

LESY ČESKÉ REPUBLIKY S. P., AGENTURA PROJEKTŮ OBNOVY LESA TEPLICE
FORESTS OF THE CZECH REPUBLIC, S. E., REFORESTATION AGENCY, TEPLICE
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, MZLU BRNO
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY, MUAF BRNO
LESNICKÁ FAKULTA, ČZU PRAHA
FACULTY OF FORESTRY, CZECH UNIVERSITY OF AGRICULTURE PRAGUE
VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, JÍLOVIŠTĚ-STRNADY
FORESTRY AND GAME MANAGEMENT RESEARCH INSTITUTE, JÍLOVIŠTĚ-STRNADY

Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002

Results of forestry research in the Ore Mts. in 2002

Sborník

z celostátní konference

Proceedings

from the national workshop

Teplice 27. 3. 2003

Odborní garanti:

RNDr. Bohumír Lomský, CSc.

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Organizační garant:

Ing. Václav Rybář

Sestavili: RNDr. Marian Slodičák, CSc. a Ing. Jiří Novák

Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002

Vydal / Issued by Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
Forestry and Game Management Research Institute
Jiloviště-Strnady, 2003, www.vulhm.cz
Za podpory Ministerstva zemědělství České republiky
Supported by The Ministry of Agriculture, Czech Republic

Editoři / <i>Editors</i>	Marian Slodičák, Jiří Novák
Jazyková a technická redakce, sazba <i>Language and technical edition</i>	Jítka Mottlová, Jelena Slodičáková
Obálka / <i>Cover</i>	Robert Klán
Foto na obálce / <i>Photo on the cover</i>	Václav Rybář
Tisk / <i>Press</i>	PBTisk s.r.o.
Náklad / <i>Number of copies</i>	300 ks

ISBN

.OBSAH CONTENT

PŘEDMLUVA <i>PREFACE</i>	3
SEZNAM AUTORŮ <i>LIST OF CONTRIBUTORS</i>	5
I. PŮDNÍ PROSTŘEDÍ <i>SOIL ENVIRONMENT</i>	7
Současný stav na stanovištích s celoplošnou dozerovou a bagrovou přípravou půdy z aspektu jejich revitalizace v 7. LVS Krušných hor. <i>The current stage on sites with full-area ground preparation by dozer and dredger according to its revitalization in 7th forest altitudinal zone of the Ore Mountains.</i>	
Dušan Vavříček.....	9
Trvalost efektu chemické meliorace na imisních holinách. <i>Period of effectiveness of chemical amelioration treatments on immission clearcuts.</i>	
Ivan Kuneš, Vilém Podrázský.....	25
Vápnění lesních porostů v Krušných horách - výsledky opakovaných analýz na LS Horní Blatná a OL Boží dar. <i>Liming of forest stands in the Ore Mts. - results of repeated analyses on localities of Horní Blatná and Boží Dar.</i>	
Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová, Bohumír Lomský.....	33
II. DYNAMIKA DEPOZIC <i>DYNAMICS OF DEPOSITION</i>	41
Xylémová míza břízy jako faktor charakterizující vstup prvků z půdního prostředí. <i>Xylem sap of birch as a factor to determination of elements uptake from soil environment.</i>	
Petr Hrdlička, Emanuel Kula.....	43
Změna v obsahu prvků v listech břízy v letech 1995 - 2002 (transekt Litvínov). <i>Change of element content in leaves of birch 1995 - 2002 (transect Litvínov).</i>	
Petr Hrdlička, Emanuel Kula.....	53
Prognóza vývoje depozice vodíkových iontů, depozičních toků síry a dusíku na území PLO Krušné hory v časové horizontu 2010. <i>Prognosing the development of hydrogen ions deposition, deposition fluxes of sulphur and nitrogen in the natural forest area (NFA) of Krušné hory Mts. in the time horizon of 2010.</i>	
Pavel Hadaš.....	63

Hodnocení vývoje mladých smrkových porostů v Krušných horách v roce 2002. <i>Evaluation of the development of young spruce stands in the Ore Mts., in 2002.</i>	
Bohumír Lomský, Vít Šrámek, Věra Fadrhonsová.....	79
 III. ZDRAVOTNÍ STAV LESNÍCH POROSTŮ	
<i>HEALTH CONDITION OF FOREST STANDS.....</i>	<i>95</i>
Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy vyšších poloh východního Krušnohoří. <i>Dynamics of damage assimilatory organs of birch in higher location in the eastern Ore mountains.</i>	
Emanuel Kula, Ivan Buchta, Jadwiga Ząbecka.....	97
Poškození dřevin v okolí obce Hora Svaté Kateřiny. <i>Tree damage in surroundings of the village Hora Svaté Kateřiny.</i>	
Radek Novotný.....	112
Vliv antropogenních činitelů na asimilační aparát lesních dřevin v Krušných horách. <i>Impact of anthropogenic factors on assimilatory apparatus of tree species in the Ore Mountains.</i>	
Emilie Bednářová.....	117
Fauna blanokřídlých (Hymenoptera, Aculeata) v dřevěných pastech. <i>Fauna of Aculeata (Hymenoptera) in wooden traps.</i>	
Emanuel Kula, Pavel Tyrner.....	122
Dynamika růstu pupenů břízy <i>Betula pendula</i> Roth ve východním Krušnohoří. <i>Dynamics of bud development of birch Betula pendula Roth in the eastern Ore Mts.</i>	
Dagmar Kaňová, Emanuel Kula.....	132
 IV. PĚSTOVÁNÍ LESNÍCH POROSTŮ <i>SILVICULTURE.....</i>	
Regenerace smrkových mlazin poškozených v zimě 1995/96 v Krušných horách. <i>Growth of young spruce stands damaged during winter 1995/96 in the Krušné hory Mts.</i>	
Horst Kriegel.....	147
Experimenty s výchovou porostů modřínu v Krušných horách. <i>Experiments with thinning of stands of larch in the Ore Mts.</i>	
Jiří Novák, Marian Slodičák.....	157

PŘEDMLUVA *PREFACE*

Změnou lesnické politiky došlo v posledním desetiletí k zásadním změnám v přístupu hospodaření, zejména patrný je obrat lesnického hospodaření u LČR, s.p., který přišel směrem k odborné i laické veřejnosti s celou řadou konkrétních programových dokumentů orientovaných na podporu a trvalý rozvoj funkcí lesa. Jedním z nich je PROGRAM 2000, jehož součástí je podpora výzkumných projektů, které jsou zaměřeny na řešení potřeb lesního hospodářství, mající však i širší rámec a význam pro zajištění veřejných cílů. Za dobu své existence vynaložil pouze na expertní studie, podporu výzkumu a výzkumné projekty cca 100 milionů Kč. Získané výsledky a výstupy z jednotlivých výzkumů a expertiz čítajících několik desítek jsou přístupné a využitelné jednotlivým vlastníkům lesa, ale i státní správě.

Do oblasti naplňování cílů ve veřejném zájmu v oblasti výzkumu a školství lze zařadit také čtvrtý ročník celostátní konference zaměřené na prezentaci dosažených výsledků lesnického výzkumu v oblasti Krušných hor, která je připravovaná ve spolupráci LČR s.p. Hradec Králové, MZLU Brno, ČZU Praha a VÚLHM Jíloviště-Strnady. K této konferenci byl pro účastníky a další zájemce s podporou MZe připraven sborník obsahující výsledky lesnického výzkumu v oblasti Krušných hor v roce 2002. Sborník byl vydán s podporou MZe v rámci služby poskytované VÚLHM vlastníkům lesa.

After the introduction of the new State Forest Policy in the Czech Republic in the last decade, the forest management radically changed. Typical example of new orientation of forest management is the biggest forest owner State Forests supervised by the Forests of the Czech Republic, state enterprise which support a wide range of particular projects oriented on sustainable development of all forest functions. One of the most important projects is so called PROGRAMM 2000, the part of which is the support of research projects dealing with forest management problems including the public demands. The total expenses of research projects and expert studies supported by the Forests of the Czech Republic, state enterprise overreach 100 million CZK. Results and conclusions from these projects are available for particular forest owners as well as for state administration. The fourth annual national conference oriented on new results of forestry research in the Ore Mts. can be included into these activities. The conference was prepared in collaboration of the Forests of the Czech Republic, state enterprise in Hradec Králové, Faculty of Forestry and Wood Technology of Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Faculty of Forestry of Czech University of Agriculture in Prague and Forestry and Game Management Research Institute Jiloviste-Strnady. To the event of the conference, the presented Proceeding "Results of forestry research in the Ore Mts. in 2002" was prepared for participants and other interested persons.

Cílem konference a tohoto sborníku je seznámit účastníky, vlastníky lesa, orgány státní správy a odbornou veřejnost s aktuálním stavem lesních porostů v oblasti Krušných hor - nejvíce imisně zatížené a poškozené oblasti středoevropského regionu vůbec.

Sborník obsahuje 14 příspěvků, rozdělených do čtyř tematických bloků. První blok "Půdní prostředí" obsahuje tři příspěvky zaměřené na problematiku revitalizace stanovišť po celoplošné dozerové a bagrové přípravě a na problematiku chemické meliorace, zejména vápnění v Krušných horách. Druhý tematický blok "Dynamika depozic" tvoří čtyři příspěvky zaměřené především na vývoj depozic v oblasti Krušných hor a stav asimilačního aparátu lesních dřevin. Třetí tematický blok "Zdravotní stav porostů" obsahuje pět příspěvků zaměřených především na dynamiku poškození asimilačních orgánů a pupenů lesních dřevin v Krušných horách. Čtvrtý tematický blok "Pěstování lesních porostů" obsahuje dva příspěvky, přinášející nejnovější poznatky o regeneraci smrkových mlazin poškozených v zimě 1995/96 a o výchově porostů modřínu v Krušných horách.

The edition of the Proceeding was supported by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic in the framework of the information service for forest owners provided by Forestry and Game Management Research Institute.

The aim of the conference and the Proceeding is to provide the new results of forestry research in the air polluted region of the Ore Mts. to forest owners, to the State Administration and to other interested experts.

The Proceeding consists of 14 contributions, divided into four thematic blocks. The first block "Soil Environment" includes three contributions oriented revitalization of forest sites after the full-area ground preparation by dozer and dredger and on the problem of chemical amelioration of forest soils damaged by anthropogenic effects, especially liming. The second block "Dynamics of deposition" comprises of four articles oriented primarily on the development of deposition in the area of the Ore Mts. and one the status of assimilation organs of forest trees species. The third thematic block "Health condition of forest stands" consists of five contributions bringing new results on development of damage on foliage and buds of forest tree species in the Ore Mts. The fourth thematic block "Silviculture" consists of two contributions bringing new information about the regeneration of Norway spruce thickets damaged in 1995/96 and about thinning of larch stands in the Ore Mts.

Editoři *Editors*

Seznam autorů *List of contributors*

ING. EMILIE BEDNÁŘOVÁ, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest ecology.

ING. IVAN BUCHTA

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest ecology.

ING. VĚRA FADRHONSOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.

Forest and Game Management Research Institute, Jíloviště-Strnady.

RNDR. PAVEL HADAŠ

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest ecology.

RNDR. PETR HRDLÍČKA, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav chemie a biochemie.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of agronomy, Department of Chemistry and Biochemistry.

ING. DAGMAR KAŇOVÁ

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest ecology.

ING. HORST KRIEDEL, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno.

Forest and Game Management Research Institute, Research station Opočno.

PROF. ING. EMANUEL KULA, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav ekologie lesa.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of forest ecology.

ING. IVAN KUNEŠ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra pěstování lesů.

Czech University of Agriculture in Prague, Faculty of Forestry, Department of Silviculture.

RNDR. BOHUMÍR LOMSKÝ, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.

Forest and Game Management Research Institute, Jíloviště-Strnady.

ING. JIŘÍ NOVÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno.

Forest and Game Management Research Institute, Research station Opočno.

ING. RADEK NOVOTNÝ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.

Forest and Game Management Research Institute, Jíloviště-Strnady.

PROF. ING. VILÉM PODRÁZSKÝ, CSc.

Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta, Katedra pěstování lesů.

Czech University of Agriculture in Prague, Faculty of Forestry, Department of Silviculture.

RNDR. MARIAN SLODIČÁK, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno.

Forest and Game Management Research Institute, Research station Opočno.

ING. VÍT ŠRÁMEK, Ph. D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.

Forest and Game Management Research Institute, Jíloviště-Strnady.

PAVEL TYRNER

Gymnázium Litvínov.

Gymnasium Litvínov

DR. ING. DUŠAN VAVŘÍČEK

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie.

Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Faculty of forestry and wood technology, Department of Geology and Pedology.

MGR. JADWIGA ZĄBECKA

Zemědělská univerzita Krakov, Lesnická fakulta, Polsko.

Agricultural university of Cracow, Faculty of forestry, Poland.

BLOK I

PŮDNÍ PROSTŘEDÍ

BLOCK I

SOIL ENVIRONMENT

SOUČASNÝ STAV NA STANOVISTIŠTÍCH S CELOPLOŠNOU DOZEROVOU A BAGROVOU PŘÍPRAVOU PŮDY Z ASPEKTU JEJICH REVITALIZACE V 7. LVS KRUŠNÝCH HOR

*THE CURRENT STAGE ON SITES WITH FULL-AREA GROUND PREPARATION BY
DOZER AND DREGGER ACCORDING TO ITS REVITALIZATION IN 7TH FOREST
VEGETATION ZONE OF THE ORE MTS.*

DUŠAN VAVŘÍČEK

ABSTRAKT

Celoplošná dozerová příprava půdy s navršením svrchních holorganických a části minerálních horizontů a potěžebních zbytků do podélných valů vedla k výrazné degradaci půdního prostředí. Především stanoviště se skrývkou až na úroveň minerálních spodických horizontů vykazují nepříznivé hodnoty jednotlivých půdních charakteristik, zejména humusu a KVK. Naopak vysoká potenciální zásoba živin a humusových látek s příznivou hodnotou C:N a zvýšeným podílem N-min. v organominerálních valech je významným predispozičním faktorem pro revitalizaci pracovních dozerových enkláv. Dlouhodobá expozice a fermentace zejména potěžebních zbytků ve valech může v současné době po celoplošné aplikaci organominerálního materiálu z těchto valů zabezpečit optimální výživu a minimální imobilizaci N.

ABSTRACT

The full-area ground preparation by dozer, with apposition to rampart composed by top holorganic and partly mineral horizons and also after logging remainders, were leaded to significant degradation of soil environment. Mainly the sites with overburden to mineral layers of spondick horizons showed contrary values of particular soil characteristics especially humus and basic saturation. Conversely important predisposition factor for revitalization of dozer enclaves was high potential reserves of nutrition and organic substances with favourable amount of ration C: N and higher amount of mineral N in organic mineral ramparts. Today full-area application of organic mineral material with long-term exposition and fermentation especially after logging remainders from ramparts could ensure optimal nutrition and minimal immobilization of N.

Úvod

Les byl ve Střední Evropě hlavním rostlinným společenstvem. Původní bezlesí bylo velmi vzácné (Culek 1996), takže lesnatost dosahovala téměř 100 %. Podobně i PLO Krušné hory vykazovala velice pozitivní lesnatost podmíněnou pestřejší druhovou skladbou než jaká byla v posledním století a v současnosti. Vedle smrku ztepilého byl zastoupen především buk, dále javor a jeřáb. V důsledku výrazné převahy smrku v 7. LVS jako jedné z nejchoulostivějších dřevin na imisní zátěž došlo v oblasti náhorní plošiny vlivem vysokých depozic na list k totálnímu odumírání celých porostů. Kritické poškození lesů, které vyústilo v jejich devastaci za krátké časové období si vynutilo bezprostřední řešení problému. V oblasti náhorní plošiny byl vedle vápnění prováděn prostřednictvím celoplošné

přípravy půdy velice hrubý zásah do substrátového média půdního prostředí smrku ztepilého. Celoplošnou skrývkou svrchních holorganických a organominerálních horizontů byl v následné porostní generaci sm výrazně narušen proces koloběhu základních makroelementů, především dusíku. Vedle působení imisí mají nemalý vliv na lesní ekosystémové složky i klimatické (i mikroklimatické) a geomorfologické faktory podmiňující nárůst inverzní problematiky i nadnormálních teplot ve vegetačním období při stavu celoplošného odlesnění (Kubelka 1992). Za posledních 30 let se nejen zvyšuje průměrná roční teplota, ale v určitých časových řadách i počet mrazivých dnů. Při současném výraznějším snižování depozice polutantů je nejzávažnějším problémem řešení obnovy lesa v těchto oblastech zajištění optimální výživy na stanovištích, která byla ovlivněna celoplošnou přípravou půdy.

V rámci náhorní plošiny Krušných hor je v současné době řešena problematika neustále se opakujících procesů odumírání, chřadnutí a poškozování porostů především rodu *Picea* a také otázka obnovy lesa na stanovištích s celoplošnou dozerovou přípravou. Oblast řešení se koncentruje a stává prioritní zejména v 7. LVS náhorní plošiny. V každém případě je to oblast, která má svá klimatická, biologická i stanovištní a současně i půdně taxonomická specifika. V komparaci s geomorfologicky významně se lišícími nižšími LVS v nadmořských výškách pod 700 - 800 m (5. - 6. LVS) lze pro objasnění některých vlivů na lesní ekosystém použít srovnávací hodnocení půdní taxonomie a vybraných fyzikálně chemických charakteristik půdy.

Projekt by měl řešit problematiku revitalizace půdního prostředí v lesních ekosystémech 7. LVS. Komplex otázek se stává prioritní zejména v enklávách náhorní plošiny Krušných hor, kde v minulosti byla místy výrazně narušena vrstva holorganických horizontů a také svrchní minerální vrstva půdy, tedy část půdního profilu s významnou úlohou při koloběhu živin a výživy porostů (Podrázský 2001). Na stanovištích náhorní plošiny (7. LVS) je indikováno poškozování vyšší defoliací, především na plochách obohacených nebo ovlivněných vodou s vyšší či menší intenzitou oglejování (Matějka 2001). V současné době vystupuje do popředí otázka rekonstrukcí porostů náhradních dřevin převodem na cílovou skladbu HS. Především vnášení buku lesního a některých dalších listnáčů může přinést významné změny v oblasti obnovy lesa na těchto klimaticky extrémních lokalitách (Zpráva LČR 2001). Efektivní ekologický kryt, který mohou poskytovat v současné době se vyskytující náhradní dřeviny, je jednou z možností, jak zajistit optimální růstové podmínky proti mikroklimatickým stresům, např. pro buk lesní v jeho juvenilním stádiu (Balcar 2000). Otázkou však zůstává vliv půdního

prostředí, především v geomorfologicky rovinaté oblasti náhorní plošiny Krušných hor. Při analýze postižených porostů bylo konstatováno, že poškozování je způsobeno komplexem příčin, na kterém se podílejí klimatické zvraty, provenience i krátkodobé nárazy imisních stresů (Slodičák 2001). Některé příčiny však mohou vycházet i z poměrů edatopu, který byl po vlivem nejen imisní zátěže, ale především i pod vlivem různých antropogenních opatření, např. celoplošné odlesnění související s výrazným imisním poškozením na list, celoplošné úpravy půdy a v neposlední řadě i přemíra leteckého vápnění.

Na kyselém krystaliniku náhorní plošiny nadmořských výšek 850 - 1000 m n. m. krušnohorské lesní oblasti čís. 1 dochází k vývoji především takových souborů lesních typů, kde dominují oligotrofní acidofyty. Tyto edafické kyselé katagorie K jsou prezentovány především podzoly modálními až modálními železitými, případně kryptopodzoly oligotrofními. Většina ploch náhorní oblasti je definována ekologickou řadou kyselou s edafickými kategoriemi převážně kyselými a přechodnými svěžími. Jsou determinovány především lesními typy borůvkovými, ochuzenými a v současné době působením stále většího vlivu hromadící se půdní vody i rozšiřujícími se typy třtinovými.

Základní půdní charakteristiky se v rámci Krušných hor dle jednotlivých lokalit významně liší. Půdní reakce, která je jedním z hlavních parametrů stavu a vývoje půdy, se na lokalitách pro dané stanovištní podmínky s méně či více výraznějšími podzolizačními procesy pohybuje v optimálních hladinách cca. 3,0 - 3,2 pH/KCl. Na některých lokalitách hodnoty, v převážné části genetické hloubky podzolů modálních, více méně mírně oglejených, klesají na nižší hladinu extrémní acidity cca. 2,8 - 3,0 pH/KCl. S vývojem kyselých edafických kategorií úzce souvisí klimatické podmínky, které jsou na mnoha lokalitách lesních oblastí v rámci půdně genetického vývoje limitujícím činitelem. Nejen vysoký úhrn srážek, ale také nízká teplota ve vyšších polohách jsou důležitými faktory půdního vývoje. Nízké hodnoty půdních fyzikálně chemických parametrů souvisí s vývojem a genezí půdních profilů v prostředí s výraznými podzolizačními procesy. Na krušnohorských lokalitách byla v některých studiích prokázána vysoká korelace mezi deficitní výživou N a stupněm diskolorace. Zajištění optimální dusíkaté výživy na šetřeném stanovišti bylo u některých jedinců *Picea pungens* způsobeno především obohacením půdním roztokem z rozplavovaných organominerálních valů jednotlivých ploch, případně zasahováním kořenového systému do těchto valů (Mauer, Palátová 1999). K podobným závěrům došli v Německu Hüttl, Zöttl (1993), kteří se zabývali dlouhodobým vlivem vápnění na zmírnění hynutí lesů. Na pokusných plochách vápněných od roku 1950

sice prokázali příznivý vliv na půdní prostředí z hlediska redukce půdní acidity, nicméně zlepšení produkce lesního ekosystému nebylo na základě zvýšeného koloběhu živin prokázáno. Někteří autoři dokonce udávají, že v důsledku vápnění dochází k výraznému úbytku dusíku ve výživě (Persson 1988). Nelze tedy měnit přirozené prostředí jednotlivých ekosystémových složek lesních porostů, jako je tomu např. v agrosystémech a provádět modifikaci edatopu na základě kritérií pro podmínky zemědělských půd.

Humusová forma s nízkou kvalitou humusu a na plochách s celoplošnou přípravou v jejím iniciálním stadiu podmiňuje nedostatečné zabezpečení optimální výživy především dusíkem a následnou typickou diskoloraci u zajištěných mlazin. Vápněním odkrytých více méně sterilních iluviálních horizontů může dojít k dlouhodobé deficienci dusíkaté výživy. Biomasa jehličí nevykazuje pak ani dostatečný nárůst. Pozorovaná celoplošná diskolorace jednoznačně souvisí s nedostatečnou N-výživou, především v důsledku nízké bilanční zásoby N v rámci iniciálního stadia humusové formy (Vavříček 2000). Při revitalizaci ploch s celoplošnou přípravou půdy prováděné v minulosti bude nutné zohlednit především otázku zajištění dusíkaté výživy nejen v krátkodobém časovém horizontu, ale hlavně na úrovni časové řady celého iniciálního porostního stadia.

METODIKA

V rámci 7. LVS bylo prováděno šetření na plochách náhorní plošiny Krušných hor, a to na území spadajícím do územního celku LS Klášterec. Problematika byla zaměřena na stanoviště s úpravou půdy před zalesňováním. Týkala se ploch s dřívější celoplošnou a bagrovou přípravou půdy. Stanoviště vykazují převážně přirozeně acidofilní charakter souboru lesních typů 7K. Některé jsou více či méně ovlivněny podzemní vodou dočasně změněnými hydrickými poměry a vápněním. Půdní prostředí je prezentováno původně přirozeně vyčleněnými jednotkami podzolů modálních s patřičným antropickým mechanickým i chemickým ovlivněním.

Půdní taxonomie byla prováděna na jednotlivých plochách vždy v části typické pro dané stanovištní podmínky. Na základě podrobného popisu a stratigrafie jednotlivých půdních horizontů byla vymezena základní půdní jednotka upřesněná půdním subtypem, případně varietou na základě taxonomického klasifikačního systému půd České republiky (Němeček a kolektiv 2001), uplatňující morfogenetický půdní klasifikační systém. Z několika analýz byla hodnocena také humusová forma nadložního

surového humusu. Byl určen základní geologický substrát a v některých případech upřesněn a doplněn půdotvorným substrátem stanoviště.

Půdní vzorky pro analýzy byly odebírány především ze svrchních horizontů půdních profilů, více méně se zaměřením na základní rhizosféru. Pro podrobnější a objektivnější hodnocení kořenové vrstvy půdy byly vzorky humifikační frakce (Oh) z nadložního surového humusu a vzorky z organominerálního horizontu Ap, (Ep) (případně prvního minerálního horizontu) odebrány metodou plošné preparace. Zemina pro analýzy z ostatních horizontů byla odebírána uzančnickými metodami v rámci charakteristického půdního profilu jednotlivých ploch.

Analýza vybraných charakteristik byla soustředěna především do svrchních vrstev půdních profilů, do humifikovaného horizontu Oh a do organominerálního horizontu A (nebo prvního minerálního horizontu v případě absence organominerálního horizontu). Na základě jednotlivých výstupů byl vyhodnocen dílčí stav a vztahy mezi jednotlivými parametry prostředí.

Pro celkové hodnocení půdy bylo na vybraných stanovištích využito analýz z půdotvorných substrátů. Mateční hornina, jako jeden z primárních půdotvorných faktorů, má význam nejen z hlediska fyzikálních poměrů vznikající zvětraliny a vlastního pedonu, ale i v pojetí chemizmu. Celkový obsah základních makroelementů pro charakteristiku rozvětraliny matečné horniny byl stanovován ve výluhu odebraného vzorku v koncentrované HF a HNO₃.

Příprava půdního extraktu podle Mehlicha II pro stanovení přístupných živin je použitelná pro všechny upravené půdy. Oxidovatelný organický uhlík pro stanovení humusu v půdním vzorku se oxiduje chromsírovou směsí při zvýšené teplotě reakce. Stanovení celkového dusíku bylo provedeno Kjeldahlovou metodou, která je založena na spalování a mineralizaci vzorku s přeměnou N na amoniakální formu a stanovení z mineralizátu směsí kyseliny sírové, peroxidu vodíku a oxidu rtuť. Z filtrátu stanovíme obsah N coulometricky. Pro vyhodnocení kvality humusu byla užita metodika stanovení poměru humínových a fulvokyselin (HK:FK) na základě spektrofotometrického stanovení dle absorbancí disperzity humínových látek v pyrofosforečnanu. Stanovení charakteristik sorpčního komplexu v půdě bylo provedeno dle Kappena. Stanovení přístupných živin v organické hmotě humifikačního horizontu Oh bylo provedeno v Gohlerově výluhu s poměrem navážky a vyluhovadla 1 : 10.

CHARAKTERISTIKA ŠETŘENÝCH PLOCH

Pracovní dozerové plochy jsou příznačně odkrytým organicky sterilním iluviálním horizontem B. Diferenciace horizontů je charakteristická vývojem iniciálního stadia humusového horizontu Ap a dalších původně geneticky podmíněných horizontů v profilu. Podélné valy na jednotlivých plochách jsou více či méně definovány výraznými vrstvami organické hmoty akumulované ve valech. Střídají se zde hluboké vrstvy organického, organominerálního a minerálního materiálu deponovaného na původních půdních profilech.

