33 . 10 ⁶	15,61	0,92	0,94	66,19
		5—15	6,06 . 10 ⁶	—	1,59 . 10 ⁵	1,05	1,00	1,31	2,19
E	CaPN	0— 5	1,89 . 10 ⁸	1,63 . 10 ⁶	1,99 . 10 ⁶	18,84	0,96	0,83	24,83
		5—15	6,46 . 10 ⁵	1,24 . 10 ⁴	2,07 . 10 ⁵	1,01	0,95	1,22	0,34
F	CaPNC	0— 5	1,40 . 10 ⁸	7,08 . 10 ⁶	3,98 . 10 ⁶	12,52	1,10	1,03	35,53
		5—15	3,33 . 10 ⁵	6,16 . 10 ³	1,89 . 10 ⁵	0,73	1,39	1,92	0,58
G	kontrola	0— 5	2,23 . 10 ⁷	1,41 . 10 ³	1,62 . 10 ⁶	6,91	0,97	1,07	12,15
		5—15	9,23 . 10 ⁵	6,20 . 10 ³	1,57 . 10 ⁵	1,02	1,00	1,34	0,25

* mg CO₂ . 100 g⁻¹ . h⁻¹

IX. Dynamika dusíku v půdě 8 měsíců po založení pokusu. — Nitrogen dynamics in soil eight months after the establishment of the experiment

Varianta		Hloubka cm	Amonizační test mg N. 100 g ⁻¹ suš.			Nitrifikační test mg N. 100 g ⁻¹ suš.		Příst. N*		Celková mineralizace*
označení	hnojení		A _A	K _A	NG _A	A _N	K _N	A _A + A _N	K _A + K _N	(K _A + K _N) - - (A _A + A _N)
C	Ca	0— 5	69,45	75,74	22,96	0,960	1,600	70,41	77,34	6,93
		5—15	4,68	4,06	21,13	0,131	0,078	4,81	4,14	-0,67
D	CaP	0— 5	54,44	63,12	73,87	0,866	0,990	55,31	64,11	8,80
		5—15	4,68	4,32	30,47	0,107	0,107	4,79	4,43	-0,36
E	CaPN	0— 5	70,67	73,90	81,31	1,450	1,228	72,12	75,13	3,01
		5—15	3,59	3,41	32,19	0,130	0,104	3,72	3,51	-0,21
F	CaPNC	0— 5	66,68	74,46	61,90	1,677	1,243	68,36	75,70	7,34
		5—15	3,56	3,30	29,86	0,077	0,093	3,64	3,39	-0,25
G	kontrola	0— 5	66,18	69,16	49,47	1,119	1,119	67,30	70,28	2,98
		5—15	3,15	3,24	30,02	0,104	0,104	3,25	3,34	0,09

* mg N. 100 g⁻¹ suš.

fázi pokusu, kdy jeho relativní nedostatek se stal brzdou účinnosti samotného vápnění. Dusík se projevil pozitivně pouze na bázi vápníku a fosforu, samotný nebyl účinný a v některých případech působil na půdní mikroflóru depresivně. Naproti tomu pokus s aplikací snadno rozložitelného zdroje uhlíku (slámy) ke stimulaci startu transformačních procesů nebyl úspěšný: aktivita mikroflóry nebyla zvýšena, dusík a fosfor byly imobilizovány. Během vegetačního období došlo vlivem chemické meliorace k výraznému nasycení sorpčního komplexu (maximální v létě, do zimy opět slabě klesá), k uvolnění přístupných živin (maximum v létě), ke snížení akumulace organické hmoty v důsledku zintenzívnění mineralizačních pochodů. Nejúčinnější v tomto směru byla varianta, kde společně působil vápník a fosfor.

Procesy transformace a migrace organické hmoty zřejmě přispěly i k pozitivní úpravě základních fyzikálních vlastností příslušných půdních horizontů, jak o tom svědčí vyšší vlhkost a vodní jímavost, které se uplatní zpětně na další zlepšení podmínek látkového koloběhu. Mikrobiologické testy se potvrdily jako spolehlivé globální kritérium kvality procesů látkové přeměny v půdě indikující jak degradaci, tak regeneraci těchto procesů.

Posláním chemické meliorace bylo v první fázi uvolnit podvázaný látkový koloběh (uvolnit akumulovanou energii) v degradované půdě, a tím připravit podmínky pro druhou fázi, tj. pro udržení intenzivní látkové (energetické) přeměny na regenerované úrovni. Vezmeme-li tedy za ukazatele intenzity látkové přeměny biochemické mineralizační testy (produkci CO₂, produkci minerálního dusíku a rozklad celulózy), vychází z globálního posouzení všech získaných údajů pořadí účinku variant na rozkladné procesy od nejúčinnější počínaje CaP > CaPN = Ca > CaPNC.

Došlo dne 20. 8. 1980

Literatura

1. BUBLINEC, E.: Podzolový pôdotvorný proces pod borovicovými porastmi Záhoria. Nauka o zemi, VIII, Seria pedologica 8, 1974, 119 s.
2. BUBLINEC, E.: Vplyv lesa na degradáciu a úrodnosť pôdy. Veda Bratislava, 1977, s. 99-113
3. DIMITRI, L. — SIEBERT, H.: Gefäßversuche mit Forstpflanzen zum Ausbringen von Klärschlamm auf Forstkulturlflächen. Allg. Forstz., 32, 1977, 39, s. 973-976
4. DIMITROV, E.: Proučvane na kompleksnoto vlijanie na njakoi faktori varchu kulminacijata na srednija prirast po visočina pri smarča. Nauč. Trud. 22, Sofia, 1977, s. 81-90
5. HIRTE, W. J.: Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen Bodenreaktion und Mikroorganismen. 2. Mitt.: Die Wechselwirkung zwischen Bodenkalkung und Mikroorganismen. Zbl. Bakt. Abt. II, Bd. 125, 1970, s. 639-646
6. HOLSTENER-JØRGENSEN, H. a kol.: Litter fall studies in an irrigation trial in Norway spruce. Det forstlige Forsogsvaesnen, XXXVI, H. 3, 1979
7. HÖSER, R.: Verwertung von Klärschlamm als Forstdünger. Allg. Forstz., 33, 1978, 15, s. 409-410
8. KADERA, O. — BOYLE, J. R.: Evaluation of phosphorus uptake, extraction method and soil properties. Pl. Soil, 49, 1978, 2, s. 285-297

9. KLIMO, E.: Úloha opadu a povrchového humusu v koloběhu živin v ekosystému smrkového lesa. Sb. Zvyšování produktivnosti lesů, ČSAZ - ÚVTI, 1979, s. 87-98
10. KRAPPENBAUER, A.: Waldbiomasse und Energieversorgung. Int. Holzmarkt, 70, 4/5, 1979, s. 26-32
11. KROPÁČOVÁ, A.: Ekologické a fytoecologické změny po minerálním hnojení ve smrkových porostech. Sbor. Věd. výzk. lesn. Úst. VŠZ Praha, 21, 1978, s. 99-122
12. KROPÁČOVÁ, A. — BAŠTĚROVÁ, D.: Využití respiračních testů při stanovištním výzkumu v souvislosti s hnojením lesních porostů. Sb. Zvyšování intenzity soc. lesní výroby a její racionalizace, Praha, 1977, s. 123-132
13. LANGKRAMER, O.: Biomasa půdních bakterií a mikromycet ve smrkových porostech a jejich podíl na vodní bilanci a koloběhu živin v půdě. Lesnictví 23, 1977, 2, s. 89-104
14. LEIBUNDGUT, H.: Über die Menge und den Aschengehalt des Laubes in verschiedenen Waldbeständen. Schweiz. Z. Forstwes., 129, 1978, 3, s. 243-246
15. LHOTSKÝ, J.: Příspěvek k poznání vlivu druhu dřeviny na kvalitu humusotvorných pochodů z hlediska degradace půdy. Lesnictví, 19, 1973, 2, s. 157-172
16. LHOTSKÝ, J. — PODHORNÍK, J.: Příspěvek ke studiu snížené produkční schopnosti půd degradačních stadií lesních ekosystémů. Lesnictví 22, 1976, 3, s. 221-242
17. LHOTSKÝ, J.: Degradací stadia produkčních lesních typů a možnosti jejich meliorace. Sb. Zvyšování produktivnosti lesů, ČSAZ - ÚVTIZ, 1979, s. 67-74
18. LHOTSKÝ, J. — KUBÍČEK, J. — VINŠOVÁ, J.: Výzkum kritérií, způsobů zúrodnění a optimálního využití půd degradačních stadií lesních ekosystémů. Záv. zpráva VÚM, 1980, s. 67
19. MAI, H. — LEUBE, F. — FIEDLER, H. J.: Zur Wirkung der Harnstoffdüngung auf die Bodenmikroflora von Koniferenbeständen. Soil as a site factor ... Proc. II, Žilina, 1977, s. 112-125
20. MAI, H. — FIEDLER, H. J.: Mikrobiologische und chemische Untersuchungen zur Melioration von Fichtenrohhumus auf phosphorarmen Mittelgebirgsstandorten. Zbl. Bakt. II. Abt., 1978, 133, s. 17-33
21. MATERNA, J.: Biologické a technické předpoklady používání průmyslových hnojiv v lesních porostech. Sb. Zvyšování produkt. lesů, ČSAZ - ÚVTIZ, 1979, s. 75-85
22. MILANOV, R.: Za ocenkata na plodorodisko na gorskite počvi po tjachnata mikrobiologična aktivnost. Gor. Stopan., 33, 1977, 12, s. 7-12
23. NEBE, W. — FIEDLER, H. J.: Phosphatdüngung von Rohhumusaufgaben. Wiss. Zeitschr. TU Dresden 23, 1974, s. 921-924
24. NEKRASOVA, V. D. — GUKASJAN, A. B.: Biologičeskaja aktivnost lesnych počv Tuvy. Novosibirsk, Nauka 78, 1978, s. 23
25. PELÍŠEK, J.: Ekologická analýza a bilance režimu dusíku v lesních půdách Šumavy. Lesnictví 24, 1978, 1, s. 9-26
26. PLÍVA, K.: Hnojení a meliorace lesních půd v koncepcích lesního hospodářství ČSR. Sb. Zvyšování produktivnosti lesů, ČSAZ - ÚVTIZ, 33, 1979, s. 5-12
27. PRŮŠA, E.: Lesní typy, základ pěstování lesů. Praha, autoreferát disert. práce, 1975, 13 s.
28. QUIRBACH, K. H.: Das Problem Humus. Natur u. Landsch. 53, 1978, 11, s. 354-355
29. RAGUOTIS, A.: Vozmožnosti ocenki plodorodija lesnych počv po rasprostranjeniju nekotorych mikroorganizmov. Akad. Nauk Litovskoj SSR, 1976, s. 114-115
30. SEIBT, G. — WITTICH, W. — REEMTSMA, J. B.: Ertragskundliche Ergebnisse langfristiger Kalkdüngungsversuche im nord- und westdeutschen Bergland. Frankfurt am M., J. D. Sauerländer's Verlag 298, 1977, s. 43
31. SLAVENIENE, I.: Fosofo formu dirvozemyje klausimu. Inst. darbai, 18, 1978, Izdat. Mokslas, s. 86-92
32. SOROKIN, N. D.: Primenenije pokazatelej biologičeskoj aktivnosti počvy pri ocenke lesochozjajstvennyh meroprijatij. Lesovedenije 4, 1978, s. 11-15
33. VINŠOVÁ, M. — LHOTSKÝ, J.: Biologická aktivita degradovaných lesních půd. Lesnictví, 24, 1978, 2, s. 137-154
34. WILLIAMS, B. L.: Nitrogen mineralization and organic matter decomposition in Scots pine humus. Forestry, Vol. XIV, 1972, 2, s. 177-188
35. Laboratorní metody používané ve Výzkumném ústavu meliorací, 1979.

ЛГОТСКИЙ, Й. — ВИНШОВА, М. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). Микробиологический и химический тест действия мелиорационных мер по реградации обмена вещества в почве деградационной стадии лесной экосистемы. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 339-360.