Dozerová celoplošná příprava půdy

Stanoviště - Ptačí - Mokrá - pracovní pole, porost - 225 A 1m , les. typ - 7K1

Stanoviště v téměřúplné rovině náhorní plošiny s maximálním sklonem svahu do 2° v J expozici (180°), nepatrně zvlněný povrch vlivem staré dozerové, celoplošné přípravy v 70. - 80. letech se stržením vrstvy nadložního surového humusu a horizontů A i Ep, z části i Bhs. Na pracovní ploše je vyvinuto pouze iniciální stadium humusové formy drnoviny převážně *Juncus squarrosus*, *Agrostis capilaris*, *Empetrum hermaphroditum* porosty olše cca. na 1 plochy, ostatní zaujímá suchá bříza a nové sazenice sm silně prosychající. Půdní typ je zastoupen podzolem modálním, antropickým na muskoviticko biotitické rule s příměsí křemenců. Valy jsou zde tvořeny výrazně humifikovanou vrstvou (25 cm) prorostlou velmi vitálním a mohutným porostem *Calamagrostis villosa* a mozaikovitě uspořádaným složením vrstev minerální půdy s organickým materiálem s podobným poměrovým uspořádáním jako u kompostů (85 cm).

Stanoviště - Špičák - pracovní pole, porost - 184 B2, les. typ - 7K1

Náhorní plošina, s velmi mírným svahem do 3°, S expozice, plocha po dozerové celoplošné úpravě před 22 lety, v současné době upravená širokou mulčovací frézou, plocha připravena nejen na valech a v jejich bezprostřední blízkosti, ale i mimo valy odlišně od ostatních šetřených ploch, porost je bříza - věk cca 15 let, smrk pichlavý cca 15 let s půdním typem podzol modální antropogenní na muskovitické prokřemenělé rule až svoru. V pracovním poli staré dozerové přípravy je zapracován organominerální materiál rozfrézovaného valu směsí humózní půdy do původního odkrytého horizontu Bs s iniciálním stadiem drnoviny, příměs zbytků až do kousků větví rozštěpkované bříza sm pichl. Zbytky valu jsou

tvoreny jemnější strukturou organické hmoty (30 cm) s cca 20 % příměsí štěpkované břízy + staré frakce ze shrnutých fermentovaných pařezů a starých těžebních zbytků. Další organická vrstva (40 cm) obsahuje cca. 15 % obj. nepravidelné příměsí minerální frakce, příměs těžebních zbytků ze shrnuté pracovní plochy - 20 %.

Stanoviště - Přísečnice - Jelení vrch, porost - 101 A 2a, les. typ - 7K3

Plocha v mírném svahu - sklon 4°, expozice SZ (305°), plocha po dozerové úpravě před 17 lety, po současné frézové úpravě, plocha připravena i mimo valy, část bez přípravy, výskyt křemenných žil, patrné zrudnění, v rozvětralině výraznější efekt do tmavých odstínů - podzol modální, železitý, antropický, na muskoviticko-biotitickém svoru. Pracovní pole je definováno silně prokořeněnou vrstvou (12 cm) s příměsí nepravidelně rozptýleného humusu a následným vrstvením původních spodických a substrátových horizontů. Valy jsou zde charakteristické vyšším podílem minerální frakce s homogenizovaným humusem do 22 cm, další vrstva je více méně písčitohlinitá zemina s velmi nepravidelnou příměsí organických látek a humusu, která vytváří výrazně mozaikovou kresbu až do hloubky 72 cm nadúrovňového valu.

Bagrová příprava půdy do kopečků

Stanoviště - Mokřiny, porost - 225 A 2a, les. typ - 7K1, (8G3) označ. - BK-1

Plocha téměř v rovině, porostlá třtinou, expozice JJZ, sm pichlavý (řídce), částečně odumřelá bříza, plocha po přípravě půdy bagrem před 5 - 10 lety, svorová rula až muskovit - biotitický svor s převahou biotitu.

Plocha rozdělena na stanoviště navršených kopečků a jamek se strženými svrchními holorganickými a zčásti i organominerálními a minerálními horizonty navršenými do kopečků s půdním typem podzolu modálního, antropického, slabě hluboko oglejeného na muskoviticko biotitické rule s převahou biotitu. Jamka je charakteristická odstraněním nadložního surového humusu a části organominerální a minerální vrstvy. Je obdobou celoplošné bodově provedené úpravy. Svrchní horizont (0 - 6 cm) je tvořen sekundární drnovinou bez akumulace humusu. Profil bagrem vytvořených kup převážně s kumulovaným horizontem nadložního surového humusu s cca. 20 - 30 % ložiskové příměsí minerální frakce, navršení cca. 25 - 40 cm na z části narušených původně svrchních minerálních horizontech Ae - Ep.

Stanoviště - U Apolény - Pernštejn, porost - 315 A 2b, les. typ - 8Q2, (7P2), označení - BK-5

Plocha v malé lokální ohraničené depresi, mírný svah 15° - 20°, s převahou třtiny vytvářející drny po bagrové přípravě půdy před cca 10 lety, na ploše odumírající až odumřelá bříza, lokalita v terenní depresi, při rovnoběžné foliaci ruly, místy výrazně podmáčená. Půdní typ pseudoglej modální antropický, přecházející do distrického antropického, až stagnoglej na prokřemenělé svorové rule. Vytvořené prohlubně v rámci bagrové přípravy představují pouze 4 cm vrstvu mírně humusem obohaceného horizontu. Následující horizonty jsou zachovány z původní stratigrafie pseudoglejů. Navršené kupy jsou charakterizovány humifikovaným akumulovaným materiálem do 30 cm s následnou stratografií 10 - 15 cm organominerální směsí.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V současné době převažují v oblasti náhorní plošiny 7. LVS Krušných hor porosty 1. a 2. věkové třídy. Je to důsledek vysoké imisní zátěže 70. - 80. let. Prudký vzestup, který nastal v roce 1975, se udržel na vysoké hladině koncentrací až cca do roku 1990. Za toto období, především kolem kulminačního roku 1982 (Kubelka 1992), došlo k odlesnění tisíce ha lesa. Lesnatost náhorní plošiny se snížila až na pouhých 25 % oproti roku 1970 (!). Na základě tohoto vývoje bylo přistoupeno na významném podílu plochy do jisté míry k plošné melioraci půdy. Spočívala v dozerové přípravě na velkých plochách, kde byla odstraněna "toxická" vrstva půdy, někdy až do úrovně spodického horizontu Bs, převážně se zde vyskytujících podzolů modálních a podzolů modálních železitých, případně glejových typů a subtypů s různým zastoupením skeletu. Odoraný organominerální materiál i s rezidui pařezů a potěžebních zbytků byl nahrnut do protáhlých valů ohraničujících jednotlivá pracovní pole. Valy byly stabilizovány až do výše 2,5 m. Provedená technologie byla z předložených variant jedna z nejhorších, protože odstranila veškerou organickou hmotu jako jediný zdroj N v lesních ekosystémech. Navíc složka humusu před zásahem splňovala optimální až nadstandardní požadavky na jeho kvalitu (Kubelka 1992). Při převažující morové až mormoderové formě nastaly tímto opatřením velké ztráty nutričního charakteru. Jako výrazně stresový faktor zde působí naprostý deficit dusíku v půdním prostředí. Jeho nedostatek na stanovištích výrazně humidního (cca 1 000 mm) a propustného prostředí (písčité textury) se výrazně projevil v dusíkaté výživě smrkových porostů. V důsledku vápnění se vytváří pouze iniciační stadium humusových forem. Organická

hmota rychleji ubývá a na základě vápnění dochází k dalším ztrátám (Mareš 1992). Velice kvalitní materiál s převážující organickou složkou pak byl akumulován ve výše uvedených valech.

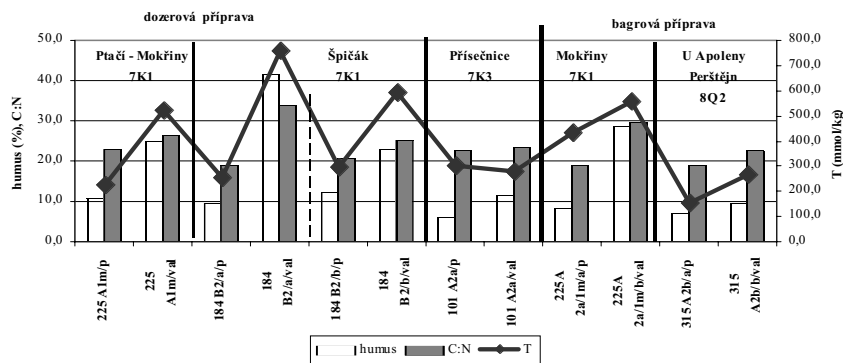
V současné době, kdy proběhlo několik cyklů vápnění, je stav na velkém podílu ploch s celoplošnou přípravou půdy stále neuspokojivý. Pro převážující, dříve zde definované soubory lesních typů 7 K a 7 P, je i z hlediska zastoupení půdních typů většina chemických parametrů ve významné nerovnováze.

Valy působí na stanovišti s vyšší akumulací organických látek jako faktor, který při revitalizaci může mít významný vliv na obohacování svrchních půdních vrstev humusem a s tím související hodnotu celkového dusíku. Při dlouhodobé expozici organických zbytků ve valech dochází k jejich fermentaci v procesu, který lze přirovnat k procesu kompostování. Obsah humusu, a především jeho bilanční zásoba je zde vysoká (více než 20 % humusu při cca 40 cm hloubce organické vrstvy). Při rozhrnutí do pracovních polí a následném zapracování frézováním můžeme očekávat příznivou regeneraci produkční plochy hospodářského lesa.

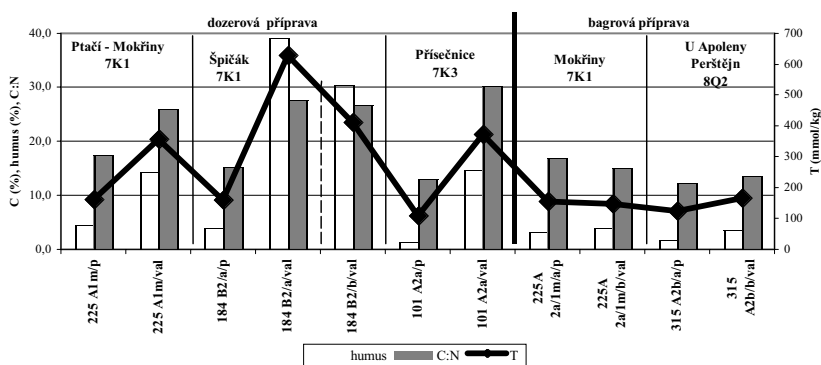
Kvalita organické hmoty v těchto valech byla hodnocena především z poměru C : N. Mimo jedno stanoviště (184 B2a) jsou všechny lokality na hladině optimálních hodnot C : N do 25 (obr. 1), a tak nehrozí významnější ovlivnění nutričních poměrů intenzivnější imobilizací N. Např. při současném stavu stanoviště 184 B2b se poměr C : N mezi přirozeným vývojem humusové formy na pracovním poli a fermentačním pochodem ve valech výrazně neliší a při nižší diferenci obou hodnot se blíží přírodním hodnotám procesu dekompozice i ve vlastním tělese dozerového valu. Jsou zde příznivé i hodnoty minerálního dusíku (obr. 4). Při použití uvedené technologie by v žádné případě neměly být dané plochy vápněny.

S obsahem humusu úzce souvisí hodnoty maximální sorpční kapacity (obr. 1, 2), která až 2,5krát narůstá s jeho obsahem a při rozhrnutí valů a aktuálním navýšení hodnoty T, může výrazně zvyšovat pufrovací schopnost ošetřených pracovních ploch (obr. 2). Hodnoty 300 mmol.kg⁻¹ na dosud upravených plochách jsou vysoké a zaručují významnou pufrovitost stanoviště proti aktuálním antropogenním degradačním procesům oblasti.

Půdní reakce, která je definována jako základní fyzikálně chemická charakteristika, se pohybuje na úrovni, která zásadně neodpovídá přirozeným stanovištním podmínkám 7 K, 7 P. Pro půdy výrazně podzolového typu jsou zvláště ve svrchních vrstvách profilů příznačné



Obr.1: Obsah humusu, poměr C:N a maximální sorpční kapacita v organominerálním horizontu Ap (0 - 6 cm) a v organickém horizontu Op (0 - 30 cm) valů, Krušné hory, LS Klášterec. The amount of humus, ration C:N a basic saturation in organ mineral horizon Ap (0 - 6 cm) and in organic horizon Op (0 - 30 cm) of ramparts, Ore Mountains, Forest District Klášterec.



Obr 2: Obsah humusu, poměr C:N a maximální sorpční kapacita (KVK) v minerálním horizontu Bs (6 - 40 cm) a v organominerálním Op2 B (30 - 80 cm) valů, Krušné hory - LS Klášterec. The amount of humus, C:N ration and basic saturation in mineral horizon Bs (6 - 40 cm) and in organo mineral horizon Op2 B (30 - 80 cm) of ramparts, Ore Mountains - Forest District Klášterec.

nízké hodnoty výměnné půdní reakce a bazické saturace. Hodnoty výměnné půdní reakce přesahující hranici cca 3,2 pH lze i pro daná vývojová stadia souborů lesních typů kyselé ekologické řady považovat za vysoké. Naopak hodnoty stejného druhu půdní reakce v tělese valů zůstávají i přes intenzivní povrchové vápnění, především v důsledku silné pufovací schopnosti s maximální sorpční kapacitou přesahující

500 mmol.kg⁻¹, na úrovni přirozeného stanoviště moderových a mormoderových až morových humusových forem. Uvedené formy humusu jsou přirozené pro daný typ převažujících souborů lesních typů náhorní plošiny PLO Krušné hory.

Také aktivní reakce (pH/H₂O) pracovních polí, tedy lokalit, kde byly dříve odstraněny povrchové vrstvy, je v rámci jedné lokality podstatně vyšší (cca 4,5 - 6,4 pH !) než v tělesech valů, které mají hodnotu převážně 2,8 - 3,2 pH/H₂O. Místa se liší až o více jak 1 stupeň pH. Pro danou klasifikační kategorii se zohledněním definice pH jako záporného dekadického logaritmu je to velice podstatná difference.

Obsah živin na šetřených lokalitách byl řešen v rámci celých ploch se specifickým aspektem obsahu živin ve svrchním horizontu Ap dozerovaných pracovních polí a ve svrchním převážně organickém horizontu O v tělesech valů. I přes rozdílné metodiky analýz byly obě metody posuzovány dle různých klasifikačních kritérií. Takto vymezené klasifikace byly vzájemně porovnávány a hodnoceny případně i na úrovni různé zásoby.

Draslík se v povrchových vrstvách pohyboval na úrovni středních, tzn. optimálních zásob. Na pracovních polích je jeho obsah téměř na všech lokalitách na hladině středně vyšších zásob (cca. 70 - 80 mg.kg⁻¹). Hodnoty draslíku na těchto stanovištích jsou sice příznivé, ale celková bilanční zásoba vrstvy, především z hlediska mělkého horizontu (4 - 6 cm) je velmi nízká. Naopak při mohutné vrstvě organického horizontu ve valech je bilanční zásoba velmi vysoká při středním optimálním obsahu prvku v horizontu (Op1). Při zapracování organické vrstvy do svrchní půdní vrstvy dojde k celkově výraznému zlepšení obsahu draslíku. Ve frézováním vytvořené ornici se i v hloubkách 5 - 25 cm zvýší jeho hodnoty z nízkých 15 - 20 mg.kg⁻¹ K na hodnoty vyšší, vhodné pro následnou dlouhodobou porostní produkci.

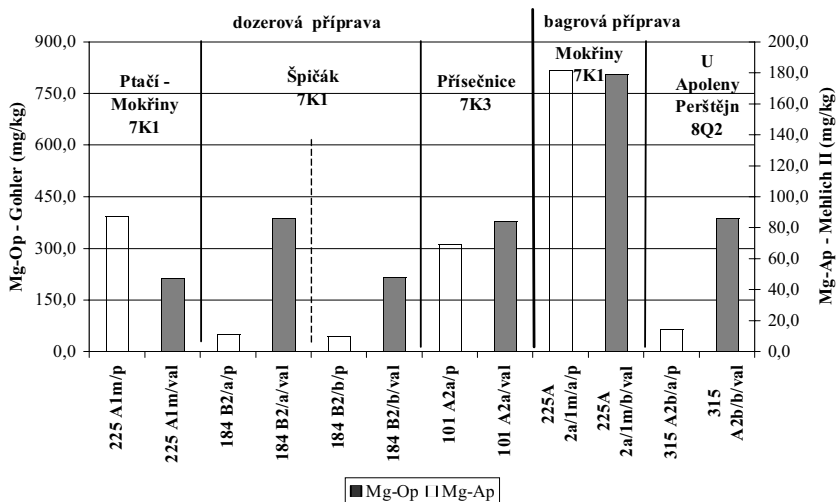
Vápník i přes celoplošné meliorační letecké vápnění se na některých plochách pohybuje na úrovni nízkých zásob. Na jiných se naopak v této souvislosti výrazně zvyšuje. Hodnoty 1600 mg.kg⁻¹ dosahují spíše úrovně bohatých stanovišť nižších poloh případně lokalit celoplošně obhospodařovaných zemědělských půd. Také relativně nižší obsah 200 - 400 mg.kg⁻¹ v oblasti Špičáku považujeme za optimální a pro daný soubor lesních typů a PLO Krušné hory spíše středně vysoký. Vliv vápnění se v podstatě projevuje na všech šetřených plochách s celoplošnou i bagrovou úpravou půdy. V následujícím horizontu Bs na pracovních polích se ale rychle snižuje. Již v hloubkách od 10 - 15 cm a více nastává

v důsledku částečného vlivu kyselých metamorfovaných hornin a podzolizačního procesu v dané oblasti k poklesu na úroveň velmi nízkých až nízkých zásob (do 150 mg.kg⁻¹). Na stanovišti s bagrovou přípravou půdy a s tím souvisejícím vytvořeným specifickým mikroreléfem trychtýřovitých tvarů je umožněna akumulace aplikovaného melioračního materiálu v těchto mikrodepresích a navyšování hodnot i ve větších hloubkách.

Hodnoty obsahu Ca v minerální půdě na pracovních polích se liší od hodnoty koncentrace vápníku ve valech. Dle kritérií pro organickou vrstvu můžeme řadit svrchní horizonty (10 - 30 cm) do kategorie optimální zásoby. Tyto hodnoty se na rozdíl od pracovních polí objevují i ve střední části nahrnutých valů. Z hlediska reformy pracovních původně dozerových polí jsou hodnoty valů velice příznivé a se zřetelem na doplnění uvedeného makrobioelementu nevyžadují větších úprav.

Hořčík je v dané šetřené oblasti LS Klášterec výrazně ovlivněn letecky prováděným povrchovým vápněním. Podíl Mg v použitém dolomitickém vápenci byl poměrně vysoký a při větší stabilitě MgCO₃ se výrazně projevil zvláště na pracovních polích s juvenilním stadiem humusové formy. Při velmi vysokém, víceméně extrémním obsahu hořčíku ve svrchní vrstvě půd na převážné většině pracovních polí šetřených lokalit se tato skutečnost projevila i jako sekundární rizikový faktor. Vedle luxusní výživy může docházet k nutriční blokaci některých jednovalentních kationtů (K⁺). Hodnoty překračující 200 mg.kg⁻¹ Mg na kyselých edafických kategoriích souborů lesních typů 7K můžeme považovat za ekologicky nepřírozené a sekundárně rizikové (obr. 3). Při druhotném vlivu u koncentrací 390 mg (Ptačí - Mokřiny) a 817 mg.kg⁻¹ (!) (Mokřiny) dochází ke zvyšování hodnot půdní reakce v důsledku zvyšující se biologické aktivity i k intenzivnější mineralizaci velmi nízkého objemu biomasy iniciálního stadia humusové formy, k rychlé migraci N-min. do spodních půdních vrstev a následnému deficitu v dusíkaté výživě.

Při zapracování rozhrnutých valů současně s velmi mělkým horizontem Ap do hlubších půdních vrstev (20 - 25 cm) na pracovních polích nehrozí deficience hořčíku i při jeho velmi nízkém obsahu (pod 20 mg.kg⁻¹) v těchto již iluviálních spodických horizontech Bs. Vyšší hodnoty budou zachovány na stanovištích s bagrovou přípravou půdy, kde proti výraznější eluviaci působí půdní voda se stále výše položenou hladinou nebo periodicky kolísající. Pro celkovou revitalizaci, která by optimalizovala obsah přístupného hořčíku v půdě při dané technologii mulčovací fréz, není třeba žádné sekundární úpravy půdního prostředí.



Obr 3: Obsah hořčíku v organickém horizontu Op (0 - 30 cm) (podle Gohler) a v horizontu organominerálním Ap (0 - 6 cm) (podle Mehlich II). The amount of magnesium in organic horizon Op (Gohler) and in organic mineral horizon Ap (Mehlich II).

Předpokladem dílčí optimalizace obsahu Mg v půdě jsou hodnoty naměřené v jednotlivých sférách edatopu před strojovou úpravou.

ZÁVĚR

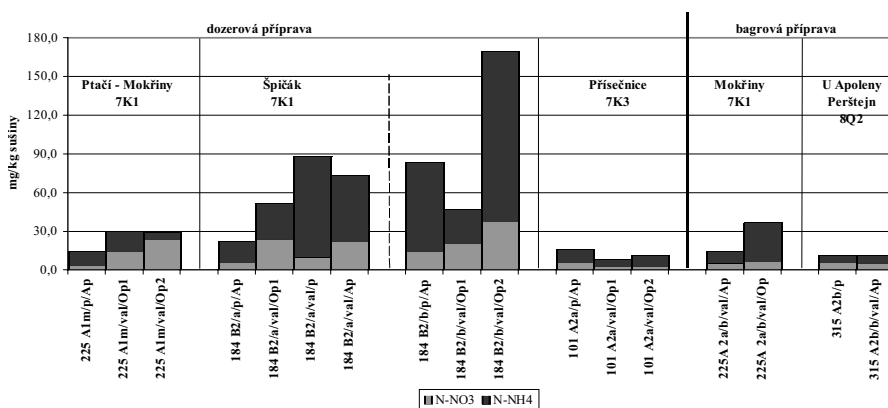
Celoplošná příprava půdy v 7. LVS náhorní plošiny Krušných hor je situována převážně na kyselá, případně kyselá, vodou obohacená stanoviště. Dominantně zde zastoupené podzoly neplní funkci přirozeného stanoviště s obecnou stratografií jednotlivých horizontů, ale jsou degradovány na příslušné antropické variety převážně s odkrytým sterilním spodickým horizontem a na povrchu sekundárně se vyvíjející vrstvou humusového horizontu.

Pracovní pole po celoplošných dozerových přípravách půdy vykazují společně s prohlubněmi při bagrové přípravě výrazný nedostatek organické hmoty. Takto upravená stanoviště se mohou lišit v daném parametru pouze technologickým pojetím přípravy. Nezapojený porost a stálé průběžné vápnění tento deficit organické hmoty ještě zvyšuje. Tyto plochy lze v současné době jen těžko zalesnit (viz příloha).

Dozerové plochy, i přes optimální obsah makrobioelementů mimo dusík, vykazují velmi nízkou bilanční zásobu živin. Je to v konsekvenci především s velmi malou vrstvou iniciálního humusového horizontu Ap

a následujícího sterilního spodického horizontu Bs s extrémně nízkými hodnotami všech základních makrobioelementů.

Potenciální vysoká zásoba organické hmoty ve valech s příznivou hodnotou C:N, vysokým bilančním obsahem humusu a celkového dusíku



Obr 4: Obsah minerálního dusíku a jeho frakcí v organominerálním hor. Ap (0 - 6 cm) a organickém hor. Op (0 - 30 cm) na valech s celoplošnou úpravou, Krušné hory - LS Klášterec. The amount of mineral N and its fractions in organomineral horizon Ap (0 - 6 cm) and organic horizon Op (0 - 30 cm) on ramparts with full-area preparation, Ore Mountains - Forest District Klášterec.

může být efektivně využita při revitalizaci kontinuálních ploch pracovních polí. Obsah minerálního dusíku je ve valech cca 2 - 4krát, někdy i pětkrát vyšší (obr. 4) než v mělkých humusových horizontech původně dozerových ploch.

Významným faktorem při využití valů v rámci revitalizace půdního prostředí je i vysoká maximální sorpční kapacita v tělese valů s hodnotami pohybujícími se v rozmezí 400 - 700 mmol.kg⁻¹. Obsah ostatních živin ve vrstvách podélných valů se pohybuje v rámci ekologického optima.

LITERATURA

BALCAR, V.: 2000, Ekologické krytí výsadeb buku lesního náhradním porostem smrku pichlavého. Sb. konference "Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří", Teplice 4.2.2000, s. 85 - 88.

- CULEK, M.: 1995, Biogeografické členění České republiky, ENIGMA s r.o., MŽP, Praha, ISBN 80-85368-80-3, s. 347.
- HÜTTL, R.F., ZÖTTL, H.W., 1993: Liming as mitigation tool in Germanys declining forests - reviewing results from former and recent trials. *Forest- Ecology-and-Management*, Ebrswalde, Germany, 61: 3/4, 325 - 328, 56 ref.
- KUBELKA, L., 1992: Zhodnocení vlivu chemické meliorace půd degradovaných imisemi v lesní oblasti Krušné hory za období 1973 - 1991, Závěrečná zpráva NAZV d.ú. 06.91-04.92, Teplice, s. 69.
- MAREŠ, V., 1992: Vliv melioračních opatření na růstové podmínky výsadeb v imisních oblastech. *Zprávy lesnického výzkumu*, svazek XXXVII 2, 5 - 7.
- MATĚJKA, K., 2001: Poškození jehličnatých porostů v Krušných horách podle typologických jednotek na základě zpracovaných družicových snímků, Sb. konference *Problematika lesnické typologie III*, Kostelec nad Č. l., 9.-10. 1. 2001, s. 73 - 76.
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., 1999: Vývin kořenového systému smrku pichlavého (*Picea pungens* Engl.) v imisní oblasti Krušných hor, Výroční zpráva proj. NAZV čís. EP 9302, Brno, s. 32.
- NĚMEČEK, J., a kol., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, ČZU Praha, VÚMOP Praha, ISBN 80-238-8061-6, s. 78.
- PERSSON, T., 1988: Effects of acidification and liming on soil biology. In: Andersson, F., Persson, T. (eds.). *Liming as a Measure to Improve Soil and Tree Condition in Areas Affected By Air Pollution. Results and experiences of an ongoing research programme*, 53 - 70.
- PODRÁZSKÝ, V.: 2001, Humusové formy a jejich význam v revitalizaci lesních stanovišť v závislosti na vegetační stupňovitosti. Sb. konference "Problematika lesnické typologie III", Kostelec nad Č. l., 9.-10. 1. 2001, s. 99 - 103.
- SLODIČÁK, M.: 2001, Diferenciace pěstebních opatření v porostech náhradních dřevin. Sb. konference *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách*, Teplice 1.3.2001, s. 151 - 162.
- VAVŘÍČEK, D.: 2000, Význam prioritního půdotvorného faktoru na vlastnosti edatopu a typ stanoviště, Sb. konference *Geobiocenologická typizace krajiny a její aplikace*, Brno, s. 43 - 48.
- Zpráva LČR, 2001, Komplex opatření směřujících k nápravě nepříznivého zdravotního stavu našich lesů jako důsledku vlivu imisí, Pracovní seminář, Důvodová zpráva, Praha, LČR, s. 21.