По модельному мелиорационному опыту, основанному на почве деградированной (сосновой) стадии кислой черничной буковой рощи (Среднечешские холмы), и по лабораторному модельному опыту, основанному с субстратом из той же деградированной почвы, на базе микробиологических, биохимических и почвенно-химических анализов можно прийти к заключению, что мелиорационная доза известняка эффективно поддержала развитие и минерализационную активность микрофлоры, деградацию углерода, собранного в сыром гумусе, смешивание гумуса с минеральным грунтом и другие положительные процессы. Восстановление обмена веществ повысило содержание доступных питательных веществ. Вместе с кальцием на реградацию обмена веществ прежде всего действовал фосфор. Только на базе Ca и P на деградированной почве эффективно действовало добавление азота. Изолированное добавление азота действовало депрессивно на микрофлору деградированной почвы, также добавление легкодоступного источника C не повысило микробиологической активности, а наоборот, вызвало иммобилизацию N и P. Под влиянием химической мелиорации произошло насыщение сорбционного комплекса. По комплексному действию, согласно проведенным тестам, наиболее эффективным вариантом оказался вариант с общим действием кальция и фосфора. Микробиологические и биохимические тесты подтвердились как надежный общий критерий деградации, или же реградации процессов обмена веществ в почве.

деградационная стадия лесных экосистем; мелиорация деградированных лесных почв; круговорот веществ; микробиологически-биохимические анализы лесных почв

LHOTSKÝ, J. — VINŠOVÁ, M. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). Microbiological and Chemical Test of the Effect of Amelioration Measures on Metabolism Regradation in Soil of the Stage of Degradation of Forest Ecosystem. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 339-360.

An amelioration model experiment was conducted on soil of the degradation (pine) stage of acid beech stand with *Vaccinium* sp. (the area of the Central Bohemian Hills) and parallelly a laboratory model experiment established with a substrate from the same degraded soil was performed: it can be deduced from the microbiological, biochemical and pedochemical analyses that an amelioration dose of limestone promoted effectively the development and mineralizing activity of microflora, degradation of carbon accumulated in raw humus, humus mixing with mineral earth and other positive processes. The content of available nutrients was increased after the metabolism processes had been resumed. Particularly phosphorus participated in the regradation of the metabolism processes, besides calcium. An additive of nitrogen was effective on degraded soil only after the Ca and P action. The microflora of degraded soil was depressed by the isolated addition of N, nor was the microbiological activity increased by an additive of easily available C source: on the contrary it immobilized N and P. The exchange complex of soil was saturated after the chemical amelioration. According to the tests conducted, the variant with the joint action of calcium and phosphorus was the most effective as indicated by its complex effect. Microbiological and biochemical tests were proved to be a reliable global criterion of degradation, and/or regradation of the metabolic processes in soil.

stages of degradation of forest ecosystems; amelioration of degraded forest soils; metabolism; microbiologico-biochemical analyses of forest soils

LHOTSKÝ, J. — VINŠOVÁ, M. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). Mikrobiologischer und chemischer Test der Wirkung von Meliorationsmaßnahmen auf die Regradation der Stoffumwandlung im Boden des Degradationsstadiums eines Waldökosystems. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 339-360.

Aus einem Modellmeliorationsversuch, der auf dem Boden eines Degradations- (Kiefern-) Stadiums des bodensauren Heidelbeerbuchenwaldes (Wuchsgebiet des Mittelböhmischen Berglandes) angelegt wurde, und aus einem Labormodellversuch, der mit dem Substrat desselben degradierten Bodens angelegt wurde, kann auf der

Grundlage mikrobiologischer, biochemischer und bodenchemischer Analysen gefolgert werden, daß die Meliorationsgabe von Kalkstein auf wirksame Weise die Entwicklung und die mineralisierende Aktivität der Mikroflora, den Abbau des im Rohhumus akkumulierten Kohlenstoffs, die Vermischung von Humus mit dem Mineralboden und weitere positive Prozesse gefördert hat. Die Erneuerung der Stoffumwandlung hat eine Erhöhung des Gehalts an aufnehmbaren Nährstoffen gebracht. Neben Kalzium hat sich an der Regradation des Stoffkreislaufs vor allem Phosphor geltend gemacht. Erst auf der Basis von Ca und P war auf dem degradierten Boden auch die Stickstoffgabe wirksam. Eine isolierte N-Gabe hat auf die Mikroflora des degradierten Bodens depressiv gewirkt, ebenso wie die Zugabe zugänglicher C-Quelle die mikrobielle Aktivität nicht zu steigern vermochte, sondern umgekehrt zur Immobilisierung von N und P führte. Durch den Einfluß der chemischen Melioration kam es zur Sättigung des Sorptionskomplexes. In der Komplexwirkung war nach dem durchgeführten Test die Variante mit gemeinsamer Einwirkung von Kalzium und Phosphor am wirksamsten. Mikrobiologische und chemische Tests konnten sich als verlässliches Globalkriterium der Degradation, bzw. Regradation der Prozesse der Stoffumwandlung im Boden bestätigen.

Degradationsstadien von Waldökosystemen; Melioration degradierten Waldböden; Stoffkreislauf; mikrobiologisch-biochemische Waldbodenanalysen

LHOTSKÝ, J. — VINŠOVÁ, M. (Výzkumný ústav meliorací, Praha - Zbraslav). *Le test microbiologique et chimique de l'effet des mesures d'amélioration sur la regradation du métabolisme dans le sol au stade de dégradation de l'écosystème forestier*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 339-360.

En partant de l'essai modèle d'amélioration, établi sur le sol au stade (de pin) de dégradation de la hêtraie acide à myrtilles (région de croissance du Plateau centre-bohémien) et de l'essai modèle de laboratoire, établi avec le substrat provenant du même sol dégradé, on peut déduire, sur la base des analyses microbiologiques, biochimiques et pédochimiques, que la dose d'amélioration de calcium a favorisé efficacement le développement et l'activité de la minéralisation de la microflore, la dégradation du carbone accumulé dans l'humus brut, la mixtion de l'humus avec la terre minérale et les processus positifs ultérieurs. Le renouvellement du métabolisme a eu pour conséquence l'augmentation de la teneur en matières nutritives assimilables. Outre le calcium c'est le phosphore qui a participé en particulier à la regradation de la circulation des matières. Ce n'est que sur la base de Ca et de P que fut également efficace l'addition de l'azote sur le sol dégradé. L'addition isolée de l'azote exerçait l'influence dépressive sur la microflore du sol dégradé, de même que l'addition de la source facilement accessible de C n'a pas augmenté l'activité microbiologique, amenant au contraire l'immobilisation de N et de P. Par suite de l'amélioration chimique a eu lieu la saturation du complexe de sorption. Dans l'effet complexe c'est la variante où agissaient en commun le calcium et le phosphore, qui était la plus efficace selon les tests effectués. Les tests microbiologiques et biochimiques ont été confirmés comme critère global sûr de dégradation, respectivement de regradation des processus de métabolisme dans le sol.

stades de dégradation des écosystèmes forestiers; amélioration des sols forestiers; métabolisme; analyses microbiologico-biochimiques des sols forestiers

Adresa autorů:

Ing. Jiří Lhotský, DrSc., Ing. Milada Vinšová, Výzkumný ústav meliorací, 255 80 Praha - Zbraslav

EXPERIMENTÁLNÍ EKOLOGIE JAKO ZÁKLAD STUDIA MIKROBNÍ BIODYNAMIKY LESNÍCH PŮD

J. Seifert

SEIFERT, J. (Přírodovědecká fakulta UK, Praha). *Experimentální ekologie jako základ studia mikrobiální biodynamiky lesních půd*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 361-369.

Z ekologických faktorů půdy působí na biodynamiku lesních půd zejména obsah vody a teplota půdy. Mírou působení půdní vody je její dostupnost pro mikroby a z tohoto se ukazuje jako nezbytné charakterizovat působení půdní vody jejím sacím tlakem. Autochtonní mikroflóra půdy, která je reprezentována bakteriemi žijícími na povrchu disperzních částic půdy, je se sacím tlakem půdní vody trvale v rovnovážném stavu, který se po každé změně sacího tlaku obnovuje. Zvýšení sacího tlaku vede k množení bakterií a růstu mikrobiálního společenstva; snížení potom k odumírání bakterií. Jak růst, tak i pokles se zastaví, jakmile je rovnovážný stav mezi hustotou osídlení půdy autochtonními bakteriemi a sacím tlakem obnoven. Produkce CO_2 je přímo úměrná nárůstu mikrobiální biomasy. Mění se proto při změně sacího tlaku podle stejného vztahu, podle něhož se mění při změně sacího tlaku produkce biomasy. Tento základní vztah platí i pro mikroflóru zymogenní. Rozdíl je v tom, že zde produkce CO_2 je v závislosti na čase lineární a růst biomasy není v důsledku toho omezen. Působení vlhkosti a teploty na zymogenní mikroflóru je v podstatě rovnocenné, neboť oba faktory určují rychlost růstu biomasy a produkce CO_2 . Naproti tomu u autochtonní mikroflóry je vlhkost teplotě nadřazena. Teplota zde pouze určuje, jak brzy je dosažen rovnovážný stav.

mikrobiologie lesnická; lesní půdy; biodynamika; mikroflóra

Studium mikrobiálních procesů v půdě je zaměřeno především na poznání vztahů, které existují mezi fyzikální stránkou půdy a životem mikrobů. Při aplikaci však pomáhá řešit i problémy zajímavé praxi. Tak např. v lesních půdách probíhá řada procesů, pomocí nichž lze hodnotit kvalitu stanoviště, vhodnost pěstebních zásahů, účelnost melioračních prací apod. Většinou běžné statické hodnocení těchto procesů nepřináší údaje, které by mohly uspokojivým způsobem orientovat pracovníky v lesním hospodářství.

O hodnocení a využití dlouhodobých procesů vyznačujících se výraznou dynamikou se pokoušela řada badatelů. Význačnou osobností mezi nimi byl D. Fehér (1930), který již před 50 lety podnikl řadu významných studií mikrobiálních procesů v lesních půdách. Tyto časově nákladné studie přinesly mnoho zajímavých údajů, vystihly, že podstata dynamiky mikrobiálních procesů v půdě je kromě trofických faktorů ovlivňována především půdní vlhkostí a teplotou, avšak nepřispěly ničím k zobecnění vlivu těchto faktorů, ačkoli se o to nepřestaly pokoušet (Fehér 1933). Fehérovi následovníci si stále výrazněji uvědomovali, že dosavadní způsob studia dynamiky mikrobiálních procesů v půdě založený na nesčetných stanoveních přímo v terénu mnohdy v denních intervalech často po celé vegetační období je málo efektivní. Hledali proto cestu, jak dospět k potřebným závěrům s menší spotřebou

času a větším přínosem. Na závěr došli k přesvědčení, že jedinou cestou, jak dospět k pochopení podstaty vlivu uvedených faktorů na dynamiku mikrobiálních procesů v půdě je zjistit jejich působení na mikroby pomocí experimentálně ekologické metody.

Podstata experimentálně ekologické metody sledování vlivu ekologických faktorů na mikroflóru v půdě záleží v řízeném působení těchto faktorů na mikroflóru přímo v půdě nebo ve vhodném modelu, kde jsou zachovány všechny základní parametry přirozené půdy. Předpokladem k tomu, aby nějaký ekologický faktor mohl být podroben experimentálně ekologickému výzkumu, je dán možností odstupňovat jeho působení. Faktory, které tomuto požadavku vyhovují, jsou např. teplota, vlhkost, aerace, pH, struktura, textura půdy a některé trofické faktory.

Vzhledem k tomu, že dynamiku mikrobiálních procesů v půdě ovlivňují z uvedených faktorů pouze dva, a to teplota a vlhkost půdy, mělo by být objasnění jejich vlivu snadnou záležitostí. Jak se však v průběhu doby ukázalo, je celá záležitost komplikována tím, že mikroby v půdě žijí na dvou zcela odlišných mikrobiotopech, které modifikují působení zmíněných ekologických faktorů natolik, že je třeba jejich vliv na každém z mikrobiálních společenstev sledovat a interpretovat odděleně.

Prvním ze zmíněných mikrobiotopů jsou povrchy půdních disperzních částic. Tento biotop je osídlen převážně bakteriemi. Vzhledem k tomu, že povrch půdních disperzních částic je typickou a trvalou charakteristikou půdy, plynoucí přímo z její podstaty, je i mikroflóra osídlující tento biotop považována za mikroflóru půdě vlastní, tedy za mikroflóru autochtonní (V i n o g r a d s k y 1924). Druhým mikrobiotopem jsou zbytky organismů a organických látek vnesených do půdy. Mikroflóru osídlující tento biotop označujeme vzhledem k její činnosti za mikroflóru zymogenní (V i n o g r a d s k y 1925).