SUMMARY

The full ground preparation in the 7th forest altitudinal zone of Ore Mountains plateau is mainly situated on acid, optionally acid, water enriched sites. Podzolic soils are dominantly represented here. They do not satisfy the function of natural site with general conservancy of horizons but are degraded to appropriate anthropic variety, mainly with open sterile spodic horizon. Humic layer is secondary created on the surface.

The workspaces embody significant deficiency of organic material after full area ground preparation by dozer and also in pits in case of dredger preparation. These adapted sites can only divergate in significant parameter according to technology of preparation. The free-growing stand and also still running liming increase the deficiency of organic material. These sites can be reforested only with difficulties in nowadays (vide supplement).

The dozer sites embody very low balance of nutrition supply even they have optimal amount of macrobioelements. It is in consequence mainly to very thin layer of humic horizon Ap and followed by sterile spodic horizon Bs with extremely low amount of all basic macrobioelements.

The potential high supply of organic material with favourable C:N ration, high amount of balanced humus and total amount of nitrogen can be effectively used in case of revitalization of continual areas of workspaces. The amount of nitrogen is proximally twice to forth time sometimes even five times higher in ramparts than in shallow humic horizons of original dozer sites.

The significant factor in case of use of ramparts in revitalization of soil environment is also basic saturation in body of ramparts with values running from 400 to 700 mmol.kg⁻¹. The amount of other nutrition in layers in endways ramparts range in ecological optimum.

Adresa autora:

Dr. Ing. Dušan Vavříček

MZLU Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

Zemědělská 3, Brno

TRVALOST EFEKTU CHEMICKÉ MELIORACE NA IMISNÍCH HOLINÁCH

PERIOD OF EFFECTIVENESS OF CHEMICAL AMELIORATION TREATMENTS ON IMMISSION CLEARCUTS

IVAN KUNEŠ, VILÉM PODRÁZSKÝ

ABSTRAKT

Účinky povrchového experimentálního vápnění lesních půd na imisních holinách jsou dlouhodobě sledovány i na lokalitě Velká Deštná na vrcholu hlavního hřebene Orlických hor. Plochy byly založeny na jaře roku 1988 a umožňují studium vlivu experimentálního vápnění a vývoje půdního chemizmu v období 1987 - 2002. Na jednotlivých plochách bylo aplikováno 0, 1 308, 2 826, 3 924 a 8 478 kg/ha jemného vápence (o velikosti zrn pod 1 mm). Výsledky sledování, které musí nezbytně pokračovat i v budoucnosti pro prevenci možných negativních dopadů, je možno shrnout pro lesnickou praxi. Při povrchové aplikaci se maximum účinků dosahuje v nejsvrchnější vrstvě nadložního humusu v období 8 - 10 let, hlouběji (horizonty H, A) v období 10 - 15 let, intenzita změn sorpčního komplexu vrcholů s časovým odstupem 2 - 5 let po změnách půdní reakce. Pro minimalizaci nežádoucích dopadů vápnění je zapotřebí maximálně rychlé založení a vytvoření zapojeného porostu přípravných nebo cílových dřevin.

ABSTRACT

Effects of surface experimental liming were studied on immission clear-cuts in long time period, study area is located on the Velká Deštná locality on the main Orlické hory Mts. range. Research plots were established in spring 1988, studies of liming effects were performed in the period 1987 - 2002. On particular plots, 0, 1,308, 2,826, 3,924 a 8,478 kg/ha of fine limestone (grain size under 1 mm) was distributed by hands on the soil surface. Results are available for the forestry practice, research has to continue in the future - potential of negative liming impacts is topical here. Maximum effects on the soil reaction were observed in 8 - 10 years after limestone application at the soil surface (F - horizon) and in the period 10 - 15 years lower (H, A horizons). Base saturation dynamics shows the time delay 2 - 4 years following pH values. For site protection, efficient forest stands are vitally important of pioneer as well as climax species.

Úvod

Dlouhodobost účinků chemické meliorace je široce diskutovaným tématem při hodnocení efektů vápnění a hnojení lesních půd a porostů. Dosavadní výsledky prokazují poměrně malou efektivitu daných opatření a velice omezené trvání. Většinou však byly získány na provozních plochách a lesnická praxe výrazně pociťuje nedostatek experimentálně potvrzených výstupů, využitelných provozem. Cílem předkládaného příspěvku je proto ve zkratce představit výsledky, dosažené na jedné z mála experimentálních ploch s aplikací dolomitických vápenců a vyhodnotit časovou dynamiku vlivů na vybrané základní pedochemické charakteristiky předpokládané kořenové vrstvy následných porostů. Dalším cílem je uvést základní dostupnou literaturu s výsledky analýzy vápnění pro jejich využitelnost v následujícím období.

METODIKA

Experimentální plochy byly založeny v extrémních imisně ekologických podmínkách Orlických hor poblíž jejich nejvyššího vrcholu (Velká Deštná - 1 115 m n. m. - 8. LVS) v porostu 130A. Jedná se o oblast krystalinika Českého masívu a území bývalého Lesního závodu Opočno, lesní správy Deštné, nyní Kolowratských lesů. Mimořádně nepříznivé podmínky jsou určeny exponovaností vůči působení klimatických činitelů, stavem půdy a imisním zatížením, v první řadě v minulosti oxidem siřičitým, nyní ozónem a vysokými spady dusíku. Průměrné srážky zde jsou zhruba 1200 mm ročně, průměrná roční teplota je 4 °C. Jedná se o klimatický okrsek C1, mírně chladný.

Stanovištní podmínky jsou charakterizovány lesním typem 8Z2, jeřábová smrčina borůvková na svazích, geologický podklad tvoří svor. Půdní typ je podle Morfogenetického klasifikačního systému možno určit jako podzol organozemní (PZo), v klasifikaci ÚHÚL jako drnový (horský) podzol nebo rašelinný podzol - alespoň v minulosti (Hraško et al. 1987). Nyní došlo k odbourání horizontů nadložního humusu a stav půd vyžaduje přehodnocení. Výzkumná plocha byla založena na jaře 1988 v již rostoucí čtyřleté kultuře. Obsahovala varianty K - kontrolní, bez aplikace dolomitického vápence a pak varianty 3H, 3J, 9H a 9J, které odpovídají aplikaci 3 a 9 t.ha⁻¹ tzv. hrubého a jemného dolomitického vápence. Hrubý vápenec (H) obsahoval 56,4 % hmotnosti částic větších než 1 mm, považovaných za neúčinné, dále 15,6 % částic o velikosti 1 - 0,5 mm, 11,1 % částic o velikosti 0,5 - 0,2 mm a 16,9 % částic menších než 0,2 mm. Podíl odpovídajících frakcí u tzv. jemného vápence (J) činil 5,8 - 16,3 - 20,4 a 57,5 %. V obou případech byl použit dolomitický vápenec z dolu Horní Lánov, obsahující 21,5 % Ca a 11,25 % Mg. Vápnění bylo provedeno ručně na povrch půdy na celé ploše jednotlivých variant o velikosti 100 m² (10 x 10 m). Množství jemného vápence (o velikosti zrn pod 1 mm) aplikovaného v případě jednotlivých variant bylo: 0, 1 308, 2 826, 3 924 a 8 478 kg/ha pro varianty K, 3H, 3J, 9H, 9J.

Půdní vzorky byly odebrány z horizontů F, H a A (resp. Ae až E - nejsvrchnějších 10 cm minerální půdy) na podzim let 1987, 1988, 1990, 1992, 1994, 1998 a 2002. Základní pedologický průzkum byl klasickými metodami proveden v r. 1987. Na každé variantě bylo vykopáno v roce 1988 a 1990 10 sond, v ostatních letech 5 sond. V roce 1988, 1990 a 2002 byly vzorky analyzovány jednotlivě, v letech ostatních odběrů byly na jednotlivých variantách ze vzorků odpovídajících horizontů vytvářeny vzorky směsné. Nerozpuštěný vápenec, jemný i hrubý, tvořil stále zřetelnou vrstvičku v horizontu živého drnu a ve vrstvě opadu (vrstva L),

kteřá nebyla zahrnuta do analýz. Ze širokého spektra prováděných analýz jsou uvedeny výsledky stanovení půdní reakce potenciální a nasycení sorpčního komplexu bázemi, komplexně popisující tzv. stav půdního chemizmu. Širší spektrum výsledků je obsaženo např. v práci Podrázského (2003) a bude souhrnně a průběžně nadále publikováno ve vědeckých i odborných sděleních.

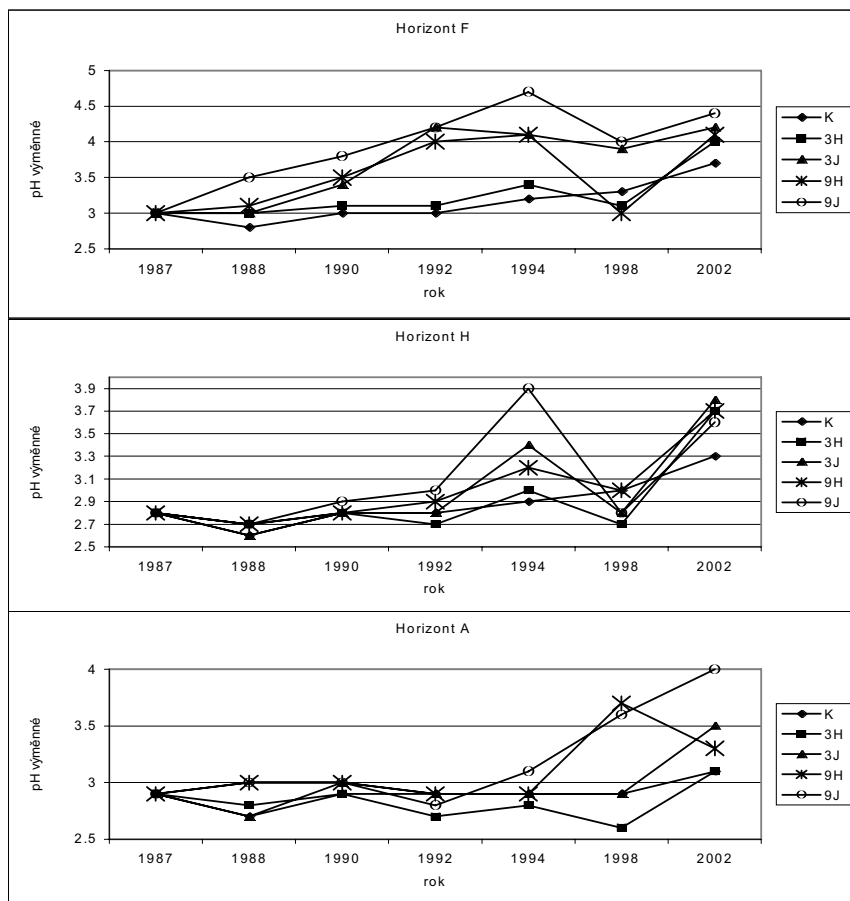
VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky zřetelně dokládají působení vápnění na sledované pedochemické vlastnosti a umožňují posoudit i časový aspekt vlivu tohoto opatření chemické meliorace stanoviště. Jasně viditelný efekt se dostavil již v prvním roce po jarní aplikaci vápence a byl patrný především v nejsvrchnějším sledovaném horizontu - F (obr. 1). Dalších 6 let účinnost vápnění v této povrchové vrstvě rostla a po roce 1994 se rozdíly mezi jednotlivými variantami začaly opět zmenšovat. Stále však jsou statisticky průkazné, a to i po 15 letech trvání experimentu. Stejná dynamika je patrná i v horizontu H, tj. ve zcela metamorfované holorganické vrstvě.

Účinnost vápnění, zejména nejvyšší dávky, je v minerálních půdním horizontu A (Ae, E) patrná ve větší míře až v posledním období. Větší rozdíly se začínají projevovat v roce 1994 a až v letech 1998 a 2002 dosahují větších hodnot. Drží se přitom již na vyrovnané úrovni.

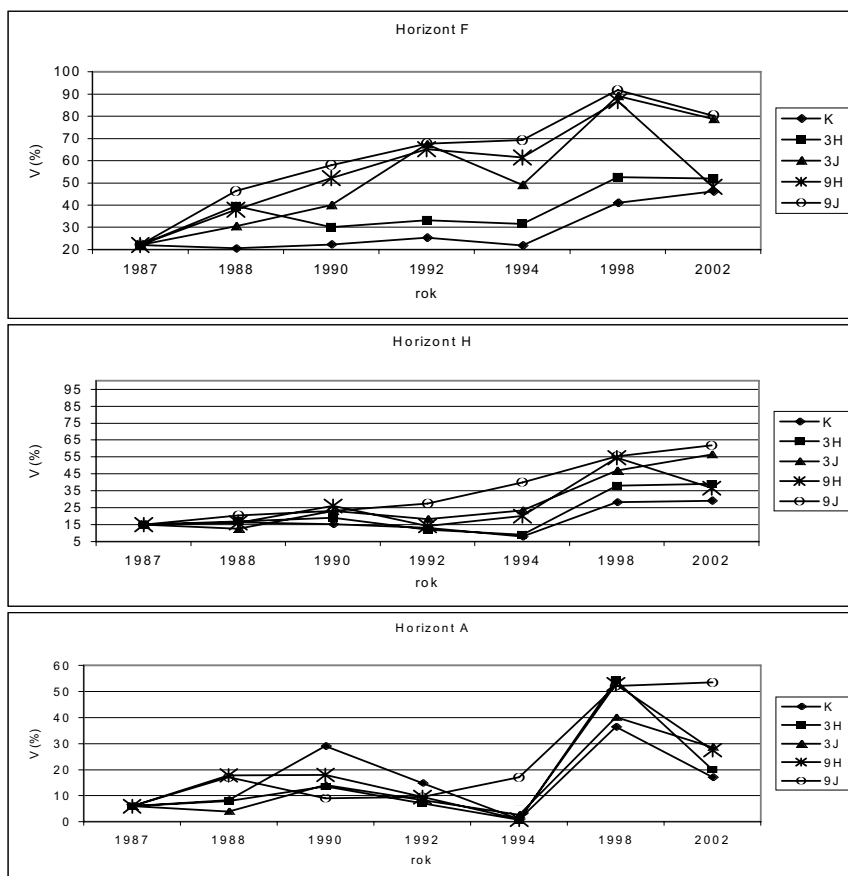
Nasycení sorpčního komplexu bázemi vykazuje oproti hodnotám půdní reakce určité časové zpoždění. V horizontu F rozdíly mezi variantami výrazně rostou v periodě 1988 - 1998 a mírně poklesají až v r. 2002. Rozdíly mezi variantami jsou poněkud vyšší ve srovnání s rozdíly v hodnotách pH (obr. 2). Diference v hodnotách nasycení sorpčního komplexu bázemi v hlubších horizontech nadále rostou. Přitom je zcela zřetelně vidět rozdílný efekt v závislosti na dávce jemného vápence.

Srovnatelné výsledky jiných autorů a jejich týmů v disponibilní literatuře uváděny nejsou, a to především v literatuře zahraniční. Vápnění imisních holin ve vysoko položených horských lokalitách, v extrémních imisně-ekologických podmínkách, je totiž českou specifikou a jinde se neprovádí - dokonce je výslovně zakazováno. Přesto je možno pro účinnost vápnění v podobných poměrech sumarizovat a učinit významné závěry, důležité i pro lesnickou praxi. Ve srovnání s provozní aplikací vápnění, prováděnou do konce 80. let minulého století, je prokazatelný jasný a z hlediska půdního chemizmu pozitivní efekt vápnění na experimentální ploše. To je dáno především ruční aplikací přesně definované dávky jemného vápence. Naproti tomu aplikace hrubých materiálů v minulosti nevedla k žádoucím výsledkům (Peřina - Podrázský 1988, Podrázský



Obr. 1: Vývoj půdní reakce potenciální na výzkumných plochách v období 1987 - 2002 v jednotlivých horizontech F, H, Ae. Dynamics of soil potential reaction on research plots in the period 1987 - 2002 in particular horizons F, H, Ae.

1989, Podrázský - Peřina 1989). Laboratorní i terénní pokusy jasně prokázaly závislost účinnosti vápenců na jejich zrnitosti, v první řadě na obsahu frakce pod 1 mm s optimem velikosti zrn 0,2 - 0,5 mm (Podrázský 1990, Podrázský 1992). Tyto předběžné výsledky potvrdily i nejnovější práce (např. Ulbrichová - Podrázský 2002). Mimořádnou pozornost si v daných podmínkách zaslouží i potenciální negativní dopady vápnění - na dané lokalitě se začíná projevovat negativní ovlivnění cyklu dusíku vápněním (Podrázský 2003).



Obr. 2: Vývoj nasycení sorpčního komplexu bázemi na výzkumných plochách v období 1987 - 2002 v jednotlivých horizontech F, H, Ae. Dynamics of base saturation on research plots in the period 1987 - 2002 in particular horizons F, H, Ae

Zajímavá je rovněž tendence vzestupu hodnot pH a nasycení sorpčního komplexu bázemi i na kontrolní variantě. Je podmíněna změnou charakteru vegetace a opakovanou provozní aplikací vápnění na hlavním hřebeni Orlických hor. Otázka spontánní revitalizace půd po snížení kyselé depozice je velmi problematická.

ZÁVĚR

Získané výsledky umožňují z hlediska účinnosti vápnění několik zásadních závěrů pro lesnickou praxi:

- * vápnění a jeho ekologické účinky vyžadují další výzkum z hlediska kontroly účinnosti a prevence negativních dopadů,
- * pečlivě provedené opatření má výrazný vliv na změnu pedochemických charakteristik lesních půd,
- * při povrchové aplikaci se maximum účinků dosahuje v nejsvrchnější vrstvě nadložního humusu v období 8 - 10 let, hlouběji (horizonty H, A) v období 10 - 15 let,
- * intenzita změn sorpčního komplexu vrcholí s časovým odstupem 2 - 5 let po změnách půdní reakce.
- * pro minimalizaci nežádoucích dopadů vápnění je zapotřebí maximálně rychlé založení a vytvoření zapojeného porostu přípravných nebo cílových dřevin.

LITERATURA

- HRAŠKO, J. et. al., 1987: Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSSR. Bratislava, ČSAV. 107 s.
- PEŘINA, V. - PODRÁZSKÝ, V.: Účinnost vápnění v Jizerských horách. Lesnická práce, 67, 1988, č. 1, s. 12 - 17.
- PODRÁZSKÝ, V.: Velkoplošné povrchové vápnění imisních holin: rizika a přínosy. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR. /Sborník referátů semináře 18. 2. 2003/ Kostelec nad Černými lesy, Česká zemědělská univerzita 2003. s. 60 - 65.
- PODRÁZSKÝ, V.: Vliv vápnění na chemické vlastnosti lesních půd Jizerských hor, Orlických hor a Krkonoš. Práce VÚLHM, 74, 1989, s. 169 - 205.
- PODRÁZSKÝ, V.: Relativní účinnost zrnitostních frakcí dolomitického vápence v laboratorních podmínkách. Zprávy lesnického výzkumu, 35, 1990, č. 3, s. 15 - 18.
- PODRÁZSKÝ, V.: Dolomitický vápenec - složení a účinnost. Zprávy lesn. výzk. 37, 1992, č. 4, s. 36 - 39.
- PODRÁZSKÝ, V. - PEŘINA, V.: Zahraniční zkušenosti s vápněním lesních půd. Lesnická práce, 68, 1989, č. 3, s. 111 - 120.
- ULBRICHOVÁ, I. - PODRÁZSKÝ, V.: Dlouhodobé účinky povrchového vápnění na stav kultur smrku a lesní půdy. In: Výsledky

lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Sborník celostátní konference 14.3.2002. Teplice, VÚLHM 2002, s. 29 - 36.

SUMMARY

Liming is broadly used treatment in the immission areas - on different site types and in different site and ecologic conditions. Immission clear-cuts in high elevated mountain conditions are specific for the Czech Republic, for the border mountains. Presented paper documents effects of experimental liming on top locality of the Orlické hory Mts., near the highest peak Velká Deštná Mt. Effects of surface experimental liming were studied on immission clear-cuts in long time period. Research plots were established in spring 1988, studies of liming effects were performed in the period 1987 - 2002. On particular plots, 0, 1308, 2826, 3924 a 8478 kg/ha of fine limestone (grain size under 1 mm) was distributed by hands on the soil surface. Soil sampling (F, H and A/Ae/E horizons) was done in 2 - 4 years intervals. Individual or bulk samples (in both cases 5 or 10 individual sampling per variant-plot) accordingly to financial possibilities was assured.

As preliminary results, dynamics of pH in KCl and of base saturation is documented (Fig 1 and 2).

Results can be summarized:

- * liming effects depend on the limestone amount applied, fine gran content (under 1 mm) play the basic role,
- * at surface limestone application, maximum effects on the soil reaction were observed in 8 to 10 years after limestone application at the soil surface (F - horizon) and in the period 10 to 15 years lower (H, A horizons).
- * for site protection, efficient forest stands are vitally important of pioneer as well as of climax species.
- * results are available for the forestry practice, research has to continue in the future - potential of negative liming impacts is topical here.

Pozn.: Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru LF ČZU v Praze MSM 414100009 Obnova funkčních lesních ekosystémů Krušných hor - syntéza dostupných údajů a dále výzkumného záměru VÚLHM VS Opočno (CEZ:M06/99:01), "Pěstování lesa v ekotopech narušených antropogenní činností".

Adresa autorů:

Ing. Ivan Kuneš

Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Katedra pěstování lesů, lesnická fakulta České zemědělské univerzity

Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbát

kunes@lf.czu.cz

podrazsky@lf.czu.cz

VÁPŇENÍ LESNÍCH POROSTŮ V KRUŠNÝCH HORÁCH – VÝSLEDKY OPAKOVANÝCH ANALÝZ NA LS HORNÍ BLATNÁ A OL BOŽÍ DAR

*LIMING OF FOREST STANDS IN THE ORE MTS. - RESULTS OF REPEATED
ANALYSES ON LOCALITIES OF HORNÍ BLATNÁ AND BOŽÍ DAR*

VÍT ŠRÁMEK, VĚRA FADRHONSOVÁ, BOHUMÍR LOMSKÝ

ABSTRAKT

V České republice v současné době probíhá vápnění lesních porostů na základě vládního usnesení 532 z roku 2000. Příspěvek hodnotí vývoj chemických vlastností na vápněných plochách dva roky po aplikaci vápnitého dolomitu. K nejvýraznějším změnám došlo v humusu a humusem ovlivněném minerálním horizontu A, ovlivnění hlubších půdních vrstev lze očekávat v delším časovém horizontu. Změna pH je poměrně výrazná, aplikovaná dávka však nepředstavuje riziko z hlediska možnosti extrémních výkyvů půdní reakce. Kromě nárůstu obsahu přístupných prvků obsažených v použitém vápnitém dolomitu (Ca, Mg), došlo v humusu a svrchním minerálu ke zvýšení přístupnosti dalších živin. To je způsobeno pravděpodobně jejich uvolněním z humusové vrstvy a zlepšenou přístupností při zvýšení pH. Tento jev neplatí pro horizont B – k vyplavování živin do spodních půdních vrstev tedy nedochází.

ABSTRACT

In the Czech Republic liming of the forest stands is done recently, based on the Government Decision No.:532/2000. The contribution evaluates the development of chemical characteristics at the limed plots, two years after the application of dolomite limestone. Most significant changes can be observed in the humus layer and A-mineral horizon, influenced by humus, influence on the deeper soil layers can be expected within a longer time horizon. The change of pH is comparatively important, however, the dose implied does not mean any risk from the viewpoint of possible extreme changes of the soil reaction. Besides an increase of the content of elements available, present in the dolomite limestone used (Ca, Mg), also availability of other nutrients from the humus layer and upper mineral layer has increased. It is, most probably, connected to their release from the humus layer and better availability under higher pH. This is not valid for the B-horizon – it means leaching of nutrients into the lower soil layers does not occur.

Úvod

V oblasti Krušných hor bylo vzhledem k vysokému zatížení kyselými depozicemi, které způsobily výraznou degradaci lesních půd, v sedmdesátých a osmdesátých letech používáno vápnění jako prostředek kompenzace vstupu kyselých látek a revitalizace půdního prostředí. V období let 1978 až 1991 byly v přírodní lesní oblasti Krušné hory vápněny lesy na celkové rozloze cca 62 000 ha. Primární pozornost přitom byla věnována východnímu Krušnohoří (tehdejší LS Klášterec nad Ohří, Červený Hrádek, Litvínov). Počátkem devadesátých let se zdravotní stav lesních porostů v Krušných horách zlepšoval – v tomto období bylo od plošného vápnění postupně upouštěno. Obdobný pokles nastal i v sousedním Sasku, kde byla nejmenší rozloha vápnění v roce 1993

(zhruba 3 000 ha). V Sasku rozloha vápněných porostů výrazně narostla po imisním poškození porostů v roce 1996. V roce 1996 tam bylo povápněno téměř 25 000 ha lesů, v letech 1997 a 1998 více než 30 000 ha. Celkem bylo v Sasku v letech 1991 – 2001 povápněno cca 183 000 ha lesů (Raben, Leube 2002). V České republice bylo k vápnění opět přistoupeno v roce 2000 po intenzivních projevech žloutnutí lesních porostů v oblasti západního Krušnohoří (LS Horní Blatná a Kraslice), které jsou spojeny s výrazně kyselými půdami s nedostatkem bazických prvků, zejména hořčíku. Současné projekty vápnění se opírají o vládní usnesení 532 z května 2000, které ukládá ministru zemědělství provádět vápnění a hnojení v letech 2000 až 2004 v oblasti Krušných a Orlických hor. Rozsah prováděných aplikací je uveden v tabulce 1. Kromě těchto aplikací

*Tab. 1: Rozsah vápnění prováděného v Krušných horách v rámci vládního usnesení 532/2000 podle jednotlivých vlastníků.
Extent of liming in the Ore Mts. on the individual owners (based on the Government Decision No.:532/2000).*

Lokalita	2000	2001	2002
LS Kraslice	1 742,51	1 820,56	1 280,62
LS H. Blatná	1 576,99	1 073,38	1 262,08
LS Klášterec n.O	949,00	1 868,00	1 807,00
LS Č. Hrádek	1 109,00	-	-
LS Litvínov	1 411,00	619,46	448,80
LS Děčín	-	613,39	199,85
LČR celkem	6 788,50	5 994,79	4 998,35
ML Kraslice	400,00	194,36	-
OL Boží Dar	105,00	-	-
ML Jáchymov	-	428,38	543,70
OL Kryštofovy Hamry	440,00	-	-
ML Jirkov	393,00	553,51	286,04
OL Hora sv. Kateřiny	-	-	196,97
KS Jezeří	133,52	276,44	600,86
ML Most	-	-	1 019,64
OL Krupka	-	74,03	-
OL Mikulov	-	5,66	-
Honik	-	2,80	-
Polesí Sřekov a.s.	-	-	136,01
Ostatní vlastníci celkem	1 471,52	1 535,18	2 783,22
Krušné hory celkem	8 260,02	7 529,97	7 781,57

prováděly vápnění v roce 2000 také Lesy České republiky v rámci programu PHARE.

Pro současné aplikace vápnění je využíván vápnitý dolomit s vysokým obsahem hořčíku – minimální obsah MgCO_3 36,5 %, minimální obsah $\text{MgCO}_3 + \text{CaCO}_3$ je 80 %. V roce 2000 probíhalo vápnění dolomitem zrnitostí frakce do 4 mm, od roku 2001 je povolena zrnitost do 2 mm s maximálním podílem do 5 % nad 2 mm a do 35 % nad 1 mm. Obsah těžkých kovů je omezen v souladu s vyhláškou MZe 271/1998 Sb.

Plochy pro vápnění jsou vybírány na základě typologických kritérií a výsledků půdních analýz – blíže Šrámek, Fadrhonsová, Lomský (2003). Kromě kontroly vlastních aplikací je prováděna také kontrola dlouhodobé účinnosti vápnění systémem opakovaných odběrů půd a asimilačních orgánů na vápněných plochách, kterou provádí Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti a Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Analýzy humusu, minerální půdy a asimilačních orgánů jsou prováděny jednak před samotnou aplikací a poté opakovaně v termínu dvou, pěti a deseti let po aplikaci. V současné době jsou tedy zpracovávány výsledky analýz z roku 2000 (před vápněním) a 2002 (po vápnění) na plochách vápněných v roce 2002. V tomto příspěvku jsou hodnoceny některé ze základních parametrů pro oblast LS Horní Blatná a OL Boží Dar, kde bylo v roce 2000 provedeno vápnění na celkové rozloze 1680 ha.

METODIKA

V porostech vybraných pro vápnění byly v dubnu 2000 odebrány půdní vzorky. Odběry probíhaly směsným způsobem – vždy ze tří odběrových míst v rámci jednoho porostu. Odběrová místa byla zachycena do mapových podkladů a zároveň byly stanoveny jejich souřadnice pomocí GPS. Odebírány byly vzorky nadložního humusu (FH), svrchního minerálního horizontu obohaceného humusem (A) a ostatních minerálních horizontů do hloubky 30 cm. Celkem byly na území LS Horní Blatná a OL Boží Dar odebrány vzorky ze 14 porostů, což představuje jeden odběr na cca 120 ha vápněné plochy. V dubnu 2002 byly provedeny opakované odběry z identických lokalit. Metodika odběrů zůstala zachována.

Vzorky byly analyzovány ve zkušebních laboratořích VÚLHM. Bylo stanoveno výměnné (KCl) a aktivní pH, potřeba vápnění, oxidovatelný uhlík, dusík (kjehldalizací), přístupný fosfor spektrometricky, obsahy přístupných prvků K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Al, Na ve výluhu NH_4Cl a

celkové obsahy prvků P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mn, Fe, Al, Na ve výluhu lučavkou královskou. V dalším příspěvku je stručně zhodnocen vývoj výměnného pH a přístupných obsahů základních živin.

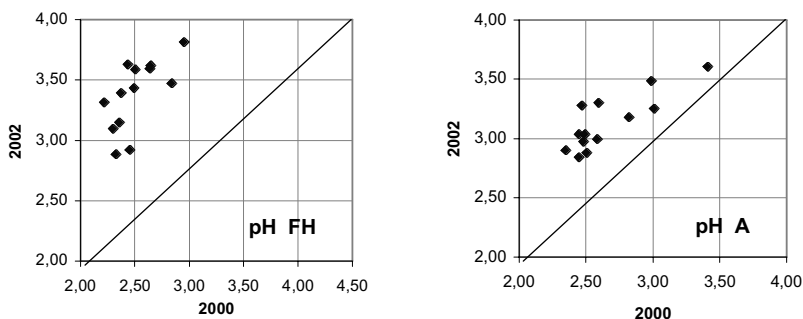
VÝSLEDKY

Srovnání průměrných charakteristik vzorků před a po vápnění je uveden v tabulce 2. Je patrné, že došlo k mírnému nárůstu výměnného pH z oblasti velmi silně kyselé ($\text{pH} < 3$) do silně kyselé ($\text{pH} < 4$), přitom v je nárůst o jednotku pH, u minerálu zhruba o polovinu. Obsahy přístupného vápníku a hořčíku logicky výrazně stouply v humusové vrstvě, pozitivní nárůst těchto prvků lze dokumentovat i pro minerální horizont A, kde se průměrné hodnoty v obou případech dostaly z oblasti kritického nedostatku, jejich zásobu však lze stále hodnotit jako nízkou. V humusové vrstvě a minerálním horizontu A lze dokumentovat rovněž zvýšení přístupného obsahu dalších hlavních živin, způsobené pravděpodobně jednak jejich uvolněním z humusové vrstvy, jednak zvýšenou přístupností při vyšším pH. U horizontu B nedošlo k výraznějším změnám v obsahu přístupných živin, uvolněné živiny tedy nejsou ve zvýšené míře vyplavovány do spodních půdních horizontů.

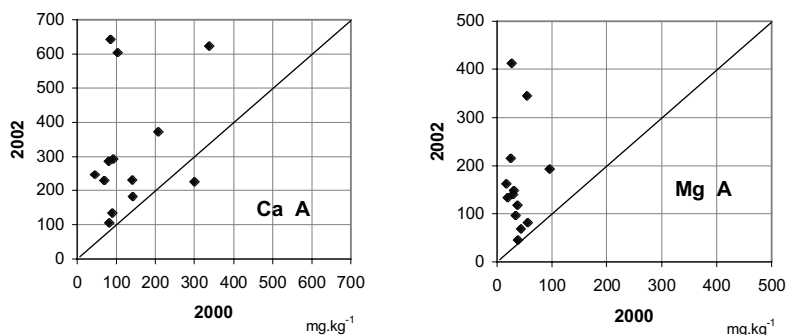
Individuální posun chemických vlastností vzorků z jednotlivých porostů je patrný z grafických zobrazení. U pH v horizontu A došlo k vyššímu nárůstu zejména u půd s původní hodnotou okolo pH 2,5 (obr. 1).

Tab. 2: Srovnání průměrných charakteristik půdního chemismu před vápněním (2000) a po vápnění (2002) na lokalitách LS Horní Blatná a OL Boží Dar. Comparison of mean characteristics of soil chemism before liming (2000) and after liming (2002) on localities Horní Blatná and Boží Dar.

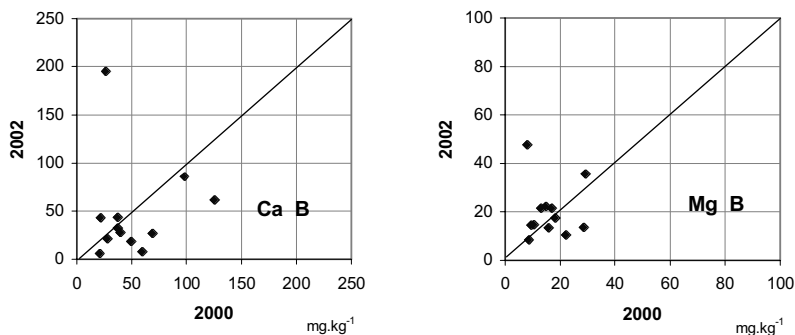
Půdní horizont	Rok	pH (KCl)	Ca mg/kg	Mg mg/kg	N %	P mg/kg	K mg/kg
FH (Humus)	2000	2,51	883	147	1,71	25,05	306,5
	2002	3,58	2368	821	1,85	82,92	419,4
A (svrchní minerál)	2000	2,64	121	36	0,53	18,95	99,7
	2002	3,15	295	153	1,16	25,46	203,3
B (minerál)	2000	2,90	47	16	0,21	32,09	45,2
	2002	3,34	50	19	0,22	36,86	49,1



Obr. 1: Změny pH v humusu (FH) a svrchním minerálním horizontu (A) před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of pH in humus (FH) and in top mineral horizon (A) before liming (2000) and two years after liming (2002).



Obr. 2: Změny obsahu přístupného vápníku a hořčíku v horizontu A před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available calcium and magnesium in horizon A before liming (2000) and two years after liming (2002).

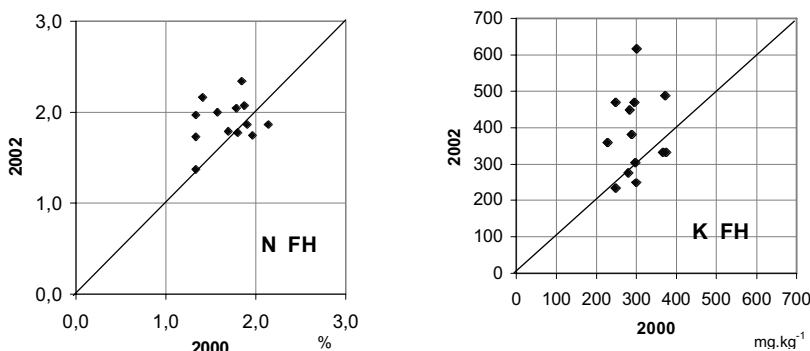


Obr. 3: Změny obsahu přístupného vápníku a hořčíku v horizontu B před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available calcium and magnesium in horizon B before liming (2000) and two years after liming (2002).

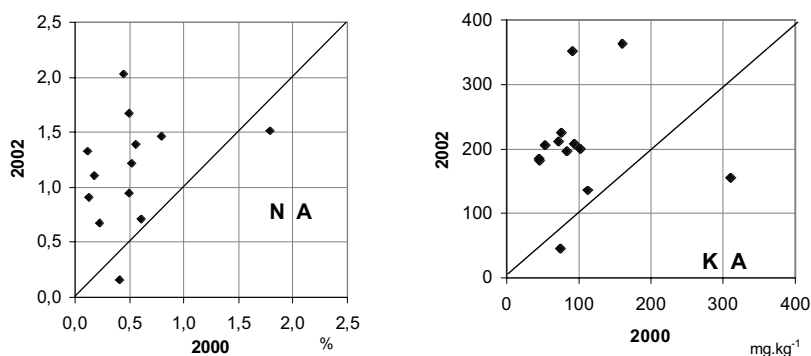
U vápníku a hořčíku je patrný poměrně výrazný nárůst u většiny vzorků horizontu A (obr. 2), v hlubším minerálu (obr. 3) se obsahy jak zvyšovaly tak snižovaly, celkově nedošlo k signifikantním změnám.

U přístupného dusíku a draslíku je patrný mírný nárůst obsahů v humusové vrstvě (obr. 4), a výraznější zvýšení obsahů v horizontu A (obr. 5). V horizontu B (obr. 6) není u dusíku změna signifikantní, u draslíku jsou obsahy přístupného K zvýšené.

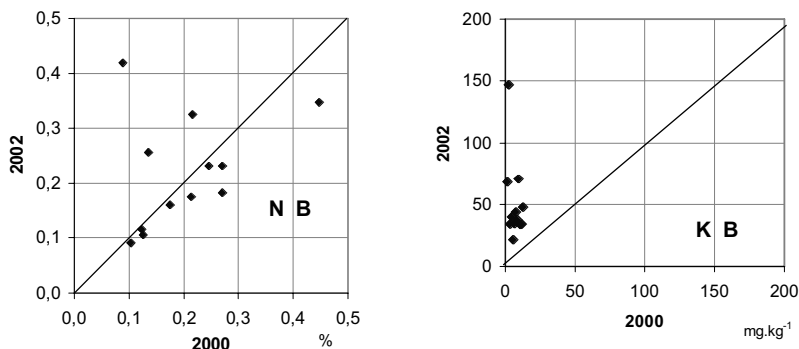
U fosforu došlo ke zvýšení přístupného obsahu pouze v humusové vrstvě, v minerálním horizontu A již změny nejsou signifikantní (obr. 7).



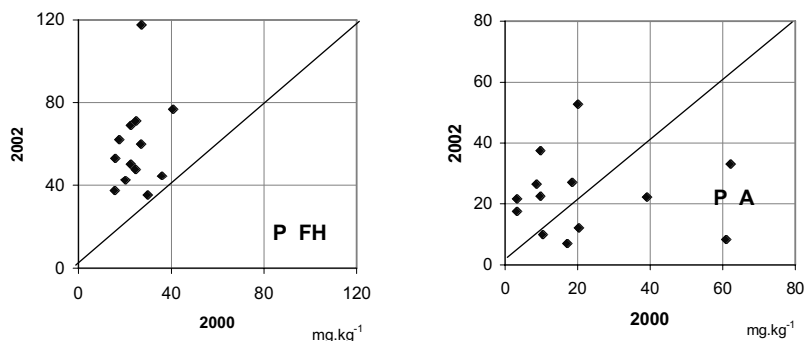
Obr. 4: Změny obsahu přístupného dusíku a draslíku v humusové vrstvě (FH) před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available nitrogen and potassium in humus horizon (FH) before liming (2000) and two years after liming (2002).



Obr. 5: Změny obsahu přístupného dusíku a draslíku v horizontu A před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available nitrogen and potassium in horizon A before liming (2000) and two years after liming (2002).



Obr. 6: Změny obsahu přístupného dusíku a draslíku v horizontu B před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available nitrogen and potassium in horizon B before liming (2000) and two years after liming (2002).



Obr. 7: Změny obsahu přístupného fosforu v humusu (FH) a svrchním minerálním horizontu (A) před vápněním (2000) a dva roky po aplikaci vápnění (2002). Variation of content of available phosphorus in humus (FH) and in top mineral horizon (A) before liming (2000) and two years after liming (2002).

ZÁVĚRY

Výsledky opakovaných analýz potvrzují očekávané předpoklady. K nejvýraznějším změnám došlo v humusu a humusem ovlivněném minerálním horizontu A, ovlivnění hlubších půdních vrstev lze očekávat v delším časovém horizontu. Změna pH je poměrně výrazná, aplikovaná dávka však nepředstavuje riziko z hlediska možnosti extrémních výkyvů půdní reakce. Kromě nárůstu obsahů přístupných prvků obsažených v použitém vápnitém dolomitu (Ca, Mg), došlo v humusu a svrchním minerálním horizontu ke zvýšení přístupnosti dalších živin. To je způsobeno pravděpodobně jejich uvolněním z humusové vrstvy

a zlepšenou přístupností při zvýšení hodnot pH. Tento jev nebyl zaznamenán pro horizont B, k vyplavování živin do spodních půdních vrstev tedy nedochází.

Uváděné výsledky je třeba brát prozatím jako předběžné, komplexní vyhodnocení analýz z této oblasti i dalších lokalit v současné době probíhá.

LITERATURA

- RABEN, G., LEUBE, F.: Bodenschutzkalkungen (Grundlagen, Anforderungen, Durchführung) In: Symposium zur Waldkalkung, Tagungsbericht 5.- 6. 6. 2002, Sohland/Rotstein, 2002, s. 5 - 17
- ŠRÁMEK, V., FADRHOISOVÁ, V., LOMSKÝ, B.: Vápnění lesních porostů v ČR v letech 2000 - 2004. In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství – sborník ze semináře 18. 2. 2003, Kostelec n. Černými lesy, 2003, s. 17 - 21.

SUMMARY

Since 2000, based on the Government Decision No. 532/2000, liming of the forest stands, showing the symptoms of yellowing, connected to high soil acidity, and insufficiency of basic basal elements, Mg and Ca, is done within the Ore and Orlicke Mts. The first results of evaluation of the liming effect have proved, that significant increase of soil pH occurred. The increase was the highest in the soils of highest acidity (pH around 2.5). In the humus horizons FH, and the upper mineral horizon A, also an increase of the nutrients available, mainly Mg and Ca (several times), observed, also K and N content in these horizons has slightly increased, with P an increase observed only in the humus horizon FH. In mineral horizon B (up to 30 cm), not significant changes noticed, the effect can be supposed in a longer time.

Adresa autorů

Ing. Vít Šrámek, Ph. D.

Ing. Věra Fadrhonsová

RNDr. Bohumír Lomský, CSc.

VÚLHM Jiloviště - Strnady

156 04 Praha 5, Zbraslav

sramek@vulhm.cz

fadrhonsova@vulhm.cz

lomsky@vulhm.cz

BLOK II

DYNAMIKA DEPOZIC

BLOCK II

DYNAMICS OF DEPOSITION

XYLÉMOVÁ MÍZA BŘÍZY JAKO FAKTOR CHARAKTERIZUJÍCÍ VSTUP PRVKŮ Z PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ

*XYLEM SAP OF BIRCH AS A FACTOR TO DETERMINATION OF ELEMENTS UPTAKE
FROM SOIL ENVIRONMENT*

PETR HRDLIČKA, EMANUEL KULA

ABSTRAKT

*Na území východního Krušnohoří a Děčínské vrchoviny byly na jaře (2001 - 2002) odebrány vzorky mízy břízy (*Betula pendula* Roth) a stanoveny makroprvky (N, P, Ca, Mg a K), mikroprvky (Mn, Zn, Cu) a dále Pb, Cd, Al, sírany a dusičnany. Obsah síranů a dusičnanů v míze břízy byl nízký, oba prvky mohou vstupovat do břízy v průběhu vegetačního období z atmosféry. U makroprvků byly nalezeny mezitransektové rozdíly u dusíku (2002) a fosforu (2001). Meziroční rozdíly byly u vápníku (Janov a Litvínov) a draslíku (Klášteřec). U mikroprvků a ostatních prvků se vyskytly meziroční rozdíly, vyšší obsah Mn, Zn, Cd a Al (Litvínov), Zn (Janov). Mezitransektové rozdíly s výjimkou Zn byly zaznamenány v obou letech.*

ABSTRACT

*In the eastern part of the Ore Mts. and Děčín Sandstone Upland, xylem sap of *Betula pendula* Roth was collected in spring (2001 - 2002). Macroelements (N, P, Ca, Mg, K) and microelements (Mn, Zn, Cu) and Pb, Cd, Al, sulphates and nitrates were determined in birch sap. Content of nitrates and sulphates in sap was low; both elements (S, N) can penetrate to birch from atmosphere in the course of the growing season. Among transects, differences of nitrogen and phosphorus were discovered. The differences were found in macroelements (Ca, P) and in microelements (Mn, Zn, Cu, Al) and other elements between the years 2001 - 2002.*

Úvod

Dlouhodobé sledování břízy (*Betula pendula* Roth), která se stala na dobu 50 let jednou z dominantních dřevin ve východním Krušnohoří, ukázalo na nezbytnost zhodnotit tuto dřevinu komplexně. Po stanovení přehledu fytofágních škůdců a vymezení aktuálního zdravotního stavu a dynamiky jeho změn v letech 1994 - 2002 (Kula, Rybář, Zabecka 1999) následovala šetření zaměřená na chemismus asimilačních orgánů - obsah prvků (Kula, Hrdlička, Buchta 2001) a aminokyselin (Kula et al. 2000) a reakci břízy na stres (Fišerová et al. 1999) jako možné faktory dokládající změny v dynamice imisní zátěže.

Xylémová míza představuje významný živinový zdroj pro rostlinu v období nástupu do vegetačního období. Její chemické složení a obsahu prvků nebyl doposud studován. Xylémová míza vytéká po navrtání kmene pouze krátce v jarním období a do vyrašení, kdy existuje pouze kořenový vztlak. Tato metoda může přispět k charakteristice výživy stromu v rámci stanoviště a současně monitorovat rozdíly ve stanovištních podmínkách.

Získané poznatky přispějí k interpretaci fyziologie břízy a umožní zvolit vhodné postupy pro studium břízy jako živné rostliny pro fytofágy.

METODIKA A MATERIÁL

Ve východním Krušnohoří a Děčínské pískovcové vrchovině byl z trvalých vzorníkových stromů určených k hodnocení stupně poškození březových porostů biotickými a abiotickými škodlivými činiteli (Hrdlička, Kula 2001) proveden odběr xylémové mízy břízy. Míza volně po navrtání kmene vytékala 12 - 24 hodin trubičkou do láhve, v níž byla zmrazena a deponována při -18 °C (Kula, Hrdlička 2002). Odběru podléhaly trvalé vzorníkové stromy v porostech břízy druhé věkové třídy v transektech Klášterec, Janov, Litvínov a Sněžník. V každém porostu byla míza odebrána ze tří stromů, v roce 2002 pak ve všech transektech v nadmořské výšce 500 m z 10 stromů. Bylo analyzováno 59 vzorků (2001), a 88 vzorků (2002). Odběr se uskutečnil 26. 3. - 1. 4. 2001 a 10. - 13. 4. 2002. Fosfor byl stanoven spektrofotometricky, vápník, hořčík, draslík, mangan, zinek, měď, olovo, kadmium a hliník metodami AAS, resp. AES (po suchém rozkladu). Dusík byl analyzován dle Kjeldahla (systém TECATOR). Dusičnany a sírany byly stanoveny metodou iontové chromatografie (jen 2001). Získaná data představují obsah jednotlivých prvků, resp. vybraných aniontů v míze xylému břízy. Hodnoty jsou uváděny v mg/l, pouze u Cd g/l.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Anionty

Stanovené hodnoty síranů byly v rozsahu 0,5 - 39,5 mg/l, přičemž dalších 8 obsahů (14 %) bylo pod detekovatelnou hranicí (0,5 mg/l). Interkvartilové rozpětí celého souboru bylo 1,0 - 4,3 mg/l, medián 1,8 mg/l. V transektu Sněžník bylo interkvartilové rozpětí 1,1 - 2,7 mg/l, medián 2,0 mg/l a maximum 39,5 mg/l, v transektu Litvínov 1,5 - 5,1 mg/l; 3,3 mg/l; 13,3 mg/l, v transektu Janov 0,6 - 3,8 mg/l; 1,8 mg/l; 5,0 mg/l a v transektu Klášterec 0,9 - 4,5 mg/l; 1,3 mg/l; 32,3 mg/l. Obsah síranů v míze břízy byl nízký. Příčinou může být poměr mezi organickými formami síry transportovanými xylémem (např. sirnými aminokyselinami) a anorganickým síranem nebo též nižší příjem síranu z půdy. Bříza pak po vytvoření listů potřebné sloučeniny síry akumuluje přímo z atmosféry. Celkově nižší obsah síranů v míze břízy lze vyvodit i ze srovnání s jejich obsahem v míze buku (Rennenberg et al. 1994).

U sledované břízy jsou hodnoty na úrovni vegetačního období, špičkových hodnot rašení pupenů (buk až 60 mg/l) není dosaženo, ve srovnání s bukem jsou v poloviční úrovni.

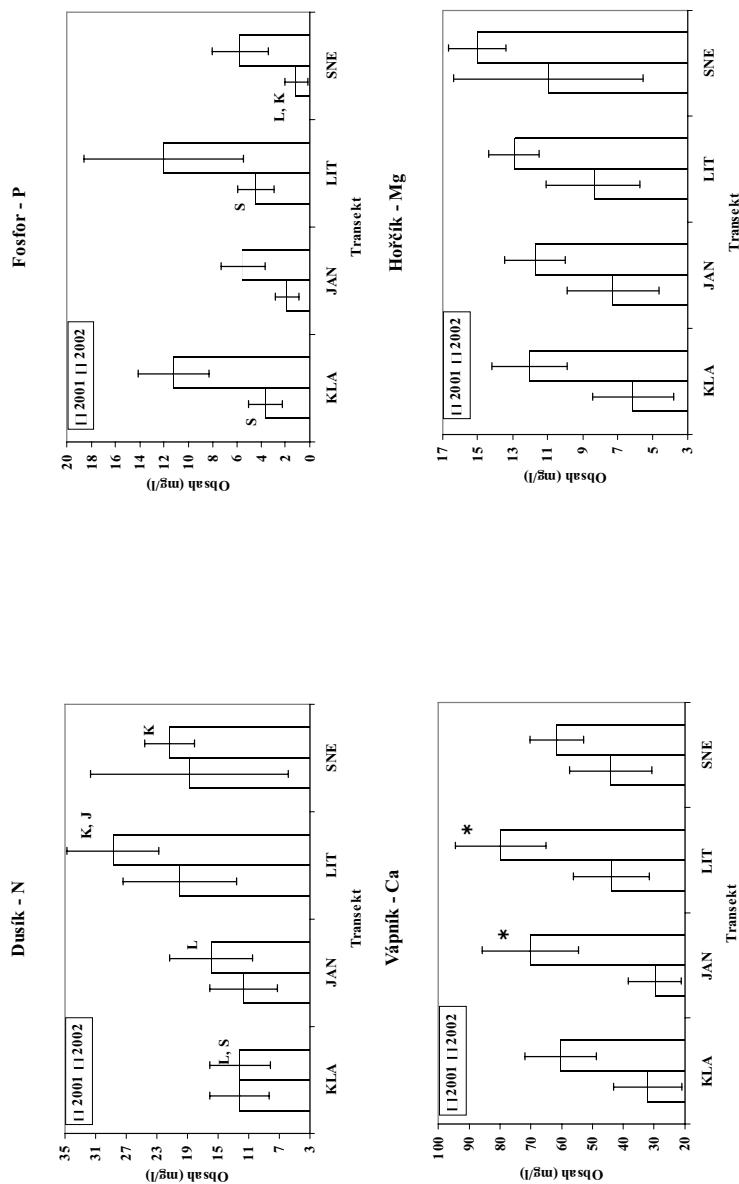
Obsah dusičnanů mízy břízy (2001) byl v rozsahu 0,5 - 13,8 mg/l, přičemž 51 % vzorků vykázalo hladinu pod detekovatelnou úrovní (0,5 mg/l - DU), v transektu Litvínov 0,5 - 0,9 mg/l (53 % pod DU), v transektu Janov 0,5 - 1,1 mg/l (50 %), v transektu Klášterec 0,5 - 1,3 mg/l (mimo polohu 1000 m n. m. - 13,8 mg/l; 29 % pod DU) a v transektu Sněžník nejvyšší hodnota byla 2,5 mg/l (73 pod DU). Celkově byl obsah dusičnanů nižší ve srovnání s ořešákem 5,4 mg/l - Junglas regia L. (Prima-Putra, Botton 1998).

Makroprvky

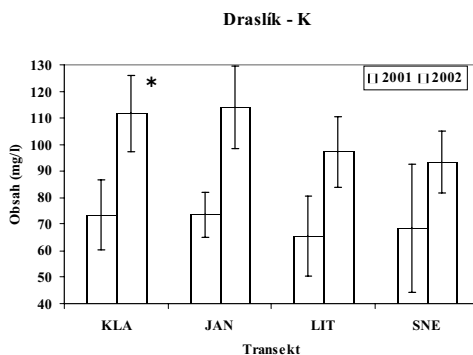
Obsah celkového dusíku v míze břízy vzorků odebraných roku 2001 byl v letech 2001 - 2002 v rozsahu 3,6 - 95,6 mg/l a 1,0 - 53,1 mg/l. Obsahem dusíku se profilovaly transekty pouze v roce 2002 (max. v transektu Litvínov). Nebyly nalezeny průkazné rozdíly mezi oběma odběry (obr. 1). Srovnání obsahu dusíku v míze břízy a v jejích listech (dlouhodobé sledování - konec vegetačního období) provedené v rámci transektů ukazuje, že obsah dusíku v míze ovlivňuje výrazně jen začátek vegetačního období. V průběhu vegetačního období pravděpodobně převažuje příjem sloučenin dusíku z atmosféry. To plyne z toho, že zatímco obsah dusíku v míze je nejvyšší na transektu Litvínov, v listech je v transektech jeho obsah vyrovnán, resp. se v dlouhodobém sledování snižoval, obdobně jako možné atmosférické vstupy (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Obsah fosforu v míze břízy vzorků odebraných v letech 2001 - 2002 byl v rozsahu 0,03 - 8,32 mg/l a 0,9 - 43 mg/l. Nejnižší obsah fosforu byl stanoven v transektu Sněžník (2001) nejen v míze (obr. 1), ale i v listech jako odraz nízkého obsahu P v půdě (A horizont - 4,8 g/g). Vyšší obsah fosforu v míze i listech břízy v transektu Litvínov odráží jeho obsah v půdě (A horizont - 32,1 g/g) (Kula, Hrdlička, Buchta 2001). V roce 2002 byl obsah fosforu v transektech variabilní, nebyly nalezeny meziroční, ani mezitransektové změny.