Autochtonní mikroflóra (dále jen A-mikroflóra) je dosti dobře prostudována jak po stránce fyziologické, tak po stránce ekologické. Značně k tomu přispěla okolnost, že tuto mikroflóru lze studovat pomocí přímé mikroskopické metody, zejména pak pomocí metody užívající fluorescenční mikroskop a barvení akridinovou oranží (S t r u g g e r, R o u s c h a l 1943). Uvedená přímá metoda nám kromě jiného umožnila obzvláště podrobně prostudovat jak probíhá v půdě růst A-mikroflóry i jak tato mikroflóra reaguje na působení vlhkosti a teploty v půdě. To do značné míry umožnilo objasnění vlivu těchto faktorů i na mikroflóru zymogenní.

U zymogenní mikroflóry (dále jen Z-mikroflóry) je situace obtížnější. Z-mikroflóra žije totiž převážně uvnitř organických zbytků, do jejichž nitra nelze pomocí mikroskopu zcela proniknout a také nelze mikroflóru z těchto zbytků nebo částic detritu úplně izolovat. V důsledku toho ani kultivační metody nám o ní mnoho neřeknou. Vždyť jedna částicka organické hmoty, jak lze zjistit při jejím náhodném zanesení do zorného pole mikroskopu, obsahuje stovky bakterií, z nichž při výsevu na plotny vyroste nejvýš jedna kolonie. A tak u Z-mikroflóry jak na produkci biomasy mikrobů, tak na způsob jejich růstu usuzujeme jen na základě nepřímých údajů. Tímto nepřímým údajem je produkce kysličníku uhličitého půdou.

To, čím se obě společenstva nejvíce odlišují, je rozdílný způsob

jejich růstu, projevující se tím, že každé z nich sleduje při růstu jinou růstovou křivku. A-mikroflóra sleduje při růstu mikrobiálního společenstva křivku, která má podobu sigmoidy (S-křivky). Sigmoida jako růstová křivka je u organismů žijících v ekosystémech běžnou křivkou. Zpravidla bývá považována za logistickou křivku, které přísluší rovnice

$$N = \frac{N_{max}}{1 + \exp(a - kt)}.$$

Naše podrobnější studie z posledních let však ukazují, že při použití logistické křivky zjišťujeme mezi naměřenými a vypočítanými hodnotami určitou diskrepanci, kterou lze odstranit tím, že na místo logistické křivky použijeme pro růstovou křivku funkci *G o m p e r z o v u*

$$N = N_{max} \exp[-m \exp(-kt)].$$

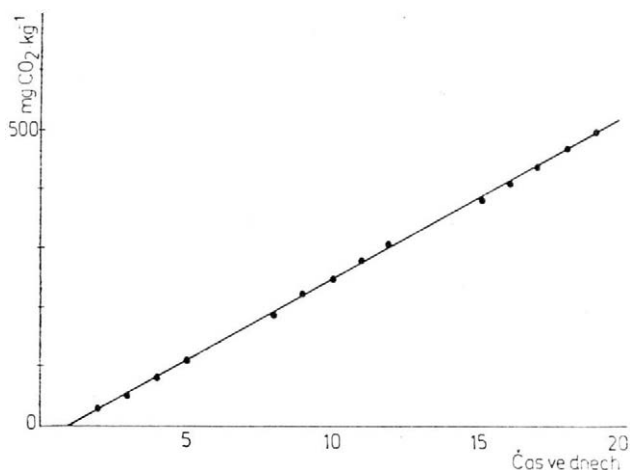
V obou rovnicích N je hustota osídlení půdy mikroby (počet mikrobů na jeden gram půdy), N_{max} — horní asymptota, k — rychlostní konstanta, — čas. Ostatní symboly jsou parametry příslušných rovnic. Růst podle sigmoidy nevykazuje pouze celá množina A-mikroflóry, nýbrž i její podmnožiny, jako je např. společenstvo nitrifikačních bakterií. Z tvaru růstové křivky vyplývají některé důležité charakteristiky, především to, že růst společenstva je dočasný a jeho horní hranice je dána hodnotou N_{max} .

U Z-mikroflóry lze usuzovat na způsob, jakým toto společenstvo mikrobů roste pouze na základě produkce CO_2 půdou. Kysličník uhličitý produkují sice obě společenstva, ale jak bylo právě řečeno, růst A-mikroflóry je dočasný a v důsledku toho i produkce CO_2 , který tato mikroflóra produkuje při udržovacím metabolismu, je vcelku zanedbatelná. A tak vyčkáme-li do doby, kdy A-mikroflóra ukončí svůj růst, můžeme považovat produkci CO_2 od tohoto okamžiku za produkci Z-mikroflóry.

Jestliže sledujeme produkci CO_2 po skončení růstu A-mikroflóry, má produkce CO_2 v závislosti na čase lineární závislost (obr. 1). Chceme-li zjistit, jak velká produkce mikrobiální biomasy je s touto produkcí spojena, použijeme k tomu zjištění publikovaných *Mayberrym* a kol. (1967). Podle těchto autorů připadá přibližně polovina z použité energie na asimilaci a polovina na disimilaci. To znamená, že na 1 g CO_2 se produkuje 0,55—0,6 g sušiny mikrobiální biomasy.

Když jsme si ujasnili shora uvedené skutečnosti, můžeme se již věnovat otázkám experimentální ekologie a jejím výsledkům, týkajícím se vlivu vlhkosti na mikroby žijící v půdě. První poznatky pocházející z doby před šedesáti lety (*Greaves, Carter* 1920) byly v posledních letech značně doplněny a zpřesněny. Současně byla zjištěna i řada nových okolností. K těm patří i zjištění, že pokud chceme při studiu vlivu půdní vody na mikrobiální procesy v půdě dospět k platným závěrům, vyjádřitelným matematicky formulovanými vztahy, musíme upustit od běžného způsobu charakterizování obsahu půdní vody a začít ji charakterizovat pomocí jejího sacího tlaku (*Seifert* 1969).

Máme-li stručně charakterizovat vliv sacího tlaku půdní vody (dále jen sacího tlaku) na mikrobiální procesy v půdě, musíme říci, že sací tlak působí na celou mikroflóru v podstatě jednotně, ale i rozdílně podle toho, máme-li na mysli A-mikroflóru nebo Z-mikroflóru. Jednotnost pů-



1. Závislost produkce kyslíčnicku uhličitého zymogenní mikroflórou na čase. Osa x — čas; osa y — produkce CO_2 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ půdy v přepočtu na sušinu. — A dependence of CO_2 production by zymogenic microflora on time. Axis x — time; axis y — CO_2 production in mg per kg of soil as reduced to dry matter

sobení je v tom, že u obou společenstev sací tlak reguluje rychlost růstu. Rozdílnost působení je ve způsobu, jakým se to děje.

U Z-mikroflóry, kde růst v závislosti na čase je lineární, vede změna sacího tlaku ke změně směrnice přímky. To znamená, že produkce biomasy i CO_2 je určena vztahem rychlostní konstanty k sacímu tlaku, který vyjadřuje rovnice

$$k = qU^m,$$

kde U je sací tlak a m, q jsou parametry rovnice.

U A-mikroflóry je situace složitější. Především A-mikroflóra reaguje růstem pouze na zvýšení sacího tlaku. Přitom zvýšení sacího tlaku nesmí vyvolat zhoršení aerace půdy. Nárůst biomasy je zde, jak již bylo řečeno, omezen a je určen rozdílem sacího tlaku před zvýšením U_b a po něm U_a , a to podle vztahu

$$PB = q(U_a^k - U_b^k).$$

Jak vidíme, zde se velikost růstové konstanty nemění. Změna rychlosti je dána polohou horní asymptoty určené velikostí rozdílu obou tlaků.

Jak již bylo řečeno, u A-mikroflóry na rozdíl od Z-mikroflóry bakterie rostou jen při zvýšení sacího tlaku. Při jeho snížení naopak odumírají a počty klesají podle stejného vztahu, podle kterého přirůstají. To znamená, že u A-mikroflóry bez ohledu na teplotu existuje mezi hustotou osídlení půdy bakteriemi a sacím tlakem rovnovážný stav, který se při každé změně sacího tlaku obnovuje.

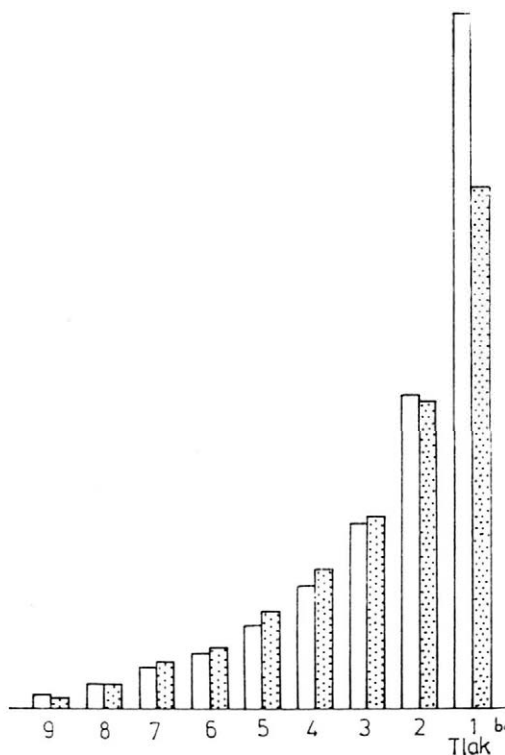
Skutečnost, že konečný počet bakterií, k němuž dochází po skončení růstu společenstva A-mikroflóry, není ovlivněn teplotou (tzn., že je týž jak při teplotě 28°C , tak při teplotě 2°C pouze s tím rozdílem, že u nízké teploty dojde k vytvoření rovnovážného stavu o něco později), vyvolává vždy dotazy po důvodech, které k tomuto stavu vedou. Dnes již můžeme říci, že k tomu vedou tři důvody:

1. A-mikroflóra může existovat a množit se jen na té části povrchu půdních disperzních částic, která je pokryta vodou;

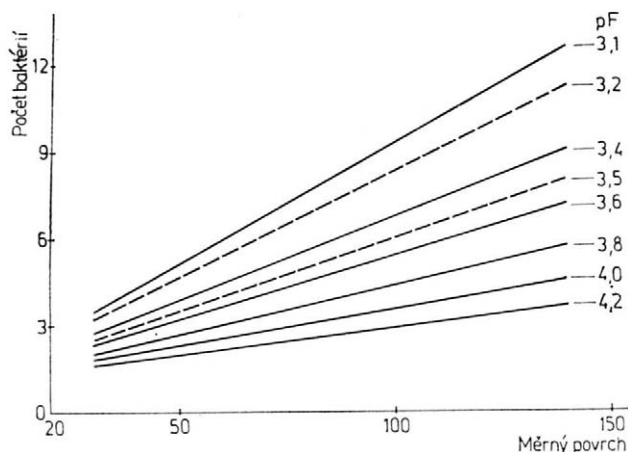
2. povrchy disperzních částic půdy jsou současně stěnami půdních mikrokapilár;

3. velikost sacího tlaku rozhoduje o tom, které kapiláry jsou naplněny vodou a které nikoliv. Při nízkém sacím tlaku jsou naplněny vodou jen kapiláry o malém průměru. Se stoupajícím sacím tlakem se postupně plní kapiláry s větším a větším průměrem. V souladu s tím, jak se plní kapiláry vodou, se zvětšuje i plocha stěn kapilár vodou pokrytá. Čím je vyšší sací tlak, tím větší je i plocha půdních povrchů pokrytá vodou, a tím více bakterií se na nich vyskytuje (obr. 2) a naopak.

2. Vliv sacího tlaku v rozmezí 1—10 barů na velikost plochy půdních disperzních částic pokryté vodou a na počet bakterií v půdě. Velikost plochy pokryté vodou a počty bakterií byly pro sací tlak 10 barů vzaty rovny nule a při sacím tlaku 1 bar za rovny 100 %. Bílé sloupce — plocha pokrytá vodou. Tmavé sloupce — počty bakterií. — The effect of suction pressure within the range of 1—10 bars on the area size of dispersion soil particles covered by water and on the bacterial counts in soil. The area size covered by water and bacterial counts for the suction pressure of 10 baries were taken as equal to zero, and for the suction pressure of 1 barie to 100 %. Empty columns — the area covered by water. Black columns — bacterial counts



3. Závislost počtu bakterií na měrném povrchu půd pro různé sací tlaky. Osa x — měrný povrch v $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ sušiny půdy; osa y — počty bakterií v miliardách na gram půdy. — A dependence of bacterial counts on specific surface area of soil for different suction pressures. Axis x — specific surface area in m^2 per g of soil dry matter; axis y — bacterial counts expressed in milliards per g of soil



Souvislost mezi počtem bakterií a velikostí plochy půdních disperzních povrchů má širší platnost, než jsme uvedli. Jestliže totiž srovnáváme mezi sebou hustotu osídlení více půd s rozdílným měrným povrchem, ale blízkými hodnotami pH, zjistíme, že při téže hodnotě sacího tlaku je hustota osídlení půd přímo úměrná velikosti měrného povrchu (obr. 3). Neboť platí funkce

$$PB = \frac{q \cdot U^k + 1}{140 \cdot S_o^{-1}} + 1.$$

Druhým faktorem, který ovlivňuje biodynamiku půdy je teplota. Zde stačí říci, že i v ekologických podmínkách ovlivňuje teplota rychlost procesů, tedy rychlost růstu, produkci biomasy, produkci CO₂ apod. Na rozdíl od sacího tlaku se vliv teploty na obě mikrobiální společenstva projevuje shodně, neboť teplota určuje změnu velikosti rychlostní konstanty v obou růstových rovnicích. Závislost těchto konstant na teplotě vyjadřuje Arrheniova rovnice

$$\ln k = C - \frac{E_{akt}}{R T}.$$

Pokud se teplota během celého růstového období nemění, probíhá růst podle předem určené růstové křivky. Dojde-li během růstu společenstva ke změně teploty, potom se tato změna projeví změnou rychlosti růstu. U Z-mikroflóry je to jednoduché. Změna rychlosti zde znamená změnu konstanty, a tím změnu směrnice přímk. U A-mikroflóry je to složitější. Jestliže růst probíhal od t_0 do t_1 při teplotě T_1 rychlostí a_1 a produkce dosáhla hodnoty Y_1 , potom po změně teploty T_1 na T_2 bude od t_1 probíhat růst takovou rychlostí, s jakou by probíhal v okamžiku překročení hodnoty produkce Y_1 , kdyby při teplotě T_2 probíhal od začátku procesu, tedy od t_0 . A obdobně je tomu i při všech dalších změnách teploty (Seifert 1980).

ZÁVĚR

Závěrem bych chtěl konstatovat, že experimentální ekologie přináší do studia dynamiky mikrobiálních procesů v půdě novou kvalitativní stránku, která může snadno přispět k zpřesnění dosavadních představ nejen o dynamice těch nejběžnějších procesů, nýbrž i o životě mikrobů v půdě vůbec. Ovšem její plné využití je a bude vždy závislé na tom, do jaké míry půdní mikrobiologové budou schopni zvládnout fyzikálně chemickou problematiku půdy.

Došlo dne 20. 8. 1980

Literatura

1. FEHÉR, D.: Untersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Mikrobentätigkeit im Waldboden. Arch. f. Mikrobiol., 1, 1930, s. 464-492
2. FEHÉR, D.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Wassergehalt des Bodens auf die Lebenserscheinungen der Bodenbakterien. Arch. f. Mikrobiol., 4, 1933, s. 447-486

3. GREAVES, I. E. — CARTER, E. G.: Influence of moisture on the bacterial activities of the soil. *Soil Sci.*, 10, 1920, s. 361-387.
4. SEIFERT, J.: Water potential of the soil as a basis of the influence of moisture on number of bacteria in the soil. *Folia microbiol.*, 14, 1969, s. 89-91
5. SEIFERT, J.: Effect of temperature on nitrification intensity. *Folia microbiol.*, 25, 1980, s. 144-147
6. STRUGGER, S. — ROUSCHAL, CH.: Eine neue Methode zur Vitalbeobachtung der Mikroorganismen im Erdboden. *Naturwiss.*, 31, 1943, s. 25-26
7. VINOGRADSKY, S. N.: Sur la méthode de la microbiologie du sol. I Congr. of Inter. Soil. Sci. Roma 1924
8. VINOGRADSKY, S. N.: Études sur la microbiologie du sol. Premier memoire: Sur la méthode. *Ann. Inst. Pasteur* 39, 1925, s. 298-351

САЙФЕРТ, Й. (Přírodovědecká fakulta UK, Praha). Экспериментальная экология — основа изучения биодинамики лесных почв. *Lesnictví*, 27, 1981 (4) : 361-369.

Из экологических факторов почвы на биодинамику лесных почв главным образом действуют содержание воды и температура почвы. Степенью действия почвенной воды является ее доступность для микробов, из чего вытекает необходимость характеризовать действие почвенной воды ее давлением всасывания. Автохтонная микрофлора почвы, в виде живущих бактерий на поверхности дисперсионных частиц почвы, вместе с давлением всасывания почвенной воды находится в уравновешенном состоянии, которое после каждого изменения давления всасывания восстанавливается. Повышение давления всасывания приводит к размножению бактерий и росту микробного сообщества, уменьшению и потом к отмиранию бактерий. Как рост, так и понижение приостанавливаются, как только восстановлено уравновешенное состояние между плотностью заселения почвы автохтонными бактериями и давлением всасывания. Поскольку плотность заселения почвы от давления всасывания задана соотношением $PB = q U^k$, изменение плотности заселения почвы автохтонными бактериями можно выразить следующим образом: $PB = q(U_a^k - U_b^k)$; где PB — число бактерий, U — давление всасывания, q и k — параметры уравнения, U_b — давление всасывания до изменения влажности и U_a — после изменения. Согласно нашим установлениям уравновешенное состояние между PB и давлением всасывания можно объяснить так, что давление всасывания определяет, какова часть площади поверхности дисперсионных частиц покрыта доступной водой, размер же этой площади является мерой жизненного пространства для автохтонной микрофлоры.

Продукция CO_2 прямо пропорциональна приросту микробной биомассы. Поэтому при изменении давления всасывания она меняется по тому же соотношению, как и при изменении давления всасывания продукции биомассы. Такое основное соотношение действительно и для зимогенной микрофлоры. Разность в том, что здесь продукция CO_2 находится в зависимости от времени линейно и рост биомассы от этого не зависит. Действие влажности и температуры на зимогенную микрофлору по существу такое же, так как оба фактора определяют скорость роста биомассы и продукции CO_2 . Наоборот, у автохтонной микрофлоры влажность стоит выше температуры. Температура в этом случае только определяет, как быстро достигается уравновешенное состояние.

микробиология лесоводства; лесные почвы; биодинамика; микрофлора

SEIFERT, J. (Přírodovědecká fakulta UK, Praha). *Experimental Ecology and Study of the Biodynamics of Forest Soils*. *Lesnictví*, 27, 1981 (4) : 361-369.

Biodynamics of forest soils is influenced mainly by two ecological factors of soil, by water content and by soil temperature. The availability of soil water to microbes reflects its effect, and therefore it is necessary to characterize the effect of soil water by its suction pressure. The autochthonous microflora of soil, represented by bacteria living on the surface of dispersion soil particles, is with the suction pressure of soil water at a balanced state which is resumed after every change of the suction pressure. After an increase in the suction pressure the bacteria multiply and microbial community is augmented; after a decrease in the suction pressure the bacteria die off. As soon as the balanced state of the population levels of autochthonous bacteria and suction pressure is resumed, both

growth and drop stop. As the population levels of soil microflora in relation to suction pressure are given by the equation $PB = q U^k$, a change in the population density of the autochthonous bacteria in soil can be expressed as follows: $PB = q (U_a^k - U_b^k)$. Where PB designates counts of bacteria, U suction pressure, and q and k are the parameters of the equation. U_b expresses the suction pressure before a change in the moisture, U_a after the change. According to the findings obtained during the study, the balanced state of bacterial counts PB and suction pressure can be explained as follows: by the suction pressure the size of the surface area of dispersion particles covered by available water is given, and the area of this size represents the living space of the autochthonous microflora.

CO_2 production is directly proportional to microbial biomass increment. Therefore it varies, at changed suction pressure, according to the same relation as biomass production is altered at changed suction pressure. This basic relation applies also to zymogenic microflora. The difference is that the CO_2 production as depending on time is linear and the biomass increment is not limited. The effect of moisture and temperature on the zymogenic microflora is equivalent because both factors influence the rate of the biomass increment and CO_2 production. On the other hand in the autochthonous microflora the action of moisture is superior to that of temperature. By the temperature it is given only how soon the balanced state is reached.

forest microbiology; forest soils; biodynamics; microflora

SEIFERT, J. (Přírodovědecká fakulta UK, Praha): *Experimentelle Ökologie als Grundlage des Studiums der Biodynamik von Waldböden*. Lesnictví, 27, 1981 (4): 361-369.

Unter den ökologischen Faktoren beeinflussen insbesondere Wassergehalt und Temperatur des Bodens die Biodynamik der Waldböden. Das Maß der Wirkung des Bodenwassers stellt seine Zugänglichkeit für die Mikroben dar und daraus ergibt sich als unumgänglich die Wirkung des Bodenwassers durch seine Saugspannung zu charakterisieren. Die autochthone Bodenmikroflora, die durch die an der Oberfläche der dispersen Bodenteilchen lebenden Bakterien repräsentiert wird, steht dauernd in einem Gleichgewichtszustand mit der Saugspannung des Bodenwassers, der nach jeder Saugspannungsveränderung wiederhergestellt wird. Die Saugspannungserhöhung führt zur Vermehrung von Bakterien und zum Wachstum der Mikrobenpopulation; die Herabsetzung hingegen zum Absterben von Bakterien. Sowohl das Wachstum als auch der Rückgang wird eingestellt, sobald der Gleichgewichtszustand zwischen der Besiedlungsdichte des Bodens durch autochthone Bakterien und der Saugspannung wiederhergestellt ist. Angesichts der Tatsache, daß die Abhängigkeit der Besiedlungsdichte des Bodens von der Saugspannung durch die Beziehung $PB = q U^k$ bestimmt wird, kann die Veränderung der Besiedlungsdichte des Bodens durch autochthone Bakterien wie folgt ausgedrückt werden: $PB = q (U_a^k - U_b^k)$, wo PB die Bakterienzahl, U die Saugspannung, q und k Parameter der Gleichung sind. U_b ist die Saugspannung vor, U_a nach der Veränderung der Bodenfeuchtigkeit. Nach unseren Ermittlungen kann der Gleichgewichtszustand zwischen PB und der Saugspannung dadurch erklärt werden, daß die Saugspannung bestimmt, wie groß der Anteil der Oberfläche der dispersen Bodenteilchen mit aufnehmbarem Wasser bedeckt ist, und die Größe dieser Fläche stellt ein Maß für den Lebensraum der autochthonen Mikroflora dar.