Obsah vápníku v míze břízy 2001 - 2002 byl v rozsahu 4,8 - 110,0 mg/l a 19,0 - 158,0 mg/l. Obsah vápníku v transektech byl v obou letech vyrovnaný s meziročním nárůstem v transektech Janov a Litvínov (obr. 1), což odpovídá i dlouhodobému trendu mírného růstu obsahu vápníku v listech, mimo transekt Sněžník (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).



Obr. 1: Obsah makroprvků (mg/l) N, P, Ca, Mg v mize břízy - Krušné hory 2002 (dle transektů a roků odběru; písmena značí statisticky významné rozdíly mezi transekt; * značí rozdíly mezi roky odběru). Content of macroelements N, P, Ca, Mg in xylem sap of birch - Krušné hory 2002 (in relation to transect and year; letter indicates differences between transects; * indicates differences between years).



Obr. 2: Obsah makroprvku (mg/l) K v míze břízy - Krušné hory 2002 (dle transektů a roků odběru; písmena značí statisticky významné rozdíly mezi transektu; * značí rozdíly mezi roky odběru). Content of macroelement K in xylem sap of birch - Krušné hory 2002 (in relation to transect and year; letter indicates differences between transects; * indicates differences between years).

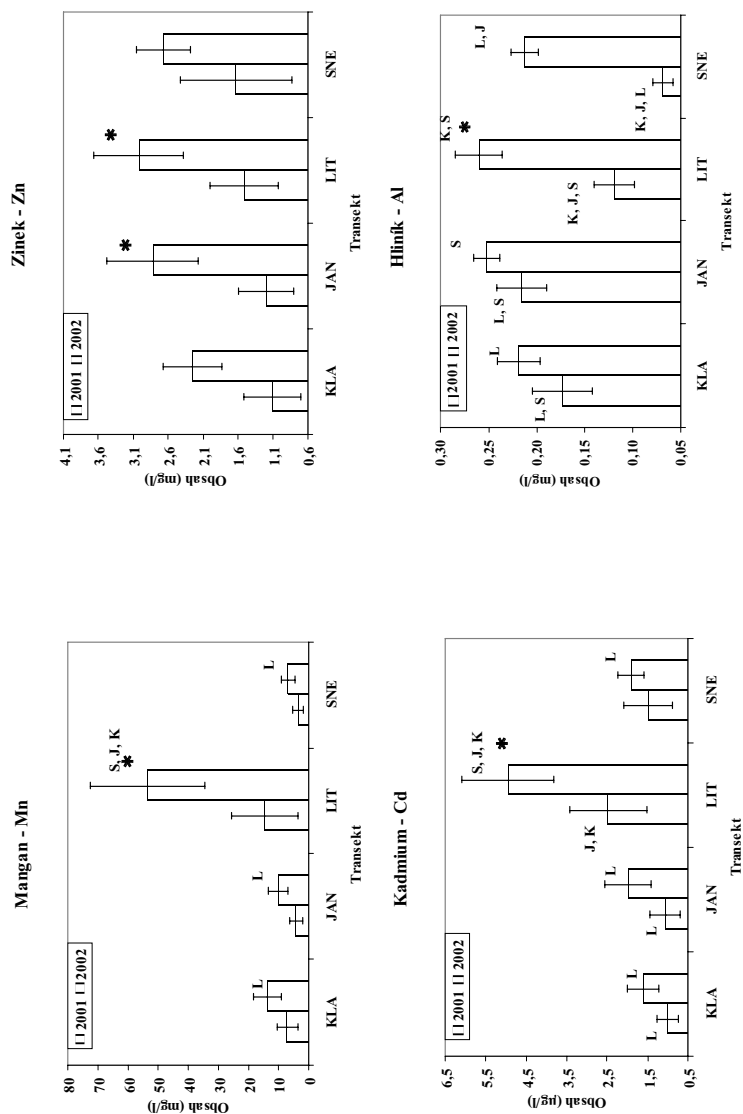
Obsah hořčíku v míze břízy v letech 2001 - 2002 byl zaznamenán v rozsahu 1,1 - 42,1 mg/l a 3,9 - 22,6 mg/l. Obsahu hořčíku v míze břízy byl v transektech i meziročně vyrovnán a stejně jako v jejich listech kolísal bez zjevných trendů či souvislostí (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Obsah draslíku v míze břízy v letech 2001 - 2002 byl stanoven v rozsahu 8,3 - 182,0 mg/l a 35,9 - 221,0 mg/l. Obsahu draslíku v transektech byl v jednotlivých letech vyrovnaný. Vyšší hodnoty obsahu K (2002) zvláště v transektu Klášterec (obr. 2) jsou v souladu s jeho obsahem v listech (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Mikroprvky

Obsah manganu v míze břízy odebrané v letech 2001 - 2002 byl vymezen rozpětím 0,14 - 76,3 mg/l a 0,48 - 123,0 mg/l. Hodnoty obsahu manganu v transektech byly v roce 2001 vyrovnané. Transekt Litvínov je charakterizován meziročním rozdílem a dlouhodobým nadbytečným obsahem, především v porostu 500 m n. m. v půdě (3250 g/g), v míze (obr. 3) a listech (až 9000 g/g). V transektech Klášterec a Janov byl obsah manganu v půdě i bříze srovnatelný, v transektu Sněžník celkově nižší (srovnej Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Obsah zinku v míze břízy vzorků odebraných v letech 2001 - 2002 dosáhl rozpětí 0,12 - 6,48 mg/l a 0,68 - 7,18 mg/l. Hladina zinku v transektech byla vyrovnaná, meziroční rozdíl se projevil v transektu Janov a Litvínov, kde byl obsah zinku vyšší (obr. 3). Toto zjištění je v souladu s obsahem v listech (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).



Obr. 3: Obsah mikroprvků, hliníku (mg/l) a kadmia (µg/l) v mize břízy - Krušné hory 2002 (dle transektů a roků odběru; písmena značí statisticky významné rozdíly mezi transektu; * značí rozdíly mezi roky odběru).
Content of micro- and non - nutrient elements in xylem sap of birch - Krušné hory 2002 (in relation to transect and year; letter indicates differences between transects; * indicates differences between years).

Obsah mědi v míze břízy odebrané v letech 2001 - 2002 byl nižší než 0,02 mg/l a v rozpětí 0,01 - 0,07 mg/l. Celkem 28 % vzorků břízy vykazuje obsah Cu pod hranici stanovitelného množství (0,02 mg/l) a 16 % leželo na této úrovni. Nízký obsah mědi v míze je charakteristický pro lesní dřeviny, které čerpají z půdy jen nezbytné množství, příp. využívají přesunu z jiných částí rostliny v okamžiku potřeby (Dmuchowski, Bytnerowicz 1995; Hrdlička 1997; West 1978). Nízké obsahy mědi byly nalezeny i v listech dlouhodobě sledovaných březových porostů (Kula, Hrdlička, Buchta 2001). Symptomy nedostatku nebyly stanoveny. V míze ani v listech nebyl nalezen značně zvýšený obsah makroprvků, zvláště draslíku, což je jedním z ukazatelů nedostatku mědi (Bergmann 1988).

Ostatní prvky

Obsah olova v míze břízy odebrané v letech 2001 - 2002 byl nižší než stanovitelné množství (0,04 mg/l) nebo v rozsahu 0,05 - 0,10 mg/l (Sněžník). Množství olova v míze potvrzuje nízký (a dlouhodobě se snižující) obsah v listech břízy ve všech sledovaných transektech (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Obsah kadmia v míze břízy odebrané v letech 2001 - 2002 byl v rozsahu 0,4 - 7,4 g/l a 0,03 - 9,8 g/l. Obsah kadmia a meziroční zvýšení byl nejvyšší v transektu Litvínov (obr. 3). Vyšší obsah kadmia v míze břízy na transektu Litvínov odpovídá i vyššímu obsahu v listech v rámci dlouhodobého sledování (Kula, Hrdlička, Buchta 2001). V míze i listech je obsah kadmia v přímé vazbě k obsahu manganu, zvláště v transektu Litvínov v 500 m n. m. (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Obsah hliníku v míze břízy odebrané v letech 2001 a 2002 byl v rozsahu 0,04 - 0,27 mg/l a 0,06 - 0,38 g/l. Obsah hliníku byl v roce 2001 v transektu Sněžník a Litvínov nejnižší, ale s výrazným meziročním zvýšením (obr. 3). Mezitransektové srovnání obsahu hliníku v míze a v listech břízy ukazuje na nejednotnost. V míze byl obsah hliníku v transektu Litvínov v 2001 a v následujícím roce srovnatelný s ostatními transektu. V listech je dlouhodobě v nejvyšší úrovni (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

ZÁVĚR

Na území východního Krušnohoří a Děčínské pískovcové vrchoviny byly po dva následující roky, odebrány v období rašení pupenů a tvorby listů (konec března, začátek dubna) vzorky mízy břízy (xylémový tok)

v rozsahu 59 vzorků v roce 2001 a 88 vzorků v roce 2002. V míze byly stanoveny makroprvky (N, P, Ca, Mg a K), mikroprvky (Mn, Zn, Cu), ostatní prvky (Pb, Cd, Al) a v roce 2001 i obsah síranů a dusičnanů. Na základě vyhodnocení provedených analýz byly formulovány závěry, které z důvodů neexistujících literárních údajů konstatují jen mezitransektové, resp. meziroční rozdíly:

* Obsah síranů v míze břízy byl nižší, bříza pravděpodobně doplňuje svoji potřebu sloučenin síry přímo z atmosféry. Obdobně lze hodnotit obsah dusičnanů v míze.

* U makroprvků byly nalezeny mezitransektové rozdíly v roce 2002 u obsahu dusíku, v roce 2001 u obsahu fosforu. Meziroční rozdíly vykazoval obsah vápníku (Janov a Litvínov) a obsah draslíku (Kláštrec).

* U mikroprvků a ostatních prvků existují meziroční rozdíly, vyšší obsah Mn, Zn, Cd a Al v transektu Litvínov, u zinku i v transektu Janov. S výjimkou zinku byly u zbývajících prvků nalezeny v obou letech i mezitransektové rozdíly.

* Obsahy mědi a olova byly pod detekovatelnou hranicí.

Práce ukázala možnosti sledování stavu výživy břízy pomocí odběru její mízy v době před rašením pupenů a tvorby listů.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt *Betula* zaměřený na řešení problematiky břízy v severočeském regionu byl z rozhodující části financován z grantového úkolu VaV/830/3/00 a dále přispělo MZe ČR a Lesy ČR. Projekt získal též podporu regionálních akciových společností, firem i státní správy: Obalex s.r.o. v Jílovém, Netex s.r.o. a Alussuisse a.s. v Děčíně, Okresní úřad v Děčíně, Setuza a.s., Teplárna a.s. v Ústí n. L., ČEZ a.s. Elektrárna Ledvice, Prunéřov a Počerady, Lafarge Cement a.s. v Čížkovcích, Severočeské doly a.s. Chomutov, Dieter Bussmann s.r.o. v Ústí n. L.

LITERATURA

BERGMANN, W. et al.: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. (Entstehung, visuelle und analytische Diagnose)* VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1988. 762 pp.

DMUCHOWSKI, W., BYTNEROWICZ, A.: *Monitoring Environmental Pollution in Poland by Chemical Analysis of Scots Pine (Pinus*

- sylvestris L.) Needles. Environmental Pollution, 87, 1995, p. 87 - 104.
- FIŠEROVÁ, H., KULA, E., KLEMŠ, M., REINÖHL, V.: Fyziologická reakce břízy na stres a odolnost pupenů břízy k mrazu. Sb. konference "Problematika zachování náhradních dřevin v imisní oblasti Krušných hor", Most 18. - 19. 5. 1999, s. 71 - 76.
- HRDLIČKA, P.: Obsah prvků v jehličí smrku na bodech monitorovací sítě v povodí nádrže Šance. Zpravodaj Beskydy, 9, 1997, s. 27 - 32.
- HRDLIČKA, P., KULA, E.: Obsah prvků v listech břízy transektů Krušných hor a Děčínské pískovcové vrchoviny (2001). In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Sborník z celostátní konference. Slodičák M., Novák J. (eds.) Teplice 14. 3. 2002, VÚLHM, s. 130 - 112.
- HRDLIČKA, P., KULA, E., BUCHTA, I.: Betula - komplexní výzkum břízy jako náhradní dřeviny v Krušnohoří. Část: Trendy změn v obsahu prvků v listech břízy (1995 - 1998 - 2001). Výzkumná zpráva. Lesnická a dřevařská fakulta MZLU, Brno, 2001. 25 str.
- KULA, E., HRDLIČKA, P., KOBLÍŽKOVÁ, V., KRÁČMAR, S.: Obsah celkových aminokyselin v listech náhradních porostů břízy v imisní oblasti Krušných hor. Sb. semináře "Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří" Phare program, Slodičák M., Novák J. (eds.) Teplice 4. 2. 2000, s. 7 - 10.
- KULA, E., HRDLIČKA, P.: Ekologické aspekty zdravotního stavu porostů břízy a jeho dynamiky v imisní oblasti východního Krušnohoří. Část: Chemismus březové vody jako faktor charakterizující vstupy z půdního prostředí. Výzkumná zpráva. Lesnická a dřevařská fakulta MZLU, Brno 200. 26 str., (5 tab., 30 obr.).
- KULA, E., HRDLIČKA, P., BUCHTA, I.: Betula - komplexní výzkum břízy jako náhradní dřeviny v Krušnohoří. Část: Trendy změn v obsahu prvků v listech břízy (1995 - 1998 - 2001). Výzkumná zpráva. Lesnická a dřevařská fakulta MZLU, Brno 2001. 25 str., (7 tab., 21 obr.).
- KULA, E., RYBÁŘ, V., ZABECKA, J.: Comments on the immediate health condition of birch stands in the air polluted region of the Ore Mts. J. For. Sci., 45 (5), 1999, p. 197 - 205.
- PRIMA-PUTRA, D., BOTTON, B.: Organic and Inorganic Compounds of Xylem exudates from Five Woody Plants at the Stage of Bud Breaking. J. Plant Physiol. 153, 1998, p. 670 - 676.

- RENNENBERG, H., SCHUPP, R., GLAVAC, V., JOCHHEIM, H.:
Xylem sap composition of beech (*Fagus sylvatica* L.) trees: seasonal changes in the axial distribution of sulfur compounds. *Tree Physiol.* 14, 1994, p. 541 - 548.
- WEST, P., W.: Release of shoots of copper stored in roots of *Pinus radiata* D. Don. *Anal. Bot.* 43, 1979, p. 237 - 240.

SUMMARY

In the eastern part of the Ore Mts. and Děčín Sandstone Upland, xylem sap of birch was taken in the period of budbreak and leaf development (59 samples in 2001 and 88 samples in 2002). Sampling was carried out on the standing trees. The sap was flowing out clearly by tube to the bottle during 12 - 24 hours. Sap was frozen and kept at -18 °C. The permanent control trees in the birch stands of the second age class (in Klášterec, Janov, Litvínov, Sněžník) were used to collection. The sap was generally taken from the three trees in each stand. In 2002 sap was collected from 3 + 7 trees of all stands situated in 500 m a.s.l. of each transect. The macroelements (total N, P, Ca, Mg, K), microelements (Mn, Zn, Cu) and other elements (Pb, Cd, Al), sulphates and nitrates were determined.

Results showed that content of sulphates in the sap was lower, than sulphur in the leaves. Probably sulphur compounds penetrate into birch directly from the atmosphere. Content nitrogen in sap could be evaluated similary. Among transects differences in macroelements (fig. 1, 2) were found for nitrogen (2002) and phosphorus (2001). Calcium (in Janov and Litvínov) and potassium (in Klášterec), in microelements and other elements (fig. 3) showed annual differences. The diffrences were found in macroelements (Ca, P) and in microelements (Mn, Zn, Cu, Al) and other elements between the years 2001 - 2002. Contents Cu and Pb were under detected limit. This study showed possibilities of observing nutrition conditions of birch using sap analysis, when the sap was carried out before breaking of buds and leaf formation.

Adresa autorů:

RNDr. Petr Hrdlička, CSc.

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita

Zemědělská 1, 613 00 Brno

hrdlicka@mendelu.cz

kula@mendelu.cz

ZMĚNA V OBSAHU PRVKŮ V LISTECH BŘÍZY V LETECH 1995 - 2002 (TRANSEKT LITVÍNŮV)

CHANGE OF ELEMENT CONTENT IN LEAVES OF BIRCH 1995 - 2002
(TRANSECT LITVÍNŮV)

PETR HRDLIČKA, EMANUEL KULA

ABSTRAKT

V listech břízy (*Betula pendula* Roth) porostů transektu Litvínov byla v letech 1995 - 2002 provedena listová analýza, ze které vyplynul snížený, resp. kolísavý obsah S a N, dostatečný obsah P, Ca a Mg a trvale nízký obsah K. Zůstává dlouhodobě vysoký obsah Mn (zvláště v 500 m n. m.) a Zn a nízký obsah Cu. Obsah Pb a Al odpovídá hodnotám pozadí, obsah Cd je trvale nadměrný. Ve sledovaných porostech nebyly pozorovány symptomy nedostatku či nadbytku některého ze stanovených prvků.

ABSTRACT

In the *Betula pendula* stands of transect Litvínov, the leaves analyses was made in 1995 - 2002. Analyses showed, that the content of S and N decreased or was variable, the content of P, Ca and Mg was sufficient and the content of K was permanently low. The content of Mn (particularly at altitude 500 m) and Zn was continuously high and Cu was low. The content Pb and Al corresponded with the values of the background and the content of Cd was permanently in excess. No symptoms of insufficiency or surplus of this elements were observed, in the investigated stands.

Úvod

Bříza *Betula pendula* Roth je jedním z dominantních druhů v porostech náhradních dřevin, který je dlouhodobě tolerantní k imisím a imisemi narušeným stanovištním podmínkám. Řada detailních šetření se v rámci komplexního výzkumu břízy soustředila v letech 1995 - 2002 v území transektu Litvínov (stanovení míry poškození asimilačních orgánů biotickými, abiotickými i antropogenními činiteli, stanovení obsahu živinových a ostatních prvků v listech břízy v průběhu vegetačního období, složení xylémové mízy, obsah celkových a volných aminokyselin a jejich dynamika v průběhu vegetačního období, stav cizorodých prvků a jejich vstup do epigeické půdní fauny) (Kula, Hrdlička, Buchta 2001; Kula, Hrdlička, Ontolčík 2002). Změny obsahu prvků byly sledovány v měnicích se stanovištních podmínkách (pokles emisí síry) v důsledku uplatnění zákona o odsíření velkých zdrojů v tomto transektu nejčastěji a představují ucelenou řadu, jejíž komentování je cílem příspěvku.

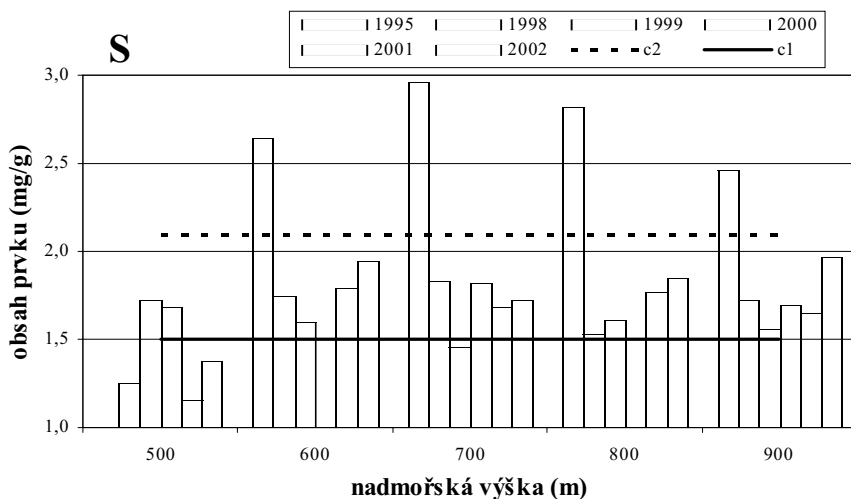
METODIKA A MATERIÁL

Listy byly odebírány koncem srpna 1996, 1998 - 2002 ve výškovém transektu Litvínov ze vzorníkových stromů II. věkové třídy. Transekt je situován ve východním Krušnohoří (asi 50° 38' N, 13° 37' E), v nadmořské výšce 500 - 900 m. V roce 2000 byly vzorky získávány v polohách 500, 700 a 900 m, v ostatních letech v intervalu 100 m. Odběr se uskutečnil z horní osluněné části koruny ze tří trvalých vzorníků. Následně byly vzorky analyzovány a stanoven obsah makroprvků S, N, P, Ca, Mg, K ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), mikroprvků Mn, Zn, Cu a ostatních prvků Pb, Cd a Al ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) dle ověřené metodiky (Hrdlička, Kula 1998; EKOLA 1998). Získaná data představují obsah uvedených prvků v sušině listů břízy v jednotlivých letech odběru a nadmořské výšce porostu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Makroprvky

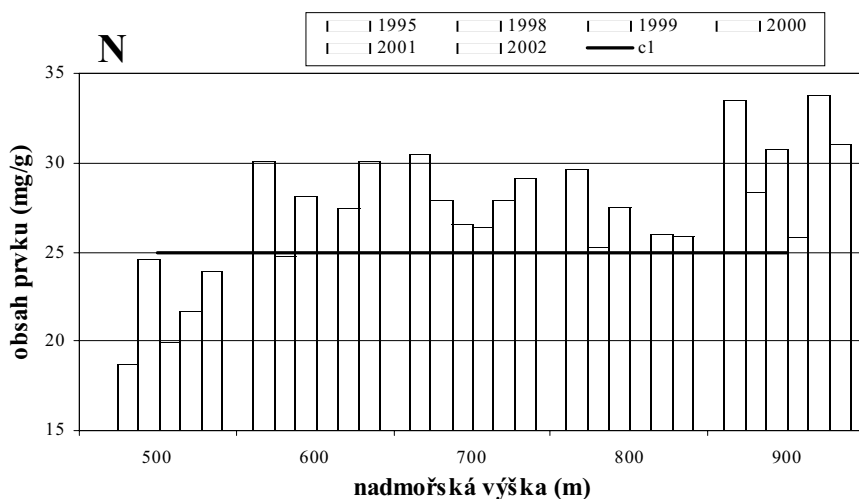
Průměrný obsah síry v listech (obr. 1) byl nejvyšší v roce 1995 (rozsah 2,46 - 2,96 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), hodnoty v jednotlivých polohách patřily do třídy optimálního/zvýšeného obsahu (nad 2,1 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$). V dalších letech nastal



Obr. 1: Obsah síry v listech břízy v letech 1995 - 2002 (c1 dolní hranice dostatečného obsahu; c2 horní hranice dostatečného obsahu). Content of sulphur in leaves of birch (c1 lower limit of sufficient content; c2 upper limit of sufficient content).

pokles pod úroveň 2 mg.g^{-1} , v některých polohách i pod $1,5 \text{ mg.g}^{-1}$ (500 m v roce 2001 třída nedostatečného obsahu - $1,14 \text{ mg.g}^{-1}$). Pokles hladiny síry v listech břízy po roce 1995 je trvalý, obsah síry nyní kolísá na úrovni hranice tříd nedostatečného/dostatečného obsahu ($1,5 \text{ mg.g}^{-1}$). Porosty nevykazovaly symptomy nedostatku síry. V souladu s daty pro buk (Pfanzen et al. 1993) odpovídají nyní hodnoty obsahu síry v listech břízy imisní zátěži nižší než $20 \text{ g.m}^{-3} \text{ SO}_2$ ve vegetačním období, což je v souladu s naměřenými hodnotami (Hadaš 2000, 2001). To je pozitivní výsledek útlumu imisí v oblasti východního Krušnohoří (Kula, Hrdlička, Buchta 2001).

Průměrný obsah dusíku (obr. 2) v nadmořské výšce 500 m byl v rozsahu $18,6 - 24,6 \text{ mg.g}^{-1}$ (pod hranici 25 mg.g^{-1} - třída nedostatečného obsahu), v ostatních polohách kolísal v rozsahu $24,76 - 33,8 \text{ mg.g}^{-1}$ odpovídající třídě dostatečného obsahu ($25 - 40 \text{ mg.g}^{-1}$). Kolísání úrovně N souvisí pravděpodobně s poklesem imisní zátěže v oblasti (Kula, Hrdlička, Buchta 2001). I při nižším obsahu N porosty břízy nebyly negativně ovlivněny, symptomy nedostatku nebyly pozorovány. Bříza se řadí k dřevinám citlivým na zvýšený obsah N, neboť dochází ke zpoždování



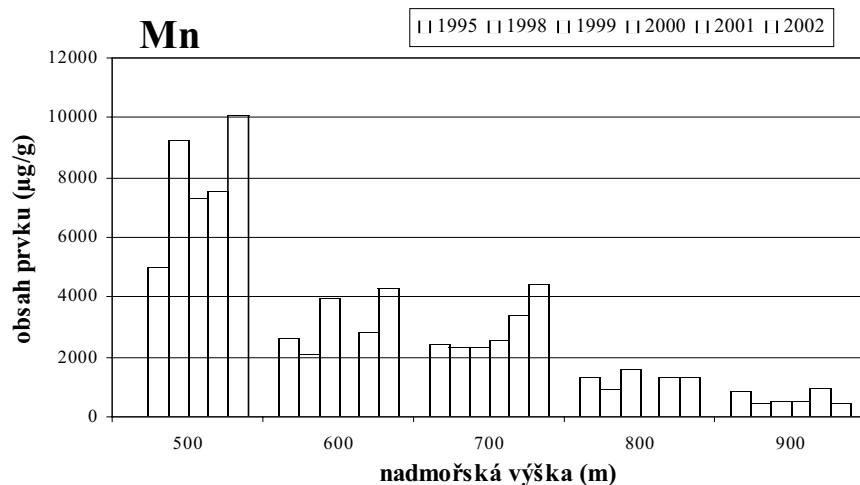
Obr. 2: Obsah dusíku v listech břízy v letech 1995 - 2002 (cl dolní hranice dostatečného obsahu). Content of nitrogen in leaves of birch (cl lower limit of sufficient content).

vyzrávání letorostů a následnému vymrzání. Růstové vlastnosti břízy při vyšších vstupech N byly horší než při kyselé zálivce (Kula et al. 1999).

Průměrný obsah fosforu ($2,31 - 4,26 \text{ mg.g}^{-1}$) dosáhl v 700 m n. m. třídy dostatečného obsahu ($1,5 - 3,0 \text{ mg.g}^{-1}$), v 800 m n. m. neklesal pod $3,5 \text{ mg.g}^{-1}$ (dostatečný/optimální obsah). V ostatních polohách oscilloval kolem 3 mg.g^{-1} . Množství fosforu v listech přirozeně kolísalo v jednotlivých vegetačních obdobích.

Průměrný obsah vápníku ($5,3 - 10,9 \text{ mg.g}^{-1}$) byl diferencovaný v jednotlivých porostech a v letech odběru ve třídě dostatečného obsahu. Jeho vyšší obsahy se nacházely v nižších polohách (700 m n. m.), kde nejmenší stanovená průměrná hodnota činila $8,97 \text{ mg.g}^{-1}$, naopak nízké obsahy (pod 6 mg.g^{-1}) byly v nadmořské výšce 800 m.