Die CO_2 -Produktion ist dem Anwachsen der mikrobiellen Biomasse direkt proportional. Sie verändert sich daher bei einer Veränderung der Saugspannung nach der gleichen Beziehung, nach der sich bei einer Saugspannungsveränderung die Produktion der Biomasse ändert. Diese Grundbeziehung gilt auch für die zymogene Mikroflora. Der Unterschied besteht darin, daß hier die CO_2 -Produktion in Abhängigkeit von der Zeit linear verläuft und das Anwachsen der Biomasse daher unbeschränkt ist. Die Einwirkung der Feuchtigkeit und der Temperatur auf die zymogene Mikroflora ist im wesentlichen gleichwertig, da beide Faktoren die Geschwindigkeit des Anwachsens der Biomasse und der CO_2 -Produktion bestimmen. Bei der autochthonen Mikroflora hingegen ist die Feuchtigkeit der Temperatur übergeordnet. Die Temperatur bestimmt hier lediglich, wie bald der Gleichgewichtszustand erreicht wird.

forstliche Mikrobiologie; Waldböden; Biodynamik; Mikroflora

En ce qui concerne les facteurs écologiques du sol, ce sont notamment la teneur en eau et la température du sol qui influencent la biodynamique des sols forestiers. Le coefficient d'action de l'eau de sol consiste dans son accessibilité pour les microbes et il en résulte par conséquent comme indispensable de caractériser l'action de l'eau de sol par sa pression d'aspiration. La microflore autochtone du sol qui est représentée par les bactéries vivant à la surface des particules dispersées de sol, se trouve avec la pression d'aspiration de l'eau de sol à l'état d'équilibre permanent, celui-ci se renouvelant après chaque variation de la pression d'aspiration. L'augmentation de la pression d'aspiration conduit à la multiplication des bactéries et à l'accroissement de l'association microbienne, la réduction de la pression d'aspiration conduisant au contraire au dépérissement des bactéries. L'augmentation aussi bien que la réduction de la pression d'aspiration s'arrêtent, du moment que l'état d'équilibre entre la densité du peuplement du sol par les bactéries autochtones et la pression d'aspiration est renouvelé. Compte tenu du fait que la densité du peuplement en fonction, de la pression d'aspiration, est donnée par le $PB = q U^k$, on peut exprimer la variation de la densité du peuplement du sol par les bactéries autochtones comme suit: $PB = q (U_a^k - U_b^k)$, où PB est le nombre de bactéries, U la pression d'aspiration et q et k les paramètres de l'équation. U_b est la pression d'aspiration avant la variation de l'humidité et U_a la pression d'aspiration après la variation. Selon nos constatations on peut expliquer l'état d'équilibre entre le PB et la pression d'aspiration de manière que la pression d'aspiration détermine quelle est la partie de la superficie des particules de dispersion qui est recouverte d'eau disponible et l'étendue de cette superficie est la mesure de l'espace vital pour la microflore autochtone.

La production du CO_2 est directement proportionnelle à l'accroissement de la biomasse microbienne. Elle varie par conséquent, lors de la variation de la pression d'aspiration, selon la même relation, selon laquelle varie, lors de la variation de la pression d'aspiration, la production de la biomasse. Cette relation principale est également valable pour la microflore zymogène. La différence ne réside que dans le fait qu'ici la production du CO_2 est, en fonction du temps, linéaire, la croissance de la biomasse n'étant pas par conséquent limitée. L'action de l'humidité et de la température sur la microflore zymogène est en somme équivalente, car les deux facteurs déterminent la vitesse de croissance de la biomasse et de production du CO_2 . Au contraire, dans la microflore autochtone, l'humidité est supérieure à la température. Celle-ci ne détermine ici que le moment de l'état d'équilibre obtenu.

microbiologie forestière; sols forestiers; biodynamique; microflore

Adresa autora:

RNDr. Jaromír Seifert, DrSc., Přírodovědecká fakulta UK, Viničná 7, 120 00 Praha 2

PÔDNO-MIKROBIOLOGICKÉ ASPEKTY SMREKOVÉHO, ZMIEŠANÉHO A BUKOVÉHO EKOSYSTÉMU

J. Školek, E. Bublinec

ŠKOLEK, J. — BUBLINEC, E. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná základňa B. Váh-Východná — Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Pôdno-mikrobiologické aspekty smrekového, zmiešaného a bukového ekosystému*. Lesníctví, 27, 1981 (4) : 371-382.

V pôde smrekového ekosystému pri najnižšom pH je najnižší počet väčšiny skupín mikroorganizmov (s výnimkou mikromycét). Podmienky pre rozkladné procesy (rozklad celulózy, produkcia CO_2) sú však najlepšie, čo súvisí s najvyšším množstvom živín (K_2O) a humusu (C_{ox} , C_{hl} a C_{r}). V bukovom ekosystéme je pri výrazne vyššom pH aj najväčší počet všetkých skupín mikroorganizmov. Výnimkou sú mikromycéty, ktoré sú zastúpené v najnižšom počte práve vplyvom veľkej konkurencie baktérií. Baktérie a aktinomycéty tu majú pre svoj rozvoj najlepšie podmienky. Rozkladné procesy v bukovom poraste však prebiehajú najpomalšie, pravdepodobne vplyvom výrazne nižšieho množstva živín a humusových látok. Zmiešaný ekosystém má stredné postavenie podľa podmienok pre rozklad celulózy. Podľa produkcie CO_2 z pôdy je blízky bukovému ekosystému, kým podľa počtu mikroorganizmov sa viac podobá smrekovému ekosystému. Treba však poukázať na najvyšší celkový počet mikromycét i celulólytických mikromycét v pôde tohto ekosystému. Pravdepodobne toto môže ovplyvňovať aj výrazne najvyšší rozklad celulózy v prirodzených podmienkach, ktorý sme zistili v jednom zo sledovaných rokov. V bohatom ekotope nebol zistený jednoznačný negatívny vplyv smrekovej monokultúry na pôdnochemické vlastnosti pôdy. Niektoré ukazovatele boli v porovnaní s prirodzeným bukovým ekosystémom zlepšené.

mikrobiológia lesnícka; buk; smrek; pôdne mikroorganizmy

V poslednej dobe opäť vzrastá význam výskumu lesných ekosystémov. Okrem iného to súvisí aj s tým, že väčšina suchozemskej fyto-masy sa sústreďuje v lesoch (až 82 %) a tieto produkujú z ročného prírastku fyto-masy Zeme takmer celú polovicu, t. j. $84,1 \cdot 10^9$ ton (čo je 49 %) aj keď zaberajú len 39 % plochy (Biskupský, 1975). Su-roviny, ktorých potreba neustále vzrastá a energiu potrebnú na ich spracovanie, bude musieť človek hľadať práve vo využití ročného prí-rastku fyto-masy v lese ako možného zdroja. Avšak zvyšovanie ročného prírastku v lesnom ekosystéme môžeme ťažko dosiahnuť, ak nepoznáme celý mechanizmus fungovania tohoto ekosystému.

Jednou z veľmi dôležitých zložiek lesného ekosystému je pôda, kde sa živé prelína s neživým. Živú zložku pôdy tvorí prevažne mikroeda-fón. V ňom sú najpočetnejšie baktérie, aktinomycéty a mikromycéty. Preto sa budeme ďalej venovať týmto skupinám mikroorganizmov so zameraním sa na ich vzťah k chemizmu pôdy v zmiešanom, smrekovom a bukovom ekosystéme v Chočských vrchoch.

Mikrobiologické i chemické vlastnosti sme sledovali komplexne zo vzoriek pôdy, ktoré sme odoberali počas dvoch rokov (v roku 1973 v máji, auguste a októbri a v roku 1974 v marci, máji, júli, septembri a novembri) z minerálnej vrstvy pôdy v hĺbke 3 až 8 cm, teda prakticky z humusového horizontu A, systematickým odberom s rozsahom $n = 5$. Každú vzorku sme získali z otvoreného zákopku ako priemer z čelnej strany s dĺžkou 100 cm.

Pri mikrobiologických analýzach sme použili tieto metódy: Celkový počet baktérií sme zistili kultiváciou na Thorntonovom agare, mikromycéty na Czapkovi agare o $pH = 5$, aktinomycéty na neutrálnom Czapkovi agare (Drobník a kol., 1957); bakteriálne rozkladače celulózy na kremičitých géloch podľa Vinogradského (1952) určené podľa kľúča Seiferta (1947), celkový počet rozkladačov celulózy na Puškinskej agare (Puškinskaja 1954).

Produkcia CO_2 bola určená titračne za 24 h počas 14 dní (Bernát, Seifert 1955), aeróbny rozklad celulózy makroskopicky Christensenovou metódou (Ebringer a kol. 1963).

Na zisťovanie počtu mikroorganizmov sme používali Petriho misky s priemerom 10 cm s naočkovaním pôdnej suspenzie vhodného zriedenia na živné agarové prostredie. Vzorku pôdy sme v kašovitom stave 5 minút rozotierali a potom dispergovali. Mikrobiálne procesy sme sledovali v zemine navlhčenej na 60 % MKK, pri rozklade celulózy aj na 100 % MKK, pri teplote $27 \pm 1^\circ C$.

Pre chemické analýzy sme použili tieto metódy: Celkový dusík sme zisťovali podľa Kjeldahla, hodnotu S podľa Kappena, T-hodnotu podľa Bobko-Askinaziho v Alešinovej modifikácii, pôdnu reakciu multiskopom, prístupný fosfor podľa Egnera, prístupný draslík podľa Schachtschabela, celkový uhlík (C_{ox}) a rozpustný uhlík (C_r) v 0,1n NaOH; humínové kyseliny (Chi) podľa Turina.

CHARAKTERISTIKA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

Výskum sme robili v lesných porastoch v strednej časti Chočských vrchov na úpätí Magury (1170,5 m n.m.), severozápadne od kúpeľov Lúčky v nadmorskej výške 800 m. Pôdy patria do pôdneho subtypu hnedá pôda karbonátová na kamenitom delúviu slienitého vápenca. Všetky tri sledované porasty patria do jedného lesného typu, a to nízko-bylinná jedľová bučina n. st. zo skupiny lesných typov *Abieto-Fagetum* (nižší stupeň).

Jednotlivé porasty možno charakterizovať takto: 1. Smrekový porast (sm 100 %, jd⁺) so zakmenením 0,9–1,0 a so zápojom 95–100 %. Vek 80–100 rokov, exp. JV, sklon 15–20° (obr. 1). 2. Zmiešaný porast s ideálnym zmiešaním drevín sm 20–30 %, smc 20–25 %, bk 20–



1. Pohľad do smrekovej monokultúry. — Spruce monoculture

2. Zmiešaný porast s rovnomerným zastúpením najdôležitejších porastotvorných drevín pásma jedľobučín. — Mixed forest stand with even proportions of the most important tree species of the fir-beech tier



—25 %, bo 20 %, jd⁺. Vek 60—100 rokov, zakmenenie 0,9; zápoj 90 %, exp. JV, sklon 15—20° (obr. 2). 3. Bukový porast so zastúpením drevín bk 80—90 %, jvh 5—10 %, sm 0—10 %, jd⁺. Vek 60—120 rokov, zakmenenie 0,5—0,6, zápoj 80—100 %, exp. JV, sklon 20° (obr. 3).

Veľkosť plôch, na ktorých sme vzorky odoberali bola 2000 až 2500 m². Plochy sa nachádzali na rovnomernom svahu v bezprostrednej blízkosti (vzdialenosť krajných plôch bola približne 100 m).

Po klimatickej stránke patrí skúmané územie do mierne chladného okrsku C₁.

POROVNATELNOSŤ SKÚMANÝCH PLÔCH

Základnou podmienkou pri štúdiu vplyvu dreviny na vlastnosti pôd je dobrá porovnateľnosť sledovaných plôch. Podľa stavu súčasných metodických poznatkov nemožno sa tu uspokojiť len s tým, že sledované plochy majú rovnaké reliéfno-geografické charakteristiky (expozícia, sklon, nadmorská výška a z toho vyplývajúce klimatické činitele), ale aj rovnaké pôdne vlastnosti. Pri ich posudzovaní sa pritom nesmieme uspokojiť len s terénnym a okulárnym zhodnotením. Musíme sa oprieť aj o laboratórne analýzy, príp. o ich matematicko-štatistické posúdenie. Doterajšie skúsenosti ukazujú, že práve vlastnosti pôdy patria



3. Prirodzený bukový ekosystém tvoril základný článok bioekosérie. — Natural beech ecosystem was the basic member of the bioecoseries

medzi najvariabilnejšie zložky lesných ekosystémov. Rovnaké charakteristiky pôdotvorného materiálu, najmä rovnaký primárny obsah živín, je *conditio sine qua non* pre porovnávanie vplyvu lesných ekosystémov rozličného zloženia na pôdno-mikrobiologické vlastnosti. Túto základnú podmienku treba pri takto založených výskumoch neustále zdôrazňovať a rešpektovať. My sme sa zamerali najmä na porovnanie povrchových vrstiev pôdy, v ktorých výskum prebiehal, a v ktorých sa dajú očakávať najväčšie zmeny pôdno-mikrobiologických vlastností. Pritom pre testovanie rozdielov medzi plochami treba vybrať najstabilnejšie znaky pôdy (napr. zrnitosť, indexné kysličníky a pod.), o ktorých predpokladáme, že sa menia len v priebehu dlhého časového obdobia.

V našom prípade na podopretie dobrej porovnateľnosti pôd uvádzame celkový obsah živín v humusovom horizonte (horizont A) minerálnej pôdy, v ktorom boli sledované aj ostatné interpretované vlastnosti:

porast	smrekový	zmiešaný	bukový
P ₂ O ₅ v %:	0,16	0,18	0,18
K ₂ O v %:	2,31	2,26	2,34
CaO v %:	1,72	1,58	1,87
MgO v %:	1,81	2,02	2,02

Z prehľadu je na prvý pohľad zreteľná veľká podobnosť obsahu jednotlivých živín v skúmaných ekosystémoch, a to napriek tomu, že ide o vrstvu, ktorá je najviac ovplyvnená zložením lesného porastu. Rozdiely sú len malé a nesystematické. Potvrdzujú veľkú jednotnosť pôdotvorného substrátu, ktorú sme zistili pri hodnotení stabilnejších charakteristík pôdy (Bublinc 1975).

VÝSLEDKY

STAV NIEKTORÝCH PÔDNYCH VLASTNOSTÍ V SLEDOVANÝCH EKOSYSTÉMOCH

Mikrobiálne vlastnosti pôdy ovplyvňuje predovšetkým množstvo a kvalita rastlinných zvyškov. Preto v ďalšom texte a v tabuľkách podáme obraz o organickej zložke pokryvného humusu (horizont A₀) a humusového horizontu minerálnej pôdy (horizont A).

Z tabuľky I je zrejmé, že v smrečine je najvyššia hmotnosť pokryvného humusu, jeho najmenšia hrúbka a najväčšia uľahnutosť, vyjadrená hmotnosťou vrstvy o hrúbke 1 cm na ploche 1 ha. Veľkosť rozdielov je v porovnaní s bučinou štatisticky preukazná, na rozličných hladinách významnosti (95 až 99,9 %). Podobne možno hovoriť aj o jeho kyslosti a forme určenej na základe terénneho prieskumu. Naproti tomu kvalita humusu v horizonte A₀, posudzovaná podľa pomeru C/N, je v bukovom ekosystéme najhoršia. Môžeme to konštatovať aj o obsahu všetkých živín (dusík, fosfor, draslík, horčík, síra, okrem vápnika), na ktoré je pokryvný humus pod smrekovou monokultúrou najbohatší. Zmiešaný porast zaberá pritom stredné postavenie, avšak svojimi vlastnosťami sa blíži skôr k smrečine.

I. Niektoré vlastnosti pokrývného humusu A₀. — Some properties of the surface humus of A₀

Ekosystém		smrekový	zmiešaný	bukový
Hrúbka v cm		4,4	6,5	6,7
Hmotnosť (t na ha)		40 t	33 t	23 t
Uľahnutosť (t.cm ⁻¹ na ha)		9,1	5,1	3,5
Forma		4,5 (3-mullový moder;	4,7 4-typický;	3,4 5-surový moder)
C/N		34	36	39
pH v KCl		4,0	3,9	4,7
N	v %	0,75	0,73	0,66
P		0,07	0,07	0,06
K		0,21	0,17	0,18
Ca		1,07	1,16	2,05
Mg		0,26	0,24	0,25
S		0,10	0,10	0,09

II. Niektoré vlastnosti horizontu A. — Some properties of horizon A

Ekosystém		smrekový	zmiešaný	bukový
Hrúbka horizontu A v cm		10,5	11,7	11,5
pH v KCl		4,4	4,6	5,1
Nt v %		0,39	0,36	0,39
P ₂ O ₅ v ppm		165	148	145
K ₂ O v ppm		229	217	183
CaCO ₃ v %		0,00	0,00	0,13
Ct v %		6,9	6,3	6,1
C/N		18	18	16
Zásoba vody v 30cm vrstve (t na ha)		971	764	881

Niektoré vlastnosti humusového horizontu minerálnej pôdy uvádzame v tabuľke II. Smrekový ekosystém charakterizuje predovšetkým menšia hrúbka humusového horizontu (nepreukazuje) a väčšia kyslosť ($P = 99 \%$). Naproti tomu je v ňom preukazne viac ($P = 99,9 \%$) prístupného draslíka, uhlíka ($P = 95 \%$), prístupného fosforu a vody v kritickom letnom období. Zmiešaný ekosystém napriek svojej veľkej diverzibilite so zastúpením piatich druhov drevín nemá z hľadiska pohľadu na pôdne vlastnosti veľkú stabilitu. Tieto v porovnaní s ostatnými skúmanými porastmi dosahujú stredné, minimálne, ale aj maximálne hodnoty.

Z interpretovaných výsledkov je zrejmé, že nemožno hovoriť o jednoznačnom zhoršovaní pôdných vlastností pod smrekovými ekosystémami a opačne, listnatý porast v našom objekte nevykazuje jednoznačne priaznivý účinok na pôdu. Aj tie vlastnosti pôdy, pri ktorých sme očakávali najväčšie zhoršenie, ako je obsah prístupných živín a dusíka, nie sú pod ihličnatými ekosystémami univerzálne zhoršené, skôr naopak. Ukazuje sa, že doterajší jednoznačný pohľad na ihličnaté a listnaté ekosystémy z hľadiska pôdy neobstojí a bude ho potrebné revidovať. To je možné tvrdiť o všetkých (viac ako štyridsiatich) pôdných vlastnostiach a charakteristikách, ktoré boli na modelovom objekte sledované.

POČTY MIKROORGANIZMOV

Celkový počet mikroorganizmov (priemerný počet za obidva sledované roky) je rovnaký v zmiešanom i v smrekovom poraste. Výrazne vyšší je v bukovom poraste. Ako vidieť z tabuľky III, celkový počet mikroorganizmov ovplyvňuje pôdna reakcia, resp. aj stupeň sorpčného nasýtenia pôdy. Ešte lepšie to vidieť z výsledkov z roku 1974 (tabuľka IV).

Na počet baktérií v smrekovom i bukovom poraste vplyva aj pH. V zmiešanom poraste tento vplyv zastiera konkurencia mikromycét, ktorých dvojnásobný počet sa oproti ostatným porastom prejavuje vo výraznom znížení množstva baktérií (tabuľka III).

III. Vplyv pH na počet pôdných mikroorganizmov (priemer za 2 roky). — pH effect on the counts of soil microorganisms (the average for two years)

Porast	smrekový	zmiešaný	bukový
pH	5,1	5,3	5,8
V %	76	78	85
Celkový počet mikroorganizmov v mil. na g	6,8	6,8	9,1
Počet baktérií v mil. na g	6,0	5,5	7,5
Počet mikromycét v mil. na g	0,15	0,34	0,13
Počet aktinomycét v mil. na g	0,67	0,91	1,46

IV. Vplyv pH, Cr a C/N na počet mikrorganizmov. — The effect of pH, Cr and C/N on the counts of microorganisms

Porast	smrekový	zmiešaný	bukový
pH	5,1	5,3	5,8
Cr (%)	2,75	2,49	1,92
C/N	16,6	16,5	15,5
Celkový počet mikroorganizmov v mil. na g	9,0	9,2	11,2
Celkový počet rozkladačov celulózy v mil. na g	0,14	0,20	0,21
Počet celulolytic. baktérii v % kol. vyrastených z hrudiek	2	3	8
Počet celulolytic. mikromycét v % kol. vyrastených z hrudiek	8	13	0
<i>Cellfalcicula ochracea</i> v % kol. vyrastených z hrudiek	0	1	7

Najvýraznejšie ovplyvňuje pôdna reakcia počet aktinomycét, ktorý stúpa so zvyšujúcim sa pH od smrekového cez zmiešaný po bukový porast. Takto je v bukovom poraste ich počet až o 100 % vyšší ako v smrekovom, pri zvýšení pH o 0,6.

Aj keď možno badať určitú súvislosť poklesu počtu mikromycét so zvýšením pH v bukovom poraste oproti smrekovému, tento vplyv bude zrejme nižší ako vplyv konkurencie baktérií.

Celkový počet rozkladačov celulózy sa zvyšuje so zlepšovaním kvality humusu (podľa pomeru C/N), zvyšovaním pH a znižovaním rozpustného uhlíka v bukovom poraste oproti smrekovému (tabuľka IV). V zmiešanom poraste, vzhľadom na pH, C/N a Cr, je počet rozkladačov celulózy pomerne vysoký, podobne ako je vysoký aj počet celkových a celulolytických mikromycét (tabuľky III, IV).

Veľmi výrazne sa odráža vplyv pH v počte celulolytických baktérií, ako aj v zastúpení *Cellfalcicula ochracea*, ktorý patrí medzi najlepšie bakteriálne rozkladače celulózy. Zvyšovaním pH od smrekového cez zmiešaný po bukový porast sa zväčšuje množstvo celulolytických baktérií a zvyšuje sa zastúpenie druhu *Cellfalcicula ochracea*. Podobnú súvislosť možno vidieť aj so zmenami kvality humusu medzi porastmi (tabuľka IV).

MIKROBIÁLNE PROCESY

Rozklad celulózy pri navlhčení pôdy na 100 % maximálnej kapilárnej vodnej kapacity (vtedy je najvyššia intenzita rozkladu v laboratórnych podmienkach) prebiehal najrýchlejšie v smrekovom poraste, v zmiešanom pomalšie a v bukovom najpomalejšie (tabuľka V). Tieto rozdiely súvisia s množstvom prístupného draslíka, ktoré sa znižuje

od smrekového porastu po bukový. Podobne možno badať pokles množstva rozpustného uhlíka a prvej frakcie humínových kyselín (tabuľka V).

V. Vplyv Ch_1 , Cr a K_2O na intenzitu rozkladu celulózy v laboratórnych podmienkach. — The effect of Ch_1 , Cr and K_2O on the rate of cellulose breakdown under laboratory conditions

Porast	smrekový	zmiešaný	bukový
Ch_1 (%)	0,90	0,82	0,57
Cr (%)	2,75	2,49	1,92
K_2O v mg. 100 g ⁻¹	22,1	20,0	17,2
Rozklad celulózy (100 % rozložené za uvedený počet dní)	24	30	34

Medzi intenzitou rozkladu celulózy a množstvom rozpustného uhlíka sme pri podrobnejšom vyhodnotení ich dynamiky zistili pozitívnu koreláciu (Školek 1978). Najtesnejšia korelácia bola v zmiešanom poraste ($r = 0,908$), menej tesná v smrekovom ($r = 0,785$) a najmenej v bukovom ($r = 0,588$).

VI. Vplyv celkového uhlíka (C_{ox}) na produkciu CO_2 z pôdy (priemer za 2 roky). — The effect of total carbon (C_{ox}) on CO_2 production from soil (the average for two years)

Porast	smrekový	zmiešaný	bukový
C_{ox} (%)	7,81	6,89	6,69
Produkcia CO_2 z pôdy v mg. 100 g ⁻¹ za 14 dní	777	695	674

Podobne ako pri rozklade celulózy bola produkcia CO_2 z pôdy v laboratórnych podmienkach najvyššia v smrekovom poraste, nižšia v zmiešanom a najnižšia v bukovom poraste. Rozdiely medzi nimi sú podmienené obsahom celkového uhlíka v pôde (tabuľka VI). Podrobnejším zhotovením vzťahu medzi produkciou CO_2 a obsahom celkového uhlíka v pôde sme zistili veľmi tesnú korelačnú závislosť ($r = 0,969$ — Školek 1979).

ZÁVER

Skúmané lesné ekosystémy možno charakterizovať takto: V pôde smrekového ekosystému pri najnižšom pH je najnižší počet mikroorganizmov väčšiny skupín (s výnimkou mikromycét). Podmienky pre rozkladné procesy (rozklad celulózy, produkcia CO_2) sú tu však najpriaznivejšie, čo súvisí s najvyšším množstvom živín (K_2O) a humusu (C_{ox} , Ch_1 a Cr).

V bukovom ekosystéme je pri výrazne vyššom pH aj najväčší počet mikroorganizmov všetkých skupín. Výnimkou sú mikromycéty, ktoré sú zastúpené v najnižšom počte práve vplyvom veľkej konkurencie baktérie. Baktérie a aktinomycéty tu majú pre svoj rozvoj najlepšie podmienky. Rozkladné procesy v bukovom poraste však prebiehajú najpomalšie, pravdepodobne vplyvom výrazne nižšieho množstva živín a humusových látok.