Průměrné množství hořčíku ($0,86 - 2,62 \text{ mg.g}^{-1}$) v poloze 500 m n. m. odpovídá dolní hranici dostatečného obsahu ($1,5 \text{ mg.g}^{-1}$). V ostatních porostech byl obsah Mg nad touto hranicí. Obecně více hořčíku bylo v listech v polohách 800 a 900 m n. m. Ve sledovaném období měl obsah Mg v porostech stoupající trend, např. v nadmořské výšce 800 m z hodnoty $1,86$ na $2,62 \text{ mg.g}^{-1}$. To může souviset se sníženým vymýváním z listů kyselou depozicí.



Obr. 3: Obsah manganu v listech břízy v letech 1995 - 2002. Content of manganese in leaves of birch.

Průměrné množství draslíku ($5,92 - 12,97 \text{ mg.g}^{-1}$) bylo v 500 m n. m. ve třídě nedostatečného obsahu ($< 10 \text{ mg.g}^{-1}$). V ostatních polohách osciloval obsah K kolem horní hranice této třídy. Kolísání je podmíněno růstovými podmínkami v porostech. Obsah K je v porostech mírně nedostatečný, přibližně kopíruje změny v obsahu hořčíku. Symptomy nedostatku nebyly pozorovány.

Mikroprvky

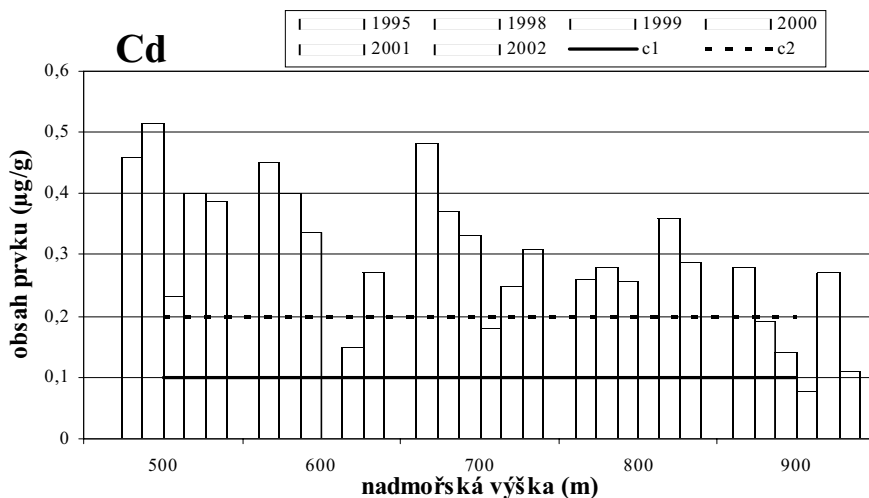
Množství manganu v listech (obr. 3) bylo po celé sledované období vysoké ($434 - 10073 \text{ g.g}^{-1}$), ve třídě optimálního/zvýšeného obsahu (nad 100 g.g^{-1}). V porostu břízy 500 m n. m. byly průměrné hodnoty $4\,959 - 10\,073 \text{ g.g}^{-1}$, v porostech 600 a 700 m n. m. $2\,096 - 4\,395 \text{ g.g}^{-1}$. V nižších polohách se obsah Mn ve sledovaném období mírně zvyšoval. Obsah Mn s růstem nadmořské výšky porostů klesal (obr. 1). Vysoký obsah Mn v porostech 500 m n. m. souvisí s nadbytečným obsahem Mn v půdě (A horizont $3\,250 \text{ g.g}^{-1}$). V kyselých půdách jsou vysoké hodnoty obsahu Mn možné (Mengel, Kirby 1978). Kitao et al. (1997) našli v listech břízy z kyselých půd až $7\,000 \mu\text{g.g}^{-1}$. To ukazuje, že limitní hranice $100 \mu\text{g.g}^{-1}$ je jen horní hranicí dostatečného obsahu. Otázkou zůstává hranice toxického obsahu. Dle našich listových analýz a literárních dat je pravděpodobné, že hranice toxicity leží nad úrovní $10\,000 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Průměrným obsahem zinku ($127 - 264 \text{ g.g}^{-1}$) se porosty řadily do třídy optimálního/zvýšeného obsahu (nad 50 g.g^{-1}). V jednotlivých letech obsah Zn přirozeně kolísal ($150 - 200 \text{ g.g}^{-1}$). Úroveň toxicity (400 g.g^{-1} ; Dmuchowski, Bytnerowicz 1995) nebyla dosažena, obsah zinku v porostech je tedy zvýšený, nikoliv toxický.

Průměrný obsah mědi byl ve třídě nedostatečného obsahu ($3,2 - 6,0 \text{ g.g}^{-1}$) a mírně rostl s nadmořskou výškou porostů. Symptomy nedostatku se neprojeví. Množství mědi v lesních porostech je obvykle nízké a odpovídá jen zcela nezbytné potřebě lesních dřevin (Dmuchowski, Bytnerowicz 1995; Hrdlička 1997). Ve sledovaných porostech nebyl nalezen výrazně zvýšený obsah makroprvků, zvláště draslíku, což je jedním z ukazatelů nedostatku mědi (Bergmann 1988).

Ostatní prvky

Průměrným obsahem olova ($0,82 - 1,80 \text{ g.g}^{-1}$) se řadily všechny porosty do třídy pozadí (pod 2 g.g^{-1}). Obsah Pb kulminoval ve většině porostů v roce 1999 a dále klesal. To naznačuje, že obsah tohoto kovu v listech byl



Obr. 4 Obsah kadmia v listech břízy v letech 1995 - 2002 (c1 dolní hranice dostatečného obsahu; c2 horní hranice dostatečného obsahu). Content of cadmium in leaves of birch (c1 lower limit of sufficient content; c2 upper limit of sufficient content).

ovlivněn imisními vstupy a jejich omezení se v porostech pozitivně projevilo.

Zjištěný průměrný obsah kadmia ($0,08 - 0,52 \text{ g.g}^{-1}$) byl převážně vyšší než $0,2 \text{ g.g}^{-1}$ (horní hranice třídy nadměrného obsahu), téměř polovina hodnot byla vyšší než $0,3 \text{ g.g}^{-1}$ (obr. 4). Stejně jako obsah Mn i obsah Cd obecně klesal s nadmořskou výškou. V roce 1995 byl obsah kadmia vyšší než $0,5 \text{ g.g}^{-1}$ (max. "normální" obsah Cd - Dmuchowski, Bytnerowicz 1995). Symptomy toxicity nebyly pozorovány, obsah kadmia v porostech není kritický.

Průměrný obsah hliníku ($61 - 105 \text{ g.g}^{-1}$) byl na úrovni horní hranice pozadí. Od roku 1995 obsah Al v porostech klesl z hladiny 100 g.g^{-1} až na 80 g.g^{-1} , v nadmořské výšce 900 m až na úroveň 60 g.g^{-1} . Výjimkou byl rok 2001, kdy se obsah Al zvýšil. I přes relativně nízké hodnoty pH půdy, nejsou březové porosty zatěžovány zvýšeným příjmem iontů Al^{3+} . Příčinou mohou být dva faktory: buď je v půdním roztoku volné jen malé množství iontů Al^{3+} nebo bříza je schopna tolerovat vyšší nabídku těchto iontů.

Závěr

Na území transektu Litvínov byla v letech 1995 - 2002 provedena listová analýza náhradních porostů břízy *Betula pendula* Roth. Na základě posouzení obsahu makro- a mikro- a ostatních prvků lze konstatovat:

- * Množství síry v listech břízy oproti roku 1995 (optimální/zvýšený obsah) kleslo pod 2 mg.g^{-1} (dostatečný obsah), v nadmořské výšce 500 m až pod $1,5 \text{ mg.g}^{-1}$ (nedostatečný obsah). Obsah dusíku od roku 1995 klesá. Dlouhodobě nižší obsahy N byly v 500 m n. m., nejvyšší v 900 m n. m. Změny v obsahu obou prvků jsou v souladu se změnami imisní zátěže.
- * Obsah fosforu osciloval kolem horní hranice dostatečného obsahu (3 mg.g^{-1}). Ve třídě dostatečného obsahu ($3 - 15 \text{ mg.g}^{-1}$) byl obsah vápníku. Obsah hořčíku kolísal při dolní hranici dostatečného obsahu ($1,5 \text{ mg.g}^{-1}$), nižší (nedostatečné) obsahy byl zjištěny v porostu 500 m n. m. Množství draslíku bylo těsně pod dolní hranicí dostatečného obsahu (10 mg.g^{-1}).
- * Obsah manganu a zinku v porostech byl optimální/zvýšený. Obsah manganu s růstem nadmořské výšky porostů klesal. Množství manganu ve výšce 500 m n. m. je nadměrné a na hranici toxicity. To souvisí s obsahem Mn v půdě. Množství mědi bylo nedostatečné ($< 6 \text{ g.g}^{-1}$) a odpovídalo přirozené nabídce.
- * Obsah olova byl na úrovni pozadí s poklesem naznačujícím útlum nepřírodných vstupů sloučenin olova do porostů. Množství kadmia bylo nadměrné, v nižších polohách nad $0,3 \text{ g.g}^{-1}$, s růstem nadmořské výšky klesalo. Trendy změn jsou podobné obsahu Mn. Obsah hliníku byl na úrovni pozadí a kolísal v rozmezí $61 - 105 \text{ g.g}^{-1}$. Porosty nebyly negativně ovlivněny.

Stanovené hladiny nedostatku či nadbytku nebyly u břízy provázeny viditelnými změnami.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt *Betula* zaměřený na řešení problematiky břízy v severočeském regionu byl z rozhodující části financován z VZ MSM 434000005, grantového úkolu VaV/830/3/00 a dále přispělo MZe ČR a Lesy ČR. Projekt získal též podporu regionálních akciových společností, firem i státní správy: SCA Packaging in Jílové, Netex s.r.o. a Alcan Děčín Extrusions s.r.o., Městský úřad v Děčíně, Setuza a.s., Teplárna a.s. v Ústí

n. L., ČEZ a.s. Praha, Lafarge Cement a.s. v Čížkovicích, Severočeské doly a.s. Chomutov, Dieter Bussmann s.r.o. v Ústí n. L.

LITERATURA

- BERGMANN, W. et al.: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. (Entstehung, visuelle und analytische Diagnose) VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1988. 762 pp.
- DMUCHOWSKI, W., BYTNEROWICZ, A.: Monitoring Environmental Pollution in Poland by Chemical Analysis of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Needles. Environmental Pollution, 87, 1995, p. 87 - 104.
- EKOLA 1998: Vnitřní laboratorní postupy.
- HADAŠ, P.: Celkové potenciální depozice síry a dusíku na území Krušných hor v roce 1997 In: Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří. Slodičák M., Novák J. (eds.). Sborník referátů z celostátního semináře konaného v rámci Phare-programu přeshraniční spolupráce CZ 9604.05.02.02.01.11.01. Teplice, 2000, VÚLHM, s. 39 - 42.
- HADAŠ, P.: Depozice síry a dusíku smrkového porostu a volné plochy na území Krušných hor v roce 1998. In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Slodičák M., Novák J. (eds.). Sborník z celostátní konference konaného v rámci Grantového programu Phare CZ 9804.02.0001. Teplice, 2001, VÚLHM, s. 89 - 96.
- HRDLIČKA, P.: Obsah prvků v jehličí smrku na bodech monitorovací sítě v povodí nádrže Šance. Zpravodaj Beskydy, 9, 1997, s. 27 - 32.
- HRDLIČKA, P., KULA, E.: Element content in leaves of birch (*Betula verrucosa* Ehrh.) in an air polluted area. Trees 13 (2), 1998, p. 68 - 73.
- HRDLIČKA P., KULA E., BUCHTA I.: *Betula* - komplexní výzkum břízy jako náhradní dřeviny v Krušnohoří. Část: Trendy změn v obsahu prvků v listech břízy (1995 - 1998 - 2001). Výzkumná zpráva. Lesnická a dřevařská fakulta MZLU, Brno, 2001. 25 str.
- KULA E., HRDLIČKA P., ONTOLČÍK P.: Ekologické aspekty zdravotního stavu porostů břízy a jejího dynamiky v imisní oblasti východního Krušnohoří. Část: Změna v obsahu prvků v listech břízy v průběhu vegetačního období. Výzkumná zpráva. Lesnická a dřevařská fakulta MZLU, Brno, 2002. 16 str.

- KULA, E. ET AL. 1999: Dynamika vývoje zdravotního stavu porostů břízy ve východním Krušnohoří. Výzk. zpráva 9902, MZLU v Brně. 40 pp, 60 obr. 37 tab.
- KITAO, M., LEI, T. L., KOIKE, T.: Effects of manganese toxicity on photosynthesis of white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*) seedlings. *Physiol. Plant.*, 101, 1997, p. 249 - 256.
- MENGEL, K., KIRBY, E. A.: Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland, 1978. 593 pp.
- PFANZ, H., LOMSKÝ, B., HYNEK, V., VOLLRATH, B., OPPMANN, B., MATERNA, J.: Obsah živin a fotosyntéza u listů buku (*Fagus sylvatica* L.) odebraných z porostů rostoucích na stanovištích s různým zatížením SO₂. *Lesnictví - Forestry* 39, 1993, s. 222 - 230.

SUMMARY

In the transect Litvínov (eastern part of the Ore Mts. - 50° 38' N, 13° 37' E; altitude 500 - 900 m) samples of *Betula pendula* Roth leaves were taken to determine the content of macroelements S, N, P, Ca, Mg, K (mg.g⁻¹), microelements Mn, Zn, Cu and foreign elements Pb, Cd a Al (g.g⁻¹) according the methods Hrdlička, Kula (1998), EKOLA (1998).

The content of sulphur in the leaves fell from optimal/increase (1995) on sufficient content (< 2 mg.g⁻¹). The content of N decreased with lower intensity. Change of content both elements corresponds to decreasing of the pollution burden.

The content of P was on upper level sufficiency content (3 mg.g⁻¹), Ca in the class of sufficiency content (3 - 15 mg.g⁻¹). The content of Mg fluctuated on the down limit sufficiency (1,5 mg.g⁻¹). The content of K was under down limit sufficiency (10 mg.g⁻¹).

In the stands the content of Zn was evaluated as a optimal to increased. Content of Mn decreased from altitude 500 m, where it was in excess and on the toxicity level. Content of Cu was insufficient and corresponded to natural supply.

Decline of content Pb indicates the possibility of reduction of its pollution compounds to the stands. Content of Cd was excessive and it was decreased with altitude. Content of Al corresponded with level of the background.

The locality (500 m a.s.l.) is specific for many elements. Their content is higher than in other forests of the transect.

No physiological changes of insufficiency or surplus of evaluated elements were observed in birch stands.

Adresa autorů:

RNDr. Petr Hrdlička, CSc.

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita

Zemědělská 1, 613 00 Brno

hrdlicka@mendelu.cz

kula@mendelu.cz

PROGNÓZA VÝVOJE DEPOZICE VODÍKOVÝCH IONTŮ, DEPOZIČNÍCH TOKŮ SÍRY A DUSÍKU NA ÚZEMÍ PLO KRUŠNÉ HORY V ČASOVÉM HORIZONTU 2010

PROGNOSING THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN IONS DEPOSITION, DEPOSITION FLUXES OF SULPHUR AND NITROGEN IN THE NATURAL FOREST AREA (NFA) OF KRUŠNÉ HORY MTS. IN THE TIME HORIZON OF 2010

PAVEL HADAŠ

ABSTRAKT

Na základě scénáře vývoje emisí a klimatických poměrů v časovém horizontu 2010 je pro území PLO Krušné hory proveden v síti 1341 gridů modelový výpočet potenciální kyselé depozice H^+ , depozičního toku síry a dusíku. Modelový výpočet je založen na aplikaci vícenásobného rezistenčního modelu, modelu mokré depozice a Gaussova rozptylového modelu. Z prognózy vývoje emisí a scénáře klimatických poměrů v časovém horizontu 2010 vyplývá, že na území PLO Krušné hory bude v průměru roční depozice síry nad porostem dosahovat hodnotu $10,04 \text{ kg ha}^{-1}$, průměrná depozice dusíku $8,75 \text{ kg ha}^{-1}$, průměrná potenciální kyselá depozice H^+ $1253,3 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Průměrná depozice síry nad porostem byla vyvolána z 9,2 % emisemi SO_2 ze zahraničí, v depozici dusíku bude 12,7 % zahraničních emisí NO_x . Z prostorového rozložení depozičních toků kyselé depozice H^+ v porostu vyplývá, že na více jak 54 % území Krušných hor bude překročena její kritická zátěž $1600 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (stanovena pro rok 2000).

ABSTRACT

A model calculation of potential acidic H^+ deposition, deposition fluxes of sulphur and nitrogen is carried out in the network of 1341 grids for the NFA territory of Krušné hory Mts. on the basis of a scenario worked out for the development of air pollution and climatic situation in the time horizon of 2010. The model calculation is based on application of multiple resistance model, model of wet deposition, and Gaussian distribution model. It follows from the prognosis of emission development and from the scenario of climatic situation in the time horizon of 2010 that the region of the Krušné hory Mts. NFA will have annual above-stand depositions of sulphur and nitrogen amounting on average to $10.04 \text{ kg. ha}^{-1}$ and 8.75 kg. ha^{-1} , respectively, and an average potential acidic H^+ deposition reaching $1253.3 \text{ mol. ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. The average sulphur deposition above the stand will be induced by SO_2 emissions from abroad at 9.2%, the nitrogen deposition will contain 12.7% NO_x emissions from over the border. The spatial distribution of acidic H^+ deposition fluxes indicates that its critical load of $1600 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (prescribed for 2000) will be exceeded on an area of more than 54% in the Krušné hory Mts. region.

Úvod

Problematika atmosférické depozice síry, dusíku a vodíkových iontů byla poprvé pozorována a vědecky dokladována ve vztahu k acidifikaci povrchových vod a jezer již na počátku sedmdesátých let v severovýchodní části Ameriky (Likens a kol. 1977) a ve Skandinávii (Grennfelt a kol. 1985). První důkazy o acidifikaci lesních půd a egradaci lesních ekosystémů vlivem kyselé atmosférické depozice podávají

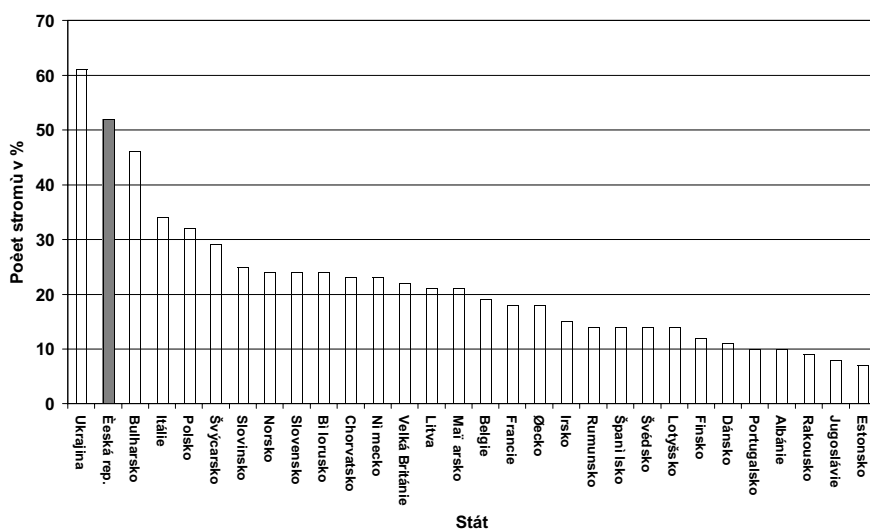
o několik let později Ulrich a kol. (1980). Acidifikace lesních půd je chápána jako přirozený proces, vyvolávající odvápnění a podzolizaci, avšak vstupem kyselé antropické depozice H^+ se výrazně urychluje. Svědectví o ohrožení lesních ekosystémů v Evropě způsobené změnami chemismu půd kořenové zóny, projevující se snížením hodnot pH a obsahu bází, zvýšením obsahu toxických forem hliníku a narušením bilance v dostupnosti živin (Ca, Mg, K) v důsledku sorpce Al a amonných iontů, podala již řada autorů. Podobné výsledky projevů acidifikace s ovlivněním chemismu povrchových vod v experimentálních malých povodích byly prezentovány rovněž českými autory (Majer, Pačes, Skořepová, Veselý 1995).

Výsledkem vzájemně propojených kauzálních vztahů vlivem účinků imisí a depozic je poškozování lesních ekosystémů, které vyvolává jejich postupné chřadnutí, degradaci a odumírání. Je zřejmé, že ovlivnění lesních ekosystémů a vegetace v nich je velmi složité. Avšak je prokázáno, že poškození porostů je největší tam, kde jsou překračovány limity imisních koncentrací (SO_2 , NO_x) a kritické zátěže depozic (síranů, dusičnanů, síry, dusíku, iontů vodíku). K posouzení příčinné souvislosti mezi emisemi SO_2 a NO_x , vnášených do ovzduší a jejich účinků ve formě imisí a depozic přes vzájemně propojené kauzální vztahy v procesu poškozování lesních ekosystémů, můžeme využít měřenou charakteristiku zdravotního stavu lesních porostů – defoliace. Defoliace lesního porostu vyjadřuje poškození asimilačních orgánů dřevin přímým působením prostupujících polutantů (depozic síry a dusíku) korunami stromů a nepřímým vlivem na komplex změn chemických vlastností půd. Proces poškozování se liší podle typu, intenzity a délky stresového působení depozic a jeho interakce s půdními, klimatickými a dalšími biotickými faktory (Cudlín a kol. 2000). Nepřímá příčinná souvislost mezi vstupem kyselých depozic a vyčerpáváním pufrovací kapacity lesních půd se promítá do zvyšování průměrné defoliace u lesních porostů rostoucích na 4 nejvíce zastoupených půdních typech. Z vývoje průměrné defoliace na území ČR vyplývá, že trend zvyšování průměrné defoliace lesních porostů v letech 1993 - 1999 je společný pro všechny půdní typy – kambizemě, podzolové půdy, planosoly, arenosoly (Kolektiv 2000). Podobný charakter trendu v růstu defoliace můžeme rovněž pozorovat u nejvíce se vyskytujících druhů dřevin v Evropě. Z výsledků monitoringu ICP Forests v letech 1996 - 2000, který se zaměřuje na sledování a vyhodnocování vlivu znečištěného ovzduší na lesy, vyplývá růst průměrné defoliace dřevin rostoucích i na území ČR, např. u smrku (*Picea abies*) z 21 na 24 %, u buku lesního (*Fagus sylvatica*) z 18 na 22 % a u borovice (*Pinus sylvestris*) z 12 na 14 % (Kolektiv 2002). Výrazně

nižší odolnostní potenciál lesních ekosystémů České republiky se rovněž odráží i ve výsledcích národních přehledů poškozování lesů polutanty (obr. 1).

Ze srovnání stavu korun všech hodnocených stromů podle hodnoty defoliace mezi jednotlivými státy Evropy vyplývá, že Česká republika zaujímá v roce 2000 druhé místo s více než 50% podílem stromů (v %) s defoliací větší než 25 %.

Jaký vývoj depozičních toků lze očekávat na území PLO Krušné hory v souvislosti s předpokládaným scénářem vývoje emisí SO_2 , NO_x na území Evropy a České republiky bylo cílem dílčí etapy řešení úkolu „Depoziční tok síry, dusíku a iontů vodíku na území PLO Krušné hory a jejich vliv na zdravotní stav porostů“ v roce 2002 (Hadaš 2002). V metodickém přístupu prognózy depozičních toků síry, dusíku kyselé depozice vodíkových iontů pro časový horizont 2010 je uvažován rovněž



Obr. 1: Podíl stromů (v %) s defoliací větší než 25 % v roce 2000. The percentage of trees with defoliation > 25 per cent in 2000. (Results from national forest-damage surveys, Acid News 4/2001).

vliv očekávaných změn klimatu na srážkové a teplotní poměry a jejich možný dopad na rozptylové podmínky v PLO Krušné hory.

METODIKA

Prognóza vývoje potenciálních depozičních toků síry, dusíku kyselé depozice vodíkových iontů v roce 2010 je počítána z plynných

koncentrací SO_2 , NO_x , (jako NO a NO_2) a z jejich suchých i mokrých depozičních toků (SO_4^{2-} a NO_3^-). Výpočet suchých depozicí síry a dusíku je prováděn přes výpočet depozičních rychlostí pomocí rezistenčního modelu podle Baera a Nestera (1988). Při výpočtu mokré depozice síry a dusíku se vychází z parametrizace použité v modelu MESOPUFF II (1994). Potřebné vstupy imisních koncentrací SO_2 a NO_x jsou prováděny pomocí Gaussova rozptylového modelu (SYMOS 97). Metodika SYMOS 97 (Bubník, Keder, Macoun, Maňák 1998) je použita pro emisní zdroje, jejichž poloha je do 100 km od PLO Krušné hory. Imisní koncentrace SO_2 a NO_x ze zdrojů, které leží ve vzdálenosti větší než 100 km od PLO Krušné hory (převážně zahraniční zdroje) jsou odvozeny podle trajektoriového modelu, jehož metodický základ představuje model Matematicko-fyzikální fakulty University Karlovy (Bařka, Bednář, Brechler, Kopáček 1984). Podstatou obou modelových výpočtů imisních koncentrací je to, že na základě množství škodliviny vystupující z komína do ovzduší je modelováno přízemní pole imisních koncentrací přes prostorové šíření kouřové vlečky podle směru a rychlosti větru, teplotního zvrstvení a charakteru reliéfu, v referenčních bodech definujících reliéf terénu. Výpočet imisních koncentrací SO_2 a NO_x byl kalibrován na imisní koncentrace měřené ve staniční síti v oblasti PLO Krušné hory. Měřená imisní data byla použita ze souhrnného tabelárního přehledu ČHMÚ pro rok 2000 (Kolektiv 2001). Při kalibraci modelu na měřené imisní koncentrace se do příslušného referenčního bodu dostává z původního (100 %) vnosu SO_2 nebo NO_x z komína do ovzduší množství, které závisí na rychlosti proudění vzduchu, vzdálenosti zdroje od referenčního bodu a na množství atmosférických srážek (kapalné, tuhé).

Výpočet depozičních toků je doplněn o fotochemické transformace podle modelu MESOPUFF II. Při stanovení transformačního poměru pro SO_2 na SO_4^{2-} a pro NO_x na HNO_3 je uvažován vliv ozónu a relativní vlhkosti ovzduší. Modelem odvozené depoziční rychlosti, imisní zátěže dle Gaussova rozptylového modelu a modelu dálkového přenosu a modelu MESOPUFF II bylo možné odvodit potenciální suché depozice SO_2 , NO_x (NO , NO_2) a potenciální mokré depozice SO_4^{2-} , HNO_3 , NO_3^- . Přepočet depozicí oxidu siřičitého, oxidů dusíku, síranů, dusičnanů na depozici síry a dusíku byl proveden pomocí stechiometrických faktorů (Remy 1971). Je zřejmé, že celková potenciální depozice S byla stanovena na základě součtu síry z SO_2 a SO_4^{2-} , celková potenciální depozice N byla stanovena součtem dusíku z NO , NO_2 , NO_3^- , HNO_3 . V závěrečné fázi výpočtu potenciální depozice síry a dusíku byl odvozen příspěvek obou činitelů

v potenciální kyselé depozici, která vyjadřuje množství vodíkových iontů eq. H^+ ha^{-1} rok^{-1} respektive mol. H^+ ha^{-1} rok^{-1} (ekvivalentní jednotka eq. se používá v rámci přijaté mezinárodní metodiky). Vyšlo se z předpokladu, že depozice 1 kg S ha^{-1} rok^{-1} vyprodukuje 62,5 mol H^+ ha^{-1} rok^{-1} a depozice 1 kg N ha^{-1} rok^{-1} vyprodukuje 71,4 mol H^+ ha^{-1} rok^{-1} (Kolektiv 1999).