Zmiešaný ekosystém má podľa podmienok pre rozklad celulózy stredné postavenie. Podľa produkcie CO₂ z pôdy je blízky bukovému ekosystému, kým podľa počtu mikroorganizmov sa viac podobá smrekovému. Treba však poukázať na najvyšší celkový počet mikromycét i celulolytických mikromycét v pôde tohto ekosystému. Pravdepodobne toto môže ovplyvňovať aj výrazne najvyšší rozklad celulózy v prirodzených podmienkach, ktorý sme zistili v jednom zo sledovaných rokov (rok 1974, Š k o l e k 1978).

Nakoniec považujeme za potrebné ešte raz zdôrazniť, že pre porovnávací výskum metódou paralelných plôch je potrebné otestovať ich porovnateľnosť. Týka sa to predovšetkým pôdy, ktorej jednotlivé zložky určujú dynamiku ekologicke-produkčných a mikrobiologických vlastností rozličných lesných ekosystémov. K doterajším výskumom treba ešte poznamenať, že hoci v súčasnosti máme už mnoho údajov o pôdach v lesných ekosystémoch, tieto sú nekompletné. Preto, aby sa v riešení tohto problému dosiahol ďalší pokrok, treba podľa nášho názoru zamerať ďalší výskum na menší počet objektov a na nich sledovať čo najväčší počet pôdných a mikrobiologických vlastností a charakteristík.

Došlo dne 20. 8. 1980

Literatúra

1. BERNÁT, J. — SEIFERT, J.: Biologická aktivita pôd. Biológia (Bratislava), 10, 1955, s. 285-293
2. BISKUPSKÝ, V.: Prvý medzinárodný kongres o ekológii. Lesnícky časopis, 21, 1975, s. 405-407
3. BUBLINEC, E.: Pôdotvorný vplyv lesných porastov v zóne jedľobučín. ZS, VÚLH Zvolen, 1975, 112 s.
4. DROBNÍK, J. a kol.: Praktikum z pôdnej mikrobiológie. SPN Praha 1957
5. EBRINGER, L. a kol.: Mikrobiologické praktikum. SPN Bratislava, 1963, 121 s.
6. PUŠKINSKAJA, O. I.: K metodike količestvennogo učeta mikroorganizmov sposobnyh razlagať kletčatku v počve. Mikrobiologija, Moskva, 23, 1954, s. 34-36
7. SEIFERT, J.: Celulosové bakterie v pôdách lesných porastů. Sborník ČAZ, Praha, 20, 1947, s. 213-221
8. ŠKOLEK, J.: Rozklad celulózy v pôde kvetnatých bučín Chočských vrchov. Kand. diz. práca, Ústav exp. biológie a ekológie SAV Bratislava, 1978, 121 s.
9. ŠKOLEK, J.: Produkcia kyslíčnika uhličitého z pôd niektorých lesných porastov. Biológia Bratislava, 34, 1979, s. 283-294
10. VINOGRADSKIJ, S. N.: Mikrobiologija. Problemy i metody. Moskva, 1952, 789 s.

ШКОЛЕК, Й. — БУБЛИНЕЦ, Е. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná stanica B. Váh - Východná — Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). Почвенно-микробиологические аспекты еловой, смешанной и буковой экосистемы. Lesnictví, 27, 1981 (4): 371-382.

Исследование проводилось во время вегетационного периода в течение 2 лет в горизонте А₀ и А бурой карбонатной почвы на высоте 800 м н. у. м. Сравнимые экосистемы имели равные все характеристики кроме древесного состава. Оказалось, что в почве еловой экосистемы при минимальной pH имеется самое малое число большинства групп микроорганизмов (за исключением микромицетов). Условия для процессов разложения (разложение целлюлозы, продукция CO₂), однако, здесь самые хорошие, что касается максимального количества питательных веществ (K₂O) и гумуса (C_{ox}, C_{hl} и C_r).

В буковой экосистеме при слишком высоком pH имеется также максимальное число всех групп микроорганизмов. Исключение составляют микромицеты, численность которых, именно, под влиянием большой конкуренции бактерий, минимальна. Бактерии и актиномицеты имеют здесь наилучшие условия для своего развития.

Процессы разложения в буковом насаждении, однако, протекают медленнее всего, вероятно, из-за влияния явно пониженного количества питательных и гумусных веществ.

Смешанная экосистема занимает среднее положение согласно условиям для разложения целлюлозы. Согласно продукции CO₂ из почвы она приближается к буковой экосистеме, а по числу микроорганизмов больше подобна еловой экосистеме. Однако, стоит здесь отметить самое большое общее число микромицетов и целлюлолитических микромицетов. Вероятно, это может обуславливать максимальное разложение целлюлозы в пригодных условиях, установленное нами в одном из изучаемых лет.

Необходимо подчеркнуть, что на богатом месте произрастания не было установлено однозначного отрицательного влияния еловой монокультуры на почвенно-химические свойства почвы. Некоторые показатели по сравнению с естественной буковой экосистемой были улучшены (доступный калий и фосфор, содержание гумуса, содержание N, P, K, Mg, S в А₀ и его соотношение C/N, запасы воды, разложение целлюлозы, продукция CO₂), некоторые ухудшены (pH, меньше всего CaCO₃, меньше глубина горизонта А и его соотношение C/N, ухудшена форма А₀ и меньше содержание кальция в нем).

микробиология леса; бук; ель; почвенные микроорганизмы

ŠKOLEK, J. — BUBLINEC, E. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná stanica B. Váh-Východná — Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Pedo-microbiological Aspects of the Spruce, Mixed and Beech Ecosystem*. Lesnictví, 27, 1981 (4): 371-382.

Research was conducted in the course of the growing season for two years in horizons A₀ and A of carbonate brown forest soil at the altitude of 800 m. All characteristics, except tree species composition, of the studied ecosystems were identical. It was found that the lowest share of most groups of microorganisms (except micromycetes) occurred in soil of the spruce ecosystem at the lowest pH. The conditions for decomposing processes are best at such localities (cellulose decomposition, CO₂ production), which is related with the highest levels of nutrients (K₂O) and humus (C_{ox}, C_{hl} and C_r).

In the beech ecosystem all groups of microorganisms dominate at significantly higher pH. Micromycetes are the exception for their portion is lowest as a result of the great competition of bacteria. Bacteria and actinomycetes develop best at these localities.

Decomposing processes in the beech stand take place in the slowest manner, probably due to lower levels of nutrients and humus substances.

The position of the mixed ecosystem can be designated as medium according to the conditions of cellulose breakdown. By CO₂ production from soil it approaches the beech ecosystem while by the microorganism counts it is similar to the spruce ecosystem. The highest total number of micromycetes and cellulolytic micromycetes in soil of this ecosystem should be referred to. Probably the markedly highest rate of cellulose breakdown under natural conditions can be influenced by this factor which was observed in one of the years under study.

It should be noted that at the rich locality no explicit negative influence of spruce monoculture on the pedo-chemical properties of soil was observed. Some characters improved, in comparison with the beech ecosystem (available potassium

and phosphorus, humus content, N, P, K, Mg, S content in A₀ and the C/N ratio, water reserve, cellulose decomposition, CO₂ production), some characters deteriorated (pH, less CaCO₃, lower thickness of horizon A and the C/N ratio, worse A₀ form and its lower calcium content).

forest microbiology; beech; spruce; soil microorganisms

ŠKOLEK, J. — BUBLINEC, E. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná stanica B. Váh-Východná — Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Bodenmikrobiologische Aspekte eines Fichten-, eines Mischwald- und eines Buchenökosystems*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 371-382.

Die Untersuchungen wurden im Laufe der Vegetationsperiode während 2 Jahren im A₀ und A — Horizont einer karbonatreichen Parabraunerde in 800 m Höhe ü. d. M. durchgeführt. Die verglichenen Ökosysteme hatten gleiche Eigenschaften ausschließlich der Holzartenzusammensetzung. Es wurde festgestellt, daß im Boden des Fichtenökosystems bei niedrigstem pH die niedrigste Zahl der meisten Mikroorganismengruppen (außer Mikromyceten) vorkommt. Die Bedingungen für Zersetzungsprozesse (Zellulosezerersetzung, CO₂-Produktion) sind hier jedoch am günstigsten, was mit dem höchsten Nährstoff- (K₂O-) und Humusgehalt, (C_{ox}, C_{hl} und C_r) zusammenhängt.

Im Buchenökosystem kommt bei wesentlich höherem pH auch die höchste Zahl aller Mikroorganismengruppen vor. Eine Ausnahme stellen die Mikromyceten dar, die in niedrigster Zahl vertreten sind, und zwar eben durch den Einfluß starker Konkurrenz von Bakterien. Die Bakterien und Aktinomyceten finden hier die günstigsten Bedingungen für ihre Entwicklung. Die Zersetzungsprozesse im Buchenbestand verlaufen am langsamsten, wahrscheinlich durch den Einfluß einer wesentlich niedrigeren Nährstoff- und Humusstoffmenge.

Das Mischwaldökosystem weist hinsichtlich der Bedingungen für die Zellulosezerstörung es dem Buchenökosystem nahe, während es hinsichtlich der Mikroorganismenzahl eher dem Fichtenökosystem ähnlich ist. Es muß jedoch auf die höchste Zahl zersetzung eine Mittelstellung auf. Hinsichtlich der CO₂-Produktion aus dem Boden von Mikromyceten und zellulolytischen Mikromyceten im Boden dieses Ökosystems hingewiesen werden. Diese Tatsache kann wahrscheinlich auch die ausgeprägt höchste Zellulosezerstörung unter natürlichen Bedingungen beeinflussen, die wir in einem der Untersuchungsjahre festgestellt haben.

Es muß unterstrichen werden, daß auf dem reichen Standort kein eindeutig negativer Einfluß der Fichtenmonokultur auf die bodenchemischen Eigenschaften des Bodens festgestellt werden konnte. Einige Indexe waren im Vergleich mit dem natürlichen Buchenökosystem verbessert (aufnehmbares Kalium und Phosphor, Humusgehalt, N-, P-, K-, Mg-, S-Gehalt im A₀ und sein C/N-Verhältnis, Wasservorräte, Zellulosezerstörung, CO₂-Produktion), andere verschlechtert (pH, weniger CaCO₃, geringere Mächtigkeit des A-Horizontes und sein C/N-Verhältnis, verschlechterte A₀-Form und sein niedrigerer Kalziumgehalt).

forstliche Mikrobiologie; Rotbuche; Fichte; Bodenmikroorganismen

ŠKOLEK, J. — BUBLINEC, E. (Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná stanica B. Váh-Východná — Výskumný ústav lesného hospodárstva, Zvolen). *Les aspects microbiologiques de sol de l'écosystème d'épicéa, de hêtre et de peuplement mélangé*. Lesnictví, 27, 1981 (4) : 371-382.

La recherche a été effectuée au cours du cycle végétatif durant deux ans, au niveau de l'horizon A₀ et A de sol brun carbonaté à une altitude de 800 mètres. Toutes les caractéristiques des écosystèmes comparés sont égales, à l'exception de la structure des essences. Il a été identifié que dans le sol d'écosystème d'épicéa le nombre de la plupart des groupes de microorganismes (à l'exception des micro-mycètes) est le plus faible quand son pH est le plus faible. Les conditions pour les processus de décomposition (décomposition de la cellulose, production du CO₂) sont ici cependant les meilleures, ce qui est en relation avec le volume le plus grand de matières nutritives (K₂O) et d'humus (C_{ox}, C_{hl} et C_r).

Dans l'écosystème de hêtre le nombre de tous les groupes de microorganismes est le plus élevé pour un pH nettement supérieur. L'exception font les micromy-

cètes qui ne sont représentés qu'en nombre le moins élevé, justement par suite de l'influence d'une grande concurrence des bactéries. Les actinomycètes et les bactéries ont ici pour leur développement les meilleures conditions.

Les processus de décomposition dans le peuplement de hêtre ne se déroulent pas cependant le plus lentement, probablement par suite de l'influence d'un volume nettement plus faible de matières nutritives et de matières humiques.