Odvozené hodnoty potenciální suché, mokré a kyselé depozice reprezentují hodnoty nad lesním porostem. Z měření podkorunových srážek a z jejich chemické analýzy vyplývá, že depozice zachycené porostem jsou v průměru až 2 - 3krát vyšší, než depozice ve srážkách na volné ploše. V rámci stanovení potenciálních depozicí síry, dusíku a H^+ byl proveden výpočet nad porostem i v porostu. Při modelovém výpočtu depozičních toků síry, dusíku a kyselé depozice H^+ , které jsou zachyceny porostem, byly využity zkušenosti s měřením a modelovým výpočtem obdobných parametrů v lokalitě Bílého Kříže v Moravskoslezských Beskydách (Hadaš 2000). Při výpočtu depozičních toků byly využity informace o pokryvnosti území PLO Krušné hory lesním porostem, které byly zjištěny na základě dálkového průzkumu (Stoklasa Tech.). Bylo potřebné najít vhodnou funkční závislost mezi průměrným ročním obsahem látek SO_4^{2-} , NO_3^- , ve srážkách na volné ploše a pod lesním porostem ve vztahu k pokryvnosti. Pokryvnost charakterizuje hustotu lesního porostu, při $P = 0 \%$ jedná se o imisní holiny, vodní plochy, louky, $P = 100 \%$ odpovídá pokryvnosti relativně zdravého, nepoškozeného lesního porostu.

Modelový výpočet depozičních toků síry, dusíku a kyselé depozice H^+ byl pro srovnání proveden vedle časového horizontu 2010 i pro rok 2000. Emisní údaje z území České republiky byly reprezentovány bodovými, plošnými a liniovými emisními zdroji (mobilní zdroje pro NO_x). Emise ze zahraničí byly reprezentovány bodovými a plošnými emisními zdroji (Vestreng, Klein 2002).

Vstupní data

Scénář očekávaných změn klimatu v časovém horizontu 2010

Modelový výpočet potenciálních depozičních toků síry, dusíku kyselé depozice vodíkových iontů je vsazen do scénáře vývoje emisí SO_2 a NO_x v časovém horizontu 2010. V rámci prognózy vývoje emisí je uvažována i prognóza vývoje klimatických parametrů, které ovlivňují přenos a chemické transformace emisí, imisí a jejich depozicí v ovzduší – teploty vzduchu, atmosférických srážek, rychlosti větru, globálního záření. Scénář vývoje klimatických parametrů byl realizován na základě výstupů

z globálních cirkulačních modelů klimatu (Kalvová 1995) rovněž pro časový horizont 2010. Stav klimatických poměrů byl definován na základě prognózy globálních klimatických modelů GISS (Goddard Institute for Space Studies) – změny teploty a srážek, a HadCM2 (UK Hadley Centre for Climate Prediction and Research Coupled model) – změny globálního záření, rychlosti větru a tlaku par, ve kterých se očekává v časovém horizontu 2010 zvýšení ročního úhrnu srážek o 4,5 %, zvýšení průměrné roční teploty vzduchu o 0,98 °C, zvýšení průměrné rychlosti větru o 0,65 %, zvýšení sumy globální radiace o 0,17 % a zvýšení tlaku par o 7,57 %. Odvozené změny klimatu byly aplikovány na klimatické poměry roku 2000. V průběhu roku 2000 došlo z pohledu klimatu ke střídání extrémně vlhkého chladného klimatu (červenec), suchého teplého klimatu (duben - červen, srpen - říjen). Rovněž zimní období lze charakterizovat jako extrémně vlhké (březen). Atypický průběh počasí v roce 2000 můžeme s jistým přiblížením považovat za konkrétní ukázkou očekávaných klimatických poměrů.

Scénář vývoje emisí SO₂ a NO_x v časovém horizontu 2010

Scénář vývoje emisí SO₂ a NO_x pro časový horizont roku 2010 byl převzat z oficiální databáze projektu v rámci Evropské hospodářské komise (UN ECE „United Nations Economic Commission for Europe“) Konvence k dálkovému přeshraničnímu transportu škodlivin (CLRTAP „Convention on Long-Range Transboundary Air“) v souladu s Evropským monitorovacím a vyhodnocovacím programem (EMEP „European Monitoring and Evaluation Programme“). V prognóze vývoje emisí SO₂ a NO_x se odráží předpokládaný vývoj ekonomik jednotlivých států Evropy, množství finančních prostředků na zavádění nových výrobních technologií a ekologických opatření na úseku ochrany ovzduší. V roce 2010 se předpokládá, že emise SO₂ bude dosahovat 13,629 mil. tun, což je o téměř 11 % více, než v roce 2000. Zvýšení emisí SO₂ je soustředěno nejvíce na východní Evropu - Ukrajinu, Rusko, Bělorusko a Srbsko. Ve střední Evropě (státy Polsko, Německo, Rakousko, Česká republika, Maďarsko, Slovensko) budou v roce 2010 produkovat cca 3 029 mil. tun SO₂, což je o téměř 6 % méně, než v roce 2000. V roce 2010 se předpokládá, že emise NO_x bude dosahovat 12 756 mil. tun, což je o 0,9 % méně než v roce 2000. Největší zvýšení emisí NO_x je opět soustředěno na východní Evropu - Ukrajinu, Rusko. Ve střední Evropě (státy Polsko, Německo, Rakousko, Česká republika, Maďarsko, Slovensko) budou v roce 2010 produkovat státy cca 2 651 mil. tun NO_x, což je o téměř 17,5 % méně než v roce 2000.

Definice zájmového území

Vymezené hranice zájmového území (obr. 2) se shodují s hranicemi lesní oblasti Krušné hory. Území lesní oblasti Krušné hory lze rozdělit do dvou od sebe odlišných částí: na horskou část, pro kterou jsou charakteristické náhorní plošiny s nejvyššími nadmořskými výškami přes 1 100 m n. m., a na část svahů od jejich úpatí až po výšku cca 600 m n. m. V takto vymezeném prostoru byly z topografické mapy 1 : 50 000 definovány v souladu s použitým souřadným systémem geografické souřadnice (zeměpisná délka, šířka a nadmořská výška) 1 341 referenčních bodů. V těchto bodech byly odvozeny příslušné depoziční a imisní parametry. Síť referenčních bodů byla vytyčena tak, aby reprezentovala hlavní tvary reliéfu studovaného území – náhorní plošiny, vrcholové polohy, svahy a význačná údolí. Tyto souřadnice jsou pro další použití transformovány do kartézského souřadného systému XYZ (Z je nadmořská výška).

Odvození ročních srážkových úhrnů bylo provedeno podle Janssena a kol. (1989) na základě horizontální a vertikální interpolace (metodou inverze vzdáleností) měřených srážkových úhrnů ze stanic uváděných v měsíčním přehledu počasí na území ČR, které vydává ČHMÚ Praha. Data o koncentraci O_3 , globální radiaci atd. byla použita z databází přístupných na internetu. Všechna použitá klimatická data se vztahovala k roku 2000. Data tohoto roku byla na základě uváděných scénářů vývoje klimatu použita i pro časový horizont 2010.



Obr. 2: Území lesní oblasti Krušných hor, ve kterém byl proveden modelový výpočet celkové depozice síry, dusíku a H^+ pro rok 2000 a 2010.
Geographical position of the Krušné hory Mts. natural forest area in which the model calculation of total sulphur, nitrogen and H^+ depositions for 2000 and 2010 was made.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Prognóza vývoje depozičního toku síry, dusíku a kyselé depozice v časovém horizontu 2010

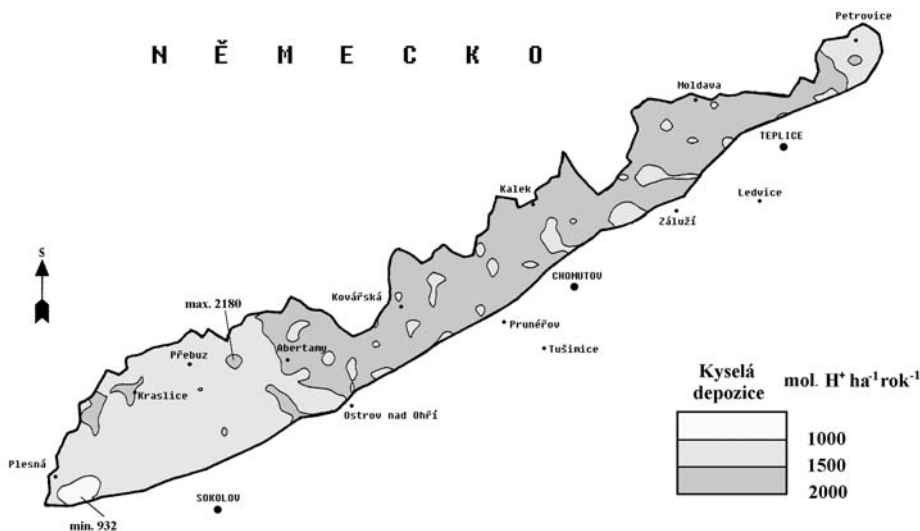
Z prognózy vývoje emisí a scénáře klimatických poměrů v časovém horizontu 2010 vyplývá, že na území PLO Krušné hory bude v průměru roční depozice síry nad porostem dosahovat hodnotu $10,04 \text{ kg ha}^{-1}$, průměrná depozice dusíku $8,75 \text{ kg ha}^{-1}$, průměrná potenciální kyselá depozice nad porostem bude dosahovat $1\,253,3 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Průměrná potenciální kyselá depozice H^+ nad porostem je složena z 50,1 % průměrného depozičního toku síry ($627,6 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) a 49,9 % průměrného depozičního toku dusíku ($625,7 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Průměrná depozice síry nad porostem byla vyvolána z 9,2 % emisemi SO_2 ze zahraničí, v depozici dusíku bude 12,7 % zahraničních emisí NO_x . Průměr celkové kyselé depozice H^+ se proti roku 2000 snížil o téměř $950 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Depozice síry v porostu bude v průměru dosahovat $12,83 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, depozice dusíku $10,50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, potenciální průměrná kyselá depozice v porostu dosáhne $1\,551,8 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Průměrná potenciální kyselá depozice H^+ v porostu je složena z 51,7 % průměrného depozičního toku síry ($801,7 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) a 48,3 % průměrného depozičního toku dusíku ($750,1 \text{ mol. H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$).

Z prognózy prostorového rozložení celkové potenciální depozice síry v porostu na území PLO Krušné hory v roce 2010 vyplývá, že nejvyšší potenciální depoziční tok síry v porostu $16,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován jižně od Kovářské. Další lokality s vysokou hodnotou depozičního toku síry nad $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ se formují u hranic s Německem, zejména v oblasti Vejprt, v oblasti Komářího vrchu, Jeleního vrchu po Rudolice, Hory Sváté Kateřiny, Větrného vrchu a v oblasti od Českého Jiřetína po Moldavu. Nejnižší potenciální depoziční tok síry v porostu $6,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován jihovýchodně od Plesné. Další lokality s nižší hodnotou depozičního toku síry pod $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ se formují jihovýchodně od Nejdku.

Z prognózy prostorového rozložení celkové potenciální depozice dusíku v porostu na území PLO Krušné hory v roce 2010 vyplývá, že nejvyšší potenciální depoziční tok dusíku v porostu $17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován západně od Kraslic. Další lokalita s vysokou hodnotou depozičního toku dusíku nad $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ se formuje u hranic s Německem, zejména v hřebenových polohách od Plešivce po Špičák, u Vejprt, v oblasti Komářího vrchu, Jeleního vrchu po Rudolice, Hory Sváté Kateřiny,

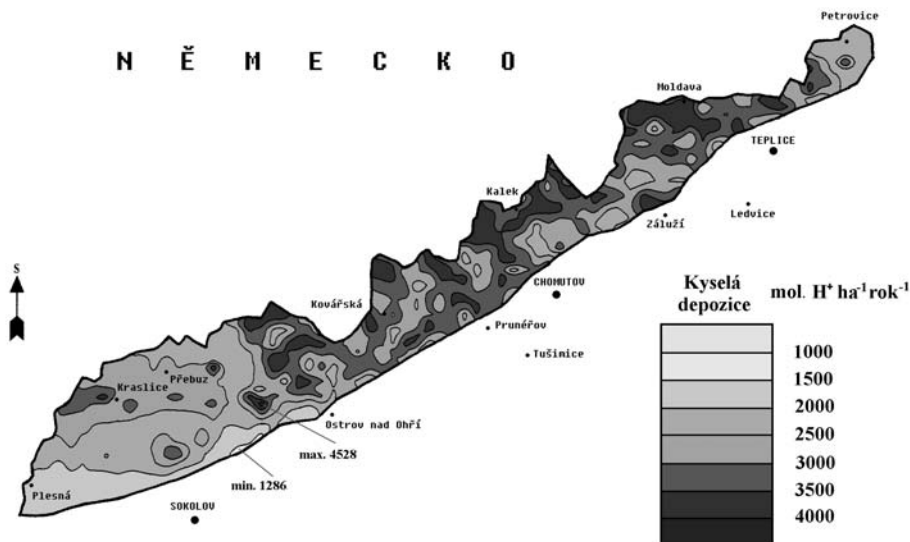
Větrného vrchu a v oblasti od Českého Jiřetína po Moldavu. Nejnižší potenciální depoziční tok dusíku v porostu $6,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován jihovýchodně od Plesné.

Prognóza prostorového rozložení celkové potenciální kyselé depozice H^+ v porostu na území PLO Krušné hory v roce 2010 je znázorněna na obrázku 3. Z obrázku vyplývá, že nejvyšší potenciální depoziční tok H^+ v porostu $2180 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován východně od Přebuze. Další lokality s vysokou hodnotou depozičního toku H^+ nad $1500 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ se formují na území od Abertam až po Telnici. Jen údolní polohy vykazují přechodné snížení hodnoty depozičního toku H^+ od 1000 do $1500 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Nejnižší potenciální depoziční tok H^+ v porostu $932 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován jihovýchodně od Plesné. Pro srovnání s rokem 2010 je prostorové rozložení celkové potenciální kyselé depozice H^+ v porostu na území PLO Krušné hory v roce 2000 je znázorněno na obrázku 4. S obrázku vyplývá, že nejvyšší potenciální depoziční tok H^+ v porostu $4528 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je dosahován jihozápadně od Jáchymova. Další lokality s vyšší hodnotou depozičního toku H^+ nad $3500 \text{ mol. ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ se formují v hřebenových polohách od Plešivce po Špičák, u Vejprtu, v oblasti Komářího vrchu, Jeleního vrchu po Rudolice, Hory Sváté Kateřiny, Větrného vrchu a v oblasti od Českého Jiřetína po Moldavu.



Obr. 3: Prognóza potenciální kyselé depozice vodíkových iontů v porostu (suma síry a dusíku) na území přírodní lesní oblasti Krušné hory v roce 2010 (modelový výpočet). Prognosis of potential acid deposition of hydrogen ions in the stand (sum of sulphur and nitrogen) in the territory of Krušné hory Mts. natural forest area in 2010 (model calculation).

Nejnižší potenciální depoziční tok H^+ v porostu 1 286 mol. $ha^{-1} rok^{-1}$ je dosahován jihovýchodně od Nejdku. Další lokality s nižší hodnotou depozičního toku H^+ pod 2000 mol. $ha^{-1} rok^{-1}$ se formují v pásu kolem Plesné.



Obr. 4: Prognóza potenciální kyselé depozice vodíkových iontů v porostu (suma síry a dusíku) na území přírodní lesní oblasti Krušné hory v roce 2000 (modelový výpočet). Prognosis of potential acidic deposition of hydrogen ions in the stand (sum of sulphur and nitrogen) in the territory of Krušné hory Mts. natural forest area in 2000 (model calculation).

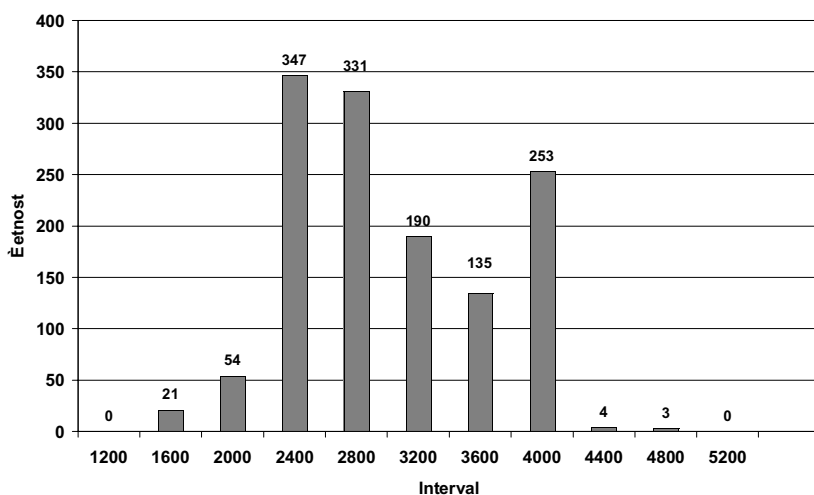
ZÁVĚR

Přítomnost kyselé depozice H^+ v lesním porostu a v půdě (v lesním ekosystému) a její prokázaný vliv na změnu zdravotního stavu bude nám i nadále poskytovat odpověď na otázku: Proč dochází k imisním škodám, když imisní koncentrace SO_2 klesají? Je to právě kyselá depozice (respektive celková depozice síry a dusíku), která v lesním porostu působí na stromy a jejich prostředí přímo (akutně a chronicky) a nepřímo přes komplex změn chemických vlastností půd po řadu let.

V rámci projektu VaV /740/4/00 (Zapletal, Skořepová, Pačes, Fottová, Pekárek, Chroust, Pacl, Kuňák 2001) byla pomocí modelu SMART pro oblast Krušných hor pro rok 2000 vyhodnocena kritická zátěž kyselé

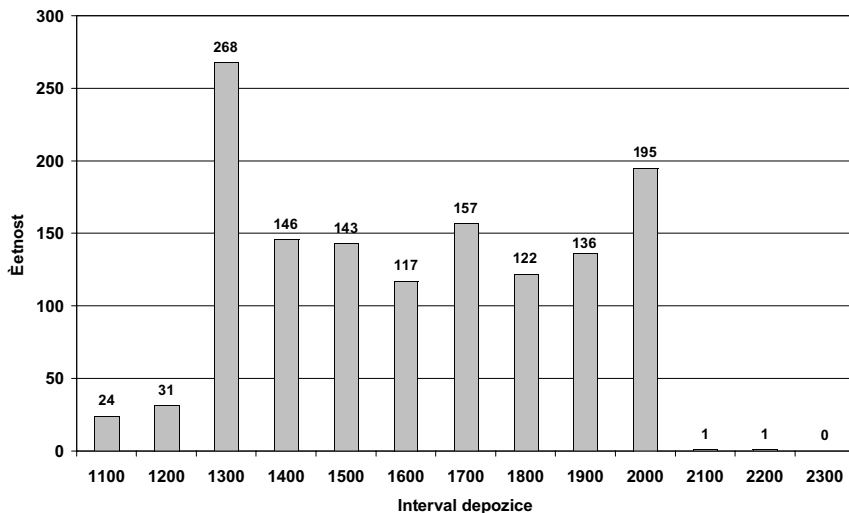
depozice 1 567 mol. H^+ ha rok⁻¹. Je zřejmé, že tato kritická zátěž byla v průměru v roce 2000 překročena o 1 258 mol. H^+ ha⁻¹ rok⁻¹.

Četnost rozdělení potenciální kyselé depozice H^+ v porostu v roce 2000 je znázorněna na obrázku 5. Je zřejmé, že z hlediska kyselé depozice zachycené porostem je překročena kritická zátěž (zaokrouhlena na 1600 mol. H^+ ha rok⁻¹) v roce 2000 na 98,4 % území PLO Krušných hor. Pouze na 1,6 % území (cca 21 gridů) je kyselá depozice H^+ nižší nebo rovna kritické hodnotě.



Obr. 5: Četnost rozdělení potenciální kyselé depozice H^+ v porostu v roce 2000 v PLO Krušné hory - modelový výpočet. Abundance of potential acidic H^+ deposition distribution in the stand in the Krušné hory Mts. NFA in 2000 - Model calculation.

Četnost rozdělení potenciální kyselé depozice H^+ v porostu v časovém horizontu 2010 je znázorněna na obrázku 6. Z absolutních hodnot rozdělení četnosti vyplývá, že na více jak 54 % procentech PLO Krušné hory bude kyselá depozice v porostu překračovat kritickou zátěž v letech 2010 při scénáři emisí 13 629 mil. tun SO_2 a 12 756 mil. tun NO_x . Depoziční toky síry, dusíku a kyselé depozice H^+ budou i nadále nepříznivě působit na prohlubování účinků acidifikace a bude se tak prodlužovat revitalizace ekosystémů Krušných hor včetně chemismu vod a stavu lesních porostů. Míra citlivosti lesních porostů na vstup kyselých depozic bude mít výběrový charakter, tzn. že se bude projevovat vliv geologického podloží, vlastností půd, klimatických poměrů daných



Obr. 6: Četnost rozdělení prognózy potenciální kyselé depozice H^+ v porostu v časovém horizontu 2010 v PLO Krušné hory - modelový výpočet.
Abundance of potential acidic H^+ deposition distribution in the stand in the Krušné hory Mts. NFA in 2010 - Model calculation.

nadmořskou výškou a expozicí lesních porostů, proměnlivou úrovní imisní zátěže a depozice, pufrovací kapacitou půdy v rámci lesního ekosystému, dřevinnou skladbou a strukturou porostů. Konkrétní příčinou odumírání a poškozování porostů (respektive stromů, jednotlivých dřevin) vyvolá vzájemná kombinace více mechanismů. Například spouštěcím faktorem velkoplošné defoliace může být jak jednorázové extrémní působení zvýšené teploty nebo prodloužení periody sucha, tak jednorázové akutní nebo synergické poškození imisemi ve formě kyselých depozicí.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byla řešena pro MZe ČR na základě smlouvy číslo 1004/1SZ471 v rámci úkolu „Depoziční toky síry, dusíku a iontů vodíku na území PLO Krušné hory, prognóza vývoje a jejich vliv na zdravotní stav smrkových porostů“.

LITERATURA

BAER M., NESTER K., 1988: Numerical simulation of SO_2 concentration and dry deposition fields in the TULLA experiment.

- Acid Deposition at High Elevation. M.H. Unsworth, D. Fowler (Eds.), s. 553 - 568.
- BAŤKA, M., BEDNÁŘ, J., BRECHLER, J., KOPÁČEK, J., 1984: Aplikace trajektoriového modelu na hodnocení transportu znečištění ovzduší v oblasti Čech. *Ochrana ovzduší*, 11: 161-164.
- BUBNÍK, J., KEDER, J., MACOUN, J., MAŇÁK, J., 1998: Systém modelování stacionárních zdrojů – Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší MŽP výpočtu znečištění ovzduší z bodových a mobilních zdrojů „SYMOS 97“. *Věstník MŽP ČR*, ročník 1998, částka 3, Praha 15. 4. 1998, s. 22 – 57.
- CUDLÍN, P., NOVOTNÝ, R., MORAVEC, I., CHMELÍKOVÁ, E., 2000: Retrospective evaluation of the response of montane ecosystems to multiple stress. *Ekológia (Bratislava)*, 19 (4).
- MESOPUFF, 1994: A Revised User's Guide to MESOPUFF II Version 5. 1, EPA-454/B-94-025 (EPA).
- FOTYMA, E., FOTYMA, M., 1999: Soil monitoring for the content of mineral nitrogen in Poland. *Soil monitoring. Proceedings from the IV. international conference Brno*, 31. 5-1. 6. 1999, s. 55 - 57.
- GRENNFELT, P., LARSSON, S., LEYTON, P., OLSSON, B., 1985: Atmospheric deposition in the Lake Gärdsjön area, EW Sweden. *Ecol. Bull.* 37, s. 101 - 108.
- GRENNFELT, P., NILSSON, J., 1988: Critical loads for sulphur and nitrogen. Workshop at Skokloster, Sweden, march 19-24, The Nordic Council of Ministers. Report 15, Copenhagen.
- HADAŠ, P., 2000: Celková potenciální depozice síry a dusíku porostu a volné plochy na lokalitě Bílého Kříže v roce 1998. *Zpravodaj Beskydy „Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd“*, 13, s. 7 - 14.
- HERTZ, J., BUCHER, P., RIEDMANN, A., 1992: Deposition und Schwebstaub. In: Förderer L. (Ed.). *Immissionsökologische Untersuchungen im Wald des Kantons Zürich*, Zürich, s. 53 - 62.
- JANSSEN, L.H.J.M. a kolektiv, 1989: Analysis of large scale sulphate, nitrate, chloride and ammonium concentrations in the Netherlands using an aerosol measuring network. *Atmospheric Environment* 23(12), s. 2783 - 2796.
- KALVOVÁ, J. a kolektiv, 1995: Scénáře změn klimatu pro Českou republiku – Územní studie změny klimatu, Element 2, Národní klimatický program ČR – svazek 17, Nakladatelství ČHMÚ, Praha, 101 str.

- KALVOVÁ, J., 2000: Pravidelné sledování změn klimatu, odhady změn ve variabilitě a četnosti výskytu extrémních povětrnostních jevů a zpřesnění scénářů vývoje klimatu na území ČR. Dílčí zpráva DP 01 v rámci projektu VaV/740/1/00 „Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku. MFF UK Praha. 50 str.
- KOLEKTIV, 1999: Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe. CCE Status Report. 175 str.
- KOLEKTIV, 2000: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách, VÚLHM. 177 str.
- KOLEKTIV, 2002: Forest Condition in Europe. Results of the Large-scale Survey. Technical Report. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), UN ECE. 99 str.
- LIKENS, G. E., BORMANN, F. H., PIERCE, R. S., EATON, J. S., JOHNSON, N. M., 1977: Biochemistry of a Forested Ecosystem. Springer-Verlag. New York. 146 str.
- LOCHMAN, V., 1985: Výsledky výzkumu vlivu lesních porostů na chemismus srážkové a půdní gravitační vody a chemismus půd ve VÚLHM Jíloviště-Strnady. In: Černý J. (Ed.). Kyselá atmosférická depozice a její důsledky. Sborník přednášek z pracovního semináře Praha – 16. 4. 1985, s. 52 - 54.
- LOCHMAN, V., 2000: Vývoj depozice imisních látek, chemismu půdní vody a půdy na výzkumných plochách Šerlich a složení vody v povrchovém zdroji. In: Slodičák M. (Ed.). Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře, Opočno 31. 8-1. 9. 2000, VÚLHM, s. 31 - 36.
- MAJER, V., PAČES, T., SKOŘEPOVÁ, I., VESELÝ, J., 1995: Kritické zátěže kyselými emisemi a mobilizace stopových kovů v suchozemských ekosystémech České republiky. Věstník Českého geologického ústavu, 3, s. 9 – 16.
- REMY, H., 1971: Anorganická chemie. I díl. SNTL, Praha.
- ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P. K., 1980: Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil in central Europe. Soil Science, 130: 193 - 199.
- VESTRENG, V., KLEIN, H., 2002: Emission data reported to UNECE/EMEP. Norwegian Meteorological Institute, Research Note no. 73, Oslo. 101 str.