En considération des conditions pour la décomposition de la cellulose, l'écosystème mélangé occupe une position moyenne. Vu la production du CO_2 à partir du sol, il est proche de l'écosystème de hêtre, compte tenu cependant du nombre de microorganismes, il ressemble plus à l'écosystème d'épicéa. Cet état de choses peut être influencé par la décomposition sensiblement la plus élevée de la cellulose dans les conditions naturelles, ce que nous avons constaté dans une des années suivies.

Il est nécessaire de souligner que sur la station riche n'a pas été identifiée l'influence négative univoque de la monoculture d'épicéa sur les propriétés chimiques du sol. Comparativement à l'écosystème de hêtre naturel, certains des indicateurs étaient améliorés (potassium et phosphore disponibles, teneur en humus, teneur en N, P, K, Mg, S dans A_0 et son rapport C/N, réserves en eau, décomposition de la cellulose, production du CO_2) et certains autres détériorés (pH, moins de CaCO_3 , épaisseur moindre de l'horizon A et son rapport C/N, forme détériorée de A_0 et teneur moindre en calcium dans cette dernière).

microbiologie forestière; hêtre; épicéa; microorganismes de sol

Adresy autorů:

Ing. Jozef Školek, CSc., Ústav experimentálnej biológie a ekológie SAV, Výskumná základňa B. Váh, 032 32 Východná

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

MIKROBIOLOGICKÉ ASPEKTY LESNÍHO EKOSYSTÉMU. 1980, PRAHA

Lesnická tematika nebyla v Čs. společnosti mikrobiologické při ČSAV dosud v širším rozsahu diskutována. Proto Komise půdní mikrobiologie Společnosti uspořádala dne 24. dubna 1980 v Praze seminář na téma Mikrobiologické aspekty lesního ekosystému. Přítomní odborníci, většinou mikrobiologové, vyslechli osm přednášek, které — kromě úvodní s víceméně historickou náplní — přinesly výsledky nových a původních šetření v tomto oboru.

Seminář stručně uvedl F. Kunc. Sérii přednášek pak zahájil O. Langkramer, který se zabýval vývojem půdní a speciálně lesnické mikrobiologie od jejich začátku a zvláště jejím velkým rozvojem po II. světové válce až do současné doby. Naznačil hlavní tematické okruhy bádání: respirace, rozklad celulózy, enzymatická aktivita půd, koloběh N, přeměny humusu, vliv pesticidů na půdní mikroflóru, mykorrhiza lesních dřevin, působení průmyslových imisí na biotickou půdní složku, mikrobiologická charakteristika půdních a lesních typů atd. Autor též uvedl vědecká a výzkumná pracoviště, která se nejvíce zasloužila o rozvoj lesnické půdní mikrobiologie. Zmínil se též o výuce lesnické mikrobiologie na lesnických fakultách v ČSSR a konstatoval, že tento předmět se již 20 let nepřednáší samostatně, jistě k velké škodě samotného oboru i vzhledem k tomu, že studenti lesnických fakult jsou ochuzeni o určitý důležitý úsek znalostí biologie půdy.

Působením vody a jejího sacího tlaku na biodynamiku lesních půd se zabýval J. Seifert. V příspěvku uvedl zajímavé matematické vztahy hustoty osídlení půdy k sacímu tlaku půdní vody. Zjistil, že i produkce CO_2 závisí na změně sacího tlaku a je přímo úměrná nárůstu mikrobiální biomasy.

Mikromycety a jejich význam pro lesní půdy byly předmětem sdělení J. Bernáta. Tato významná složka mikrobiocenózy má svým rozsahem často určující úlohu pro lesní půdu a v ní probíhající přeměny organické hmoty.

Výsledky šetření ve smrkovém a smíšeném ekosystému předložili J. Školek a E. Bublinec. Zjistili přímou

závislost koncentrace většiny mikrobiálních skupin (kromě mikromycet) na stupni pH. Destrukční procesy probíhaly nejlépe ve smrkovém porostu. V bohatém ekotopu nezjistili jednoznačně negativní vliv smrkové monokultury na chemické vlastnosti půdy.

Významným speciálním problémem se zabýval ve svém příspěvku Z. Ambrož. Sledoval enzymatický půdní komplex v ekosystému lužního lesa na plochách se zvláštním gradientem vlhkosti. Zjistil, že krajní hodnoty vlhkosti byly mezním faktorem enzymatické aktivity. Souvislost enzymatických reakcí s látkovými přeměnami v půdě prokázal mezi aktivitou karbohydráz a obsahem redukujících cukrů.

Jiným směrem vedly studie ekosystému lužního lesa, které uskutečnil B. Grunda. Výsledky svých šetření uvedl v přehledu hlavních metodických vodítek při výzkumu saprotrófní mikroflóry a v příkladech uplatnění použitých metod. Kromě kvantitativní a kvality mikrobiální cenózy sledoval koloběh C a N; humusové poměry charakterizoval pomocí C:N, frakcionací a respiračním testem stability. Autor ve svém referátu též zdůraznil, že při ekosystémových studiích je nutná týmová spolupráce různých odborníků.

Příspěvek J. Lhotského a M. Vinšové se zabýval mikrobiologickými a chemickými testy k poznání účinku melioračních dávek vápence na regradaci látkové přeměny v půdě degračního stadia lesního ekosystému. Vápenec příznivě ovlivňoval rozvoj a mineralizační aktivitu půdní mikroflóry, uvolňování uhlíku ze surového humusu a další pozitivní procesy. Mikrobiologické a biochemické testy se osvědčily jako spolehlivé globální kritérium degračních, resp. regradčních procesů látkové přeměny v půdě.

Speciální problém rozebral ve svém příspěvku A. Lettl, který uvedl rozsáhlý přehled literatury o ekologii thio-bacilů. Propojil a konfrontoval je s vlastními výsledky stanovení různých forem síry v půdě předešlým smrkovým porostům ohrožených nebo zasaže-

ných a poškozených průmyslovými imi-
semi. Zjistil dosti vysoký obsah síranu
v půdě v blízkosti imisních zdrojů a
navíc vzestupný trend v časovém prů-
běhu. Zvyšování koncentrací síranu po-
zoroval i ve vodách toků a pramenů,
zejména v oblastech poškozených imi-
semi.

Uspořádáním semináře chtěla Komise

půdní mikrobiologie připomenout les-
nické veřejnosti význam lesnické půd-
ní mikrobiologie, odvětví, které se za-
bývá poznáváním a praktickým uplat-
ňováním poznatků o procesech přeměn
organické hmoty v lesní půdě, směřují-
cích především k výživě lesních porostů
a k harmonickému stavu lesních eko-
systémů vůbec.

Ing. Otakar Langkramer, CSc., Na viničních horách 16, 160 00 Praha 6 - Dejvice

Podepsáno k tisku 24. dubna 1981.

Langkramer O.: Lesnická půdní mikrobiologie v Československu, její vývoj a úspěchy	289
Grunda B.: Saprotrofní mikroorganismy v lesním ekosystému	303
Ambrož Z.: Enzymatický komplex půd lužních lesů jižní Moravy	319
Lettl A.: Ekologie thiobacilů se zřetelem k oblastem zasaženým imisemi kyslíčného siřičitého	327
Lhotský J., Vinšová M.: Mikrobiologický a chemický test účinku melioračních opatření na regeneraci látkové přeměny v půdě degradačního stadia lesního ekosystému	339
Seifert J.: Experimentální ekologie jako základ studia mikrobiální biodynamiky lesních půd	361
Školek J., Bublinec E.: Půdno-mikrobiologické aspekty smrekového, zmiešaného a bukového ekosystému	371
Aktuality	
Langkramer O.: Mikrobiologické aspekty lesního ekosystému. 1980, Praha	383

СОДЕРЖАНИЕ

Лангкрамер О.: Лесная почвенная микробиология в Чехословакии, ее развитие и успехи	289
Грунда Б.: Сапротрофные микроорганизмы в лесной экосистеме	317
Амброж З.: Энзиматический комплекс почв пойменных лесов южной Моравии	325
Леттл А.: Экология тиобацилл с учетом областей, пораженных промышленными включениями сернистого окисла	336
Лготский И., Виншова М.: Микробиологический и химический тест действия мелиорационных мер по регралации обмена вещества в почве деградационной стадии лесной экосистемы	359
Сайферт Я.: Экспериментальная экология — основа изучения биодинамики лесных почв	367
Школек Й., Бублинец Е.: Почвенно-микробиологические аспекты еловой, смешанной и буковой экосистемы	380
Новости	
Лангкрамер О.: Микробиологические аспекты лесной экосистемы, 1980, Прага	383

CONTENTS

Langkramer O.: Forest Soil Microbiology in Czechoslovakia: its Development and Successes	289
Grunda B.: Saprotrophic Microorganisms in the Forest Ecosystem	317
Ambrož Z.: Enzymatic Complex of the Soils of Riverine Forests in South Moravia	325
Lettl A.: Ecology of Thiobacilli in relation to the Regions Contaminated by Sulfur Dioxide Immissions	337
Lhotský J., Vinšová M.: Microbiological and Chemical Test of the Effect of Amelioration Measures on Metabolism Regradation in Soil of the Stage of Degradation of Forest Ecosystem	359
Seifert J.: Ecology and Study of the Biodynamics of Forest Soils	367
Školek J., Bublinec E.: Pedo-microbiological Aspects of the Spruce, Mixed and Beech Ecosystem	380
Topical News	
Langkramer O.: Microbiological Aspects of the Forest Ecosystem. 1980, Prague	383

INHALT

Langkramer O.: Waldbodenmikrobiologie in der Tschechoslowakei, ihre Entwicklung und Erfolge	289
Grunda B.: Saprotrophe Mikroorganismen im Waldökosystem	317
Ambrož Z.: Enzymatischer Komplex der Böden von Auewäldern Südmährens	326

Lettl A.: Ökologie von Thiobazillen unter Berücksichtigung der durch die Immissionen von Schwefeldioxid betroffenen Gebiete	337
Lhotský J., Vinšová M.: Mikrobiologischer und chemischer Test der Wirkung von Meliorationsmaßnahmen auf die Regradation der Stoffumwandlung im Boden des Degradationsstadiums eines Waldökosystems	359
Seifert J.: Experimentelle Ökologie als Grundlage des Studiums der Biodynamik von Waldböden	368
Školek J., Bublinec E.: Bodenmikrobiologische Aspekte eines Fichten-, eines Mischwald- und eines Buchenökosystems	381
Aktualitäten	
Langkramer O.: Mikrobiologische Aspekte des Waldökosystems. 1980, Prag	383

TABLE DES MATIÈRES

Langkramer O.: La microbiologie des sols forestiers en Tchécoslovaquie, son développement et ses succès	289
Grunda B.: Les microorganismes saprotrophiques dans l'écosystème forestier	318
Ambrož Z.: Le complexe enzymatiques des sols des forêts fluviales de Moravie méridionale	326
Lettl A.: L'écologie des thiobacilles en tenant compte des régions attaquées par les immixtions de l'anhydride sulfureux	337
Lhotský J., Vinšová M.: Le test microbiologique et chimique de l'effet des mesures d'amélioration sur la regradation du métabolisme dans le sol au stade de dégradation de l'écosystème forestier	360
Seifert J.: L'écologie expérimentale en tant que base pour l'étude de la biodynamique des sols forestiers	369
Školek J., Bublinec E.: Les aspects microbiologiques de sol de l'écosystème d'épicéa, de hêtre et de peuplement mélangé	381
Actualités	
Langkramer O.: Les aspects microbiologiques de l'écosystème forestier. 1980, Prague	383

LESNICTVÍ č. 5/1981

otiskuje tyto práce:

- Šindelář J.: K otázce geneticky podmíněné proměnlivosti populace borovice lesní na území ČSSR
- Tokár F.: Struktúra a vývoj zmiešaného porastu borovice vejmutovky v Malých Karpatoch
- Štros A., Vais J.: Plánování obnovy lesa na počítači
- Vyskot I.: Rekreační efekt různých struktur smrkové monokultury
- Křečmer V., Křeček J.: Lesnatost jako hydrologická charakteristika povodí
- Aktuality
- Haas P.: Odpovědnost za požáry v lese
- Landa M.: Víceúčelové obhospodařování lesů v povodí vodárenských nádrží. 1979, Valašské Meziříčí
- Douda V.: Wiesik J.: Modely těžebně výrobního procesu dřeva. 1980, Varšava

Lesnictví č. 5/1981 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 milic 22, 120 00 Praha 2.