ZAPLETAL, M., CHROUST, P., PAČES, T., SKOŘEPOVÁ, I., FOTTOVÁ, D., PACL, A., PEKÁREK, J., KUŇÁK, D., 2001: Mutikriteriální vyhodnocování negativních účinků vlivů látek znečišťujících ovzduší se zaměřením na acidifikaci, eutrofizaci a desikaci přírodních ekosystémů založené na principu kritických prahů dle metodologií EHK OSN. Závěrečná zpráva, Ekotoxa Opava. 250 str.

SUMMARY

A model calculation of potential acidic H^+ deposition, deposition fluxes of sulphur and nitrogen is carried out in the network of 1,341 grids for the NFA territory of Ore Mts. on the basis of a scenario worked out for the development of air pollution and climatic situation in the time horizon of 2010. The model calculation is based on application of multiple resistance model, model of wet deposition, and Gaussian distribution model. The deposition fluxes were calculated by using emission, air-pollution and meteorological data, and results from the chemical analysis of precipitation. The calculation takes into account conditions of dispersion (wind direction and velocity, temperature stratification), relief and SO_2 and NO_x emission data from the European territory. The scenario of emission development assumes the SO_2 and NO_x emissions in the territory of Europe to reach 13.6 and 12.8 mil. tons, respectively. The climatic situation was defined on the basis of the prognosis of GISS and HadCM2 global climatic models in which the annual total precipitation in the time horizon of 2010 is expected to increase by 4.5%. In the same time horizon, the mean annual air temperature, average wind velocity, sum of global radiation and vapour pressure are expected to increase by 0.98 °C, 0.65%, 0.17% and 7.57%, resp. It follows from the prognosis of emission development and from the scenario of climatic situation in the time horizon of 2010 that the region of the Ore Mts. NFA will have annual above-stand depositions of sulphur and nitrogen amounting on average to 10.04 kg.ha⁻¹ and 8.75 kg.ha⁻¹, respectively, and an average potential acidic H^+ deposition reaching 1253.3 mol.ha⁻¹.year⁻¹ (fig. 3, 4). The average sulphur deposition above the stand will be induced by SO_2 emissions from abroad at 9.2%, the nitrogen deposition will contain 12.7% NO_x emissions from over the border. Average sulphur and nitrogen depositions in the stand will be 12.83 kg.ha⁻¹.year⁻¹ and 10.50 kg.ha⁻¹.year⁻¹, an average potential acidic H^+ deposition in the stand will reach 1551.8 mol.ha⁻¹.year⁻¹.

The spatial distribution of acidic H^+ deposition fluxes indicates that its critical load of $1,600 \text{ mol. } H^+ \text{ ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (prescribed for 2000) will be exceeded on an area of more than 54% in the Ore Mts. Region (fig. 6).

Adresa autora:

RNDr. Pavel Hadaš

Ústav ekologie lesa, LDF MZLU Brno

Zemědělská 3, 613 00 Brno

hadas@mendelu.cz

HODNOCENÍ VÝVOJE MLADÝCH SMRKOVÝCH POROSTŮ V KRUŠNÝCH HORÁCH V ROCE 2002

*EVALUATION OF THE DEVELOPMENT OF YOUNG SPRUCE STANDS IN THE ORE
MTS., IN 2002*

BOHUMÍR LOMSKÝ, VÍT ŠRÁMEK, VĚRA FADRHONSOVÁ

ABSTRAKT

Na dlouhodobě sledovaných plochách umístěných v mladých smrkových porostech a pokrývajících oblast Krušných hor byla hodnocena defoliace korun a byly stanoveny obsahy živin a zátěžových prvků v jehličí. Průměrná defoliace smrkových porostů (32,4 %) byla srovnatelná s rokem 2001 (31,1 %). Stále se ve východní části Krušných hor objevují symptomy žloutnutí. Obsahy síry a fluoru v jehličí stále klesají. Rovněž klesá obsah dusíku v jehličí a na více plochách se stává deficitní. Mírně vzrostl obsah hořčíku v jehličí (892 mg.kg⁻¹), stále je však deficitní na 2 hodnocených plochách.

ABSTRACT

In the long-term sample plots situated within the young spruce stands in the Ore Mts., crown defoliation was assessed and the content of nutrients and stress elements in needles stated. The average defoliation of spruce (32.4%) was comparable to that of 2001 (31.1%). In the eastern part of the Ore Mts. still the symptoms of yellowing can be observed. The content of sulfur and fluorine in needles is constantly decreasing. Also the content of nitrogen in needles is decreasing and in some of the plots its getting to be deficit. The content of Mg in needles has slightly increased (892 mg.kg⁻¹), it is still deficit in 2 of the plots, however.

Úvod

Hodnocení zdravotního stavu a stavu výživy se provádělo na souboru ploch založených počátkem 90 let ve smrkových mlazinách. Plochy byly umístěny v porostech do 30 let na náhorní rovině Krušných hor. Hodnocený transekt pokusných ploch probíhá podél hlavního Krušnohorského hřebene od severovýchodně umístěného Cínovce ke Klínovci a dále po jihozápadním hřebeni až k Přebuzi, kde se stáčí a pokračuje přes Sokolovskou pánev k nejvyšší partii Slavkovského lesa.

METODIKA

Vyhodnocení výsledků listových analýz z roku 2002 - stanovení obsahu základních živin a zátěžových prvků

V roce 2002 byly na podzim na sledovaných plochách (říjen - listopad) odebrány vzorky asimilačních orgánů (1. a 2. ročník jehličí). Směsné vzorky jehličí se odebíraly z horní třetiny koruny z 10 stromů náhodně

vybraných stromů tak, aby vytvoření směsného vzorku bylo v souladu s metodikou ICP-Forests (ICP Manual 1998).

Analýza smrkového jehličí byla provedena v laboratoři VÚLHM Jíloviště-Strnady s využitím standardních metodik, které jsou validovány v návaznosti na mezinárodní kooperativní program ICP-Forests (Expertní panel - listová analýza). V asimilačních orgánech smrku ztepilého se stanovoval obsah základních živin – dusíku, fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a zinku. Imisní zátěž byla charakterizována obsahy síry a fluoru.

Výsledky šetření jsou uvedeny v grafech. Jednotlivé hodnoty jsou propojeny křivkou, která usnadňuje sledování změn hodnot zjištěných na jednotlivých plochách.

Hodnocení defoliace korun a výškového přírůstu

Na všech 20 sledovaných pokusných plochách v mladých smrkových porostech bylo provedeno na podzim (říjen) 2002 hodnocení defoliace korun (v %) všech značených stromů. Hodnocení se provádělo podle metodiky používané ve VÚLHM v rámci projektu ICP-Forests.

Metodika je modifikována pro hodnocení mladých porostů a kultur. Současně s hodnocením defoliace korun byl na všech smrkových plochách měřen výškový přírůst za rok 2002. Přírůst vyznačených stromů byl měřen s pomocí 13 m výškoměrné tyče Sokkia s přesností na 1 cm.

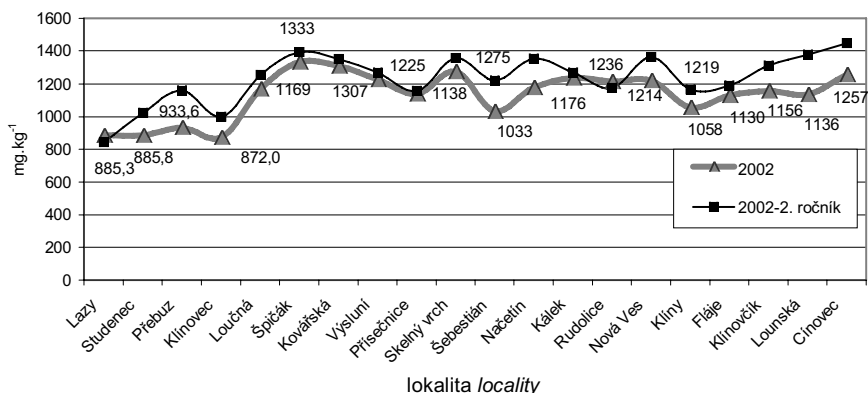
VÝSLEDKY

Obsah zátěžových prvků

I přes výrazné snížení průmyslových emisí v ČR a také v oblasti Krušnohoří, pokračuje sledování zátěžových prvků – síry a fluoru. Vzhledem k tomu, že se obsahy síry a fluoru v jehličí kumulují, můžeme velmi dobře podle jejich výše posoudit ovlivnění zdravotního stavu smrkových porostů těmito imisemi.

Obsah síry v jehličí

Na obrázku 1 jsou uvedeny obsahy síry v 1. a 2. ročníku jehličí stanovené v roce 2002. Obsahy síry v 1. ročníku jehličí dosáhly přibližně stejné úrovně jako v roce 2001 (Lomský, Šrámek 2002). Hodnoty obsahu síry v 1. ročníku jehličí se pohybovaly v rozmezí 934 - 1 333 mg.kg⁻¹. Průměrný obsah síry v 1. ročníku jehličí dosáhl v roce 2002 hodnoty 1 107 mg.kg⁻¹.

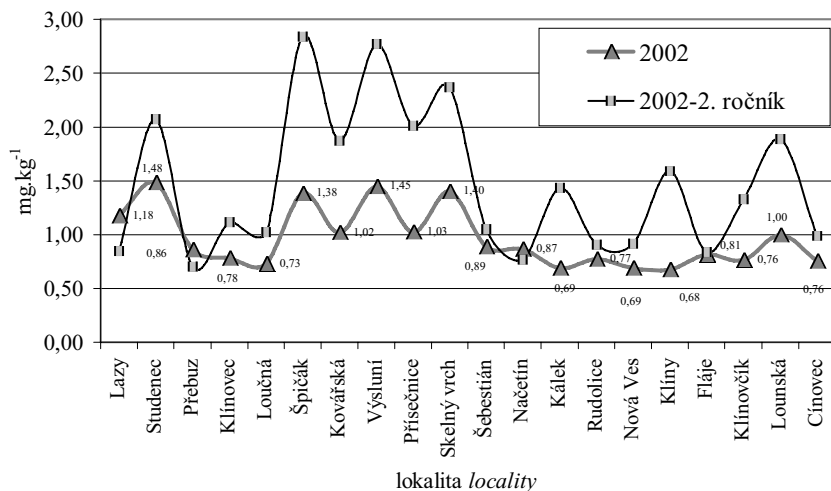


Obr. 1 Porovnání obsahů S v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of S content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

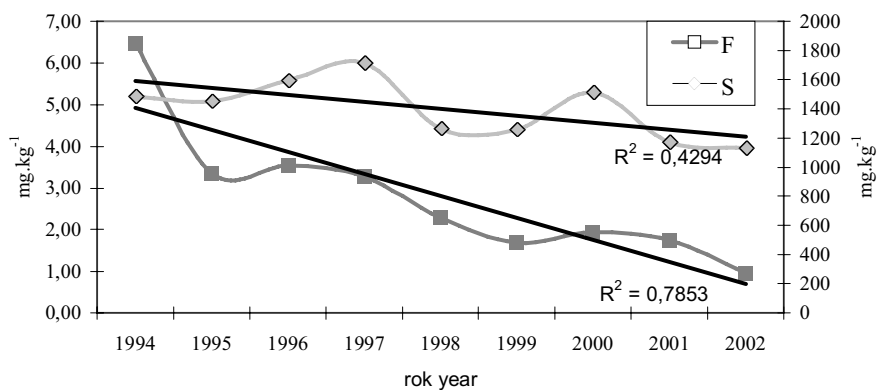
Ve srovnání s rokem předcházejícím jde o minimální snížení ($1\,173\text{ mg.kg}^{-1}$). Ve 2. ročníku jehličí kolísaly hodnoty obsahu síry od 844 do $1\,446\text{ mg.kg}^{-1}$ a průměrný obsah síry pro hodnocené plochy byl $1\,233\text{ mg.kg}^{-1}$. Jednotlivé obsahy síry v 1. ročníku jehličí kolísaly a navýšení obsahů síry bylo zjištěno ve srovnání s rokem 2001 na ploše Skelný vrch, Kalek a Rudolice (o 21 % a 15 %, 8 %). Zjištěné hodnoty lze charakterizovat jako mírnou zátěž. Na zbývajících plochách byly dosaženy obsahy síry velmi blízké předcházejícímu roku a nebo došlo k jeho snížení. Nejvýraznější pokles byl zjištěn na plochách Přebuz, Loučná, Kovářská a Cínovec (od 56 % do 14 %). Obsahy síry v 1. ročníku jehličí lze považovat za přirozené a nebo mírně zvýšené. Obsahy síry ve 2. ročníku jehličí byly vyšší než v 1. ročníku jehličí, ale pouze jednou překročily hranici $1\,400\text{ mg.kg}^{-1}$. Jak jednotlivé obsahy síry, tak také průměrná hodnota ukazuje pouze na slabé navýšení obsahu síry ve sledovaném transektu ploch.

Obsah fluoru v jehličí

Obrazek 2 uvádí obsahy fluoru v 1. a 2. ročníku jehličí. Obsahy fluoru zjištěné v roce 2002 dosáhly celkového průměru $0,96\text{ mg.kg}^{-1}$. Obsahy fluoru v 1. ročníku jehličí se pohybovaly v rozmezí od 0,68 do $1,48\text{ mg.kg}^{-1}$. Ve 2. ročníku jehličí byl zjištěn rozsah 0,70 - $2,84\text{ mg.kg}^{-1}$ a průměrný obsah $1,47\text{ mg.kg}^{-1}$. Oproti roku 2001 došlo k výraznému poklesu (Lomský, Šrámek 2002), ten se na jednotlivých lokalitách pohyboval od 10 % (plocha Výsluní) do 73 % na ploše Cínovec. Nejvyšší hodnoty obsahu fluoru byly zjištěny na plochách Studenec - $1,48\text{ mg.kg}^{-1}$



Obr. 2: Porovnání obsahů F v 1. a 2.ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of F content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.



Obr. 3: Průměrné obsahy S a F v 1. ročníku jehličí pro plochy v Krušných horách. Mean contents of S and F in the 1st needle year class for plots in the Ore Mts.

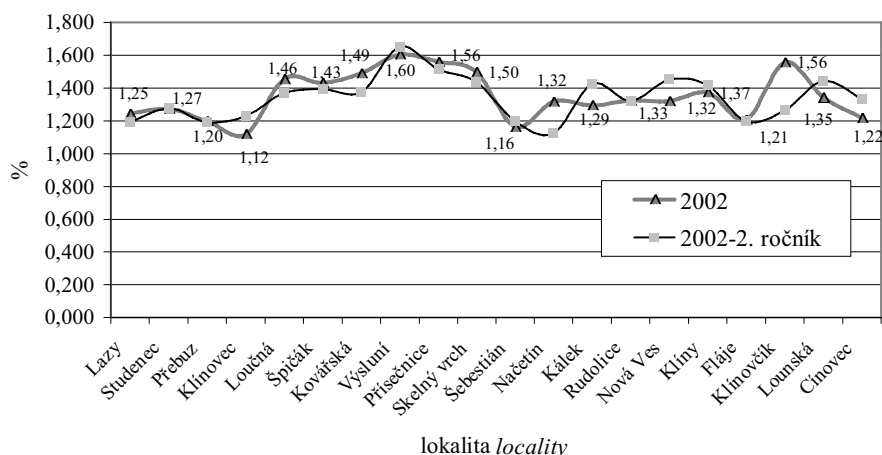
a Výsluní $1,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ a Skelný vrch $1,40 \text{ mg.kg}^{-1}$. Na stejných plochách byly díky akumulaci fluoru stanoveny výrazně vyšší obsahy ve 2. ročníku jehličí, které se pohybovaly se v rozmezí od 2 do 3 mg.kg^{-1} a ležely u hranice indikující vyšší obsahy fluoru.

Z obrázku 3 vyplývá, že v Krušných horách po odsíření velkých zdrojů znečištění pokračuje pokles obsahu síry stanovovaný ve smrkovém jehličí a jež je charakterizovaný mírou spolehlivosti $R^2 = 0,4294$. Ještě výraznější je prakticky lineární pokles obsahu fluoru v jehličí během posledních šesti let ($R^2 = 0,7853$), kdy v roce 1996 z průměrného obsahu fluoru přesahujícího $3,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ klesá na hodnoty nižší než $1,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ v roce 2002.

Obsah živin v jehličí

Obsah dusíku v jehličí

Obsahy dusíku v 1. ročníku jehličí se v roce 2002 pohybovaly v rozmezí od 1,12 % do 1,60 % a průměrný obsah dusíku pro hodnocený transekt dosáhl hodnoty 1,35 %. Ve 2. ročníku jehličí byl průměrný obsah dusíku 1,34 % a jednotlivé hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 1,13 % do 1,65 %. Velmi nízké až deficitní obsahy dusíku v 1. ročníku jehličí (pod 1,30 %) byly zjištěny na plochách v západní části Krušných hor (Lazý-

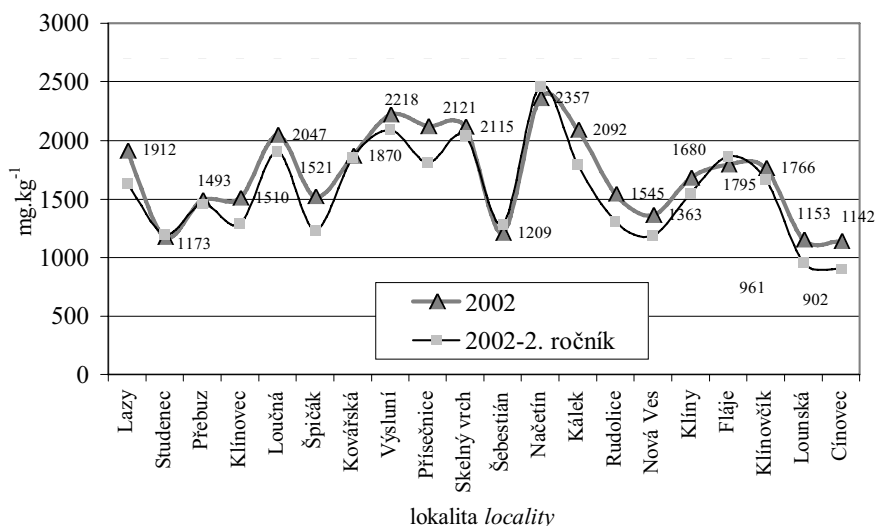


Obr. 4: Porovnání obsahů N v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of N content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

Klínovec). Dále byly deficitní obsahy dusíku zjištěny na plochách Sv. Šebestián, Kalek, Fláje a Cínovec (viz obr. 4).

Ve srovnání s předcházejícím rokem (Lomský, Šrámek 2002) došlo na většině ploch (12 ploch) k poklesu obsahu dusíku v 1. ročníku jehličí. Pokles se pohyboval v rozmezí od 1 % (Kovářská) do 20 % hodnoty roku 2001 (Nová Ves). Obsah dusíku v 1. ročníku jehličí poklesl na všech plochách od Kalku po Cínovec.

Nejvyšší obsah dusíku v 1. ročníku jehličí byl zjištěn na ploše Výsluní – 1,60 %. Nejvýraznější nárůst obsahu dusíku v 1. ročníku jehličí 17 % byl zjištěn na ploše Skelný vrch ve srovnání s rokem 2001. Na plochách Špičák, Sv. Šebestián a Načetín, rozkládajících se v centrální části transektu, došlo k 12 % nárůstu obsahu dusíku v 1. ročníku jehličí ve srovnání s rokem 2001. Menší nárůsty obsahu dusíku v jehličí byly zjištěny na plochách Studenec a Loučná. Rok 2002 patřil svým průběhem meteorologických hodnot v horských oblastech k dobrým. Dobré růstové podmínky během vegetačního období se odrazily nejenom ve výškovém přírůstu smrkových porostů, ale také na tvorbě biomasy smrkových porostů, která ve svém množství mohou způsobit ředící efekt a snížení obsahu dusíku (Polle et al. 1992).



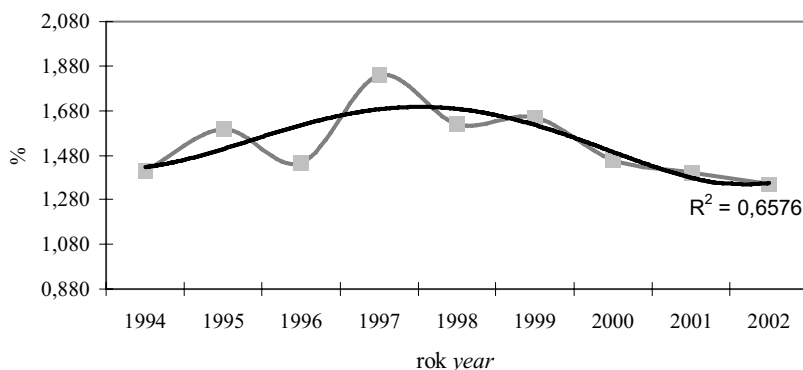
Obr. 5: Porovnání obsahů P v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of P content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

Obsah fosforu v jehličí

Obsahy fosforu v obou ročnících jehličí na jednotlivých plochách (obr. 5) v roce 2002 výrazně kolísaly a pohybovaly se od 1 142 mg.kg⁻¹ (plocha Cínovec) do 2 357 mg.kg⁻¹ (plocha Načetín) u 1. ročníku jehličí a v rozmezí od 902 do 2 463 mg.kg⁻¹ u 2. ročníku jehličí. Celkový průměr obsahu fosforu v transektu byl 1 704 mg.kg⁻¹ v 1. ročníku a 1 576 mg.kg⁻¹ ve 2. ročníku jehličí. Oproti roku předcházejícímu (Lomský, Šrámek 2002) došlo na všech plochách k výraznému poklesu obsahu fosforu v jehličí. Nejmenší pokles obsahu fosforu do 7 % ve srovnání s rokem 2001 byl zjištěn na Výsluní (0,2 %), Lazech (2 %), Kalku (4 %), Studenci a Cínovci (6 a 7 %). Nejvyšší pokles obsahu fosforu v jehličí byl zaznamenán na plochách Lounská (27 %), Rudolice (29 %), Klínovčák (33 %) a Sv. Šebestián (37 %). Na hranici nedostatku výživy (pod 1 200 mg.kg⁻¹) jsou obsahy fosforu v jehličí zjištěné na plochách Studenec, Lounská a Cínovec.

Z obrázku 6 je patrné, že v průběhu sledovaného období, kdy byly plochy na transektu hodnoceny, obsahy dusíku v jehličí zpočátku pomalu narůstaly a dosahovaly nejvyšších hodnot v letech 1997 - 1999 (1,62 - 1,84 %). Od roku 1999 můžeme zaznamenat trvalý pokles obsahu dusíku v jehličí, který se v současné době blíží k hranici nedostatečné výživy.

Obsah fosforu v jehličí v minulosti rok od roku výrazně kolísal, stále se však pohyboval v oblasti dobré výživy.



Obr. 6: Průměrné obsahy N v 1. ročníku jehličí pro plochy v Krušných horách.
Mean contents of N and P in the 1st needle year class for plots in the Ore Mts.

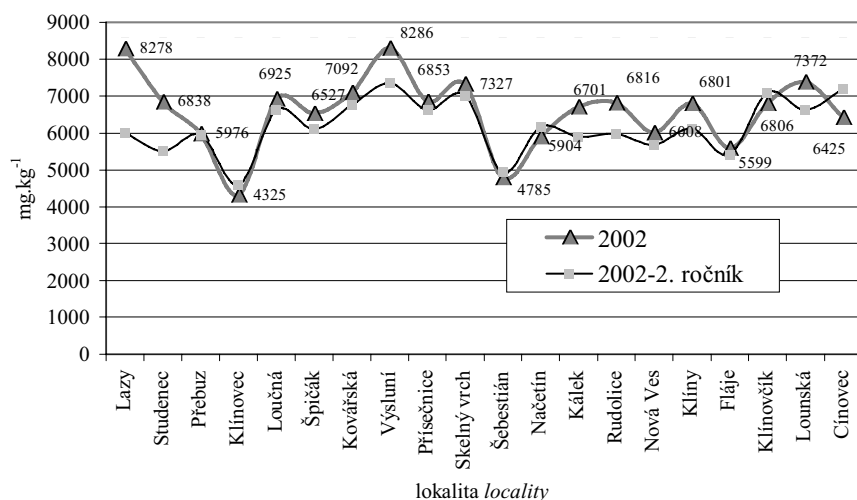
Obsah draslíku v jehličí

Obsahy draslíku (viz. obr. 7) se v roce 2002 v 1. ročníku jehličí pohybovaly v rozmezí od 4325 mg.kg⁻¹ (plocha Klínovec) do 8286 mg.kg⁻¹ (Výsluní), průměrný obsah pro celý transekt ploch byl 6582 mg.kg⁻¹. Obsahy draslíku ve 2. ročníku jehličí dosahovaly nižších hodnot ve srovnání s 1. ročníkem jehličí, pohybovaly se v rozmezí od 4 585 do 7 357 mg.kg⁻¹ a průměrný obsah byl 6 184 mg.kg⁻¹.

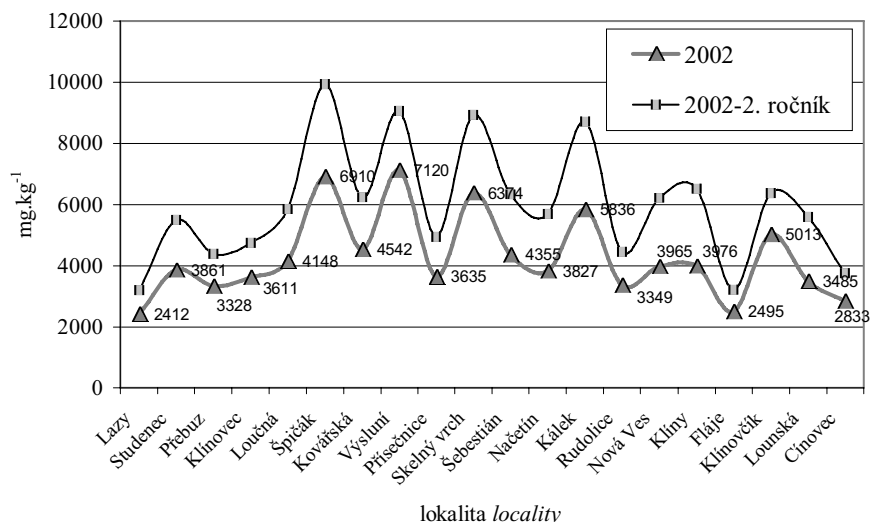
Na většině hodnocených ploch došlo k navýšení obsahu draslíku v jehličí ve srovnání s rokem 2001 (Lomský, Šrámek 2002). Nejvyšší navýšení obsahu draslíku v jehličí bylo zjištěno na ploše Lazy o 42 %, dále pak na ploše Lounská o 29 %, na ploše Skelný vrch o 27 % a o 26 % na ploše Výsluní. Na 4 plochách došlo k poklesu obsahu draslíku v jehličí o 7 % na Sv. Šebestiánu, o 17 % na Loučné, o 20 % v Rudolicích a o 22 % na ploše Nová Ves. Přes všechny tyto poklesy obsahů prokazovaly zjištěné obsahy draslíku v 1. ročníku jehličí dobrou úroveň výživy.

Obsah vápníku v jehličí

Jak je zřejmé z obrázku 8 obsahy vápníku v jehličí se v roce 2002 pohybovaly rozsahu od 2 412 mg.kg⁻¹ (plocha Lazy) do 7 120 mg.kg⁻¹ (plocha Výsluní). Průměrný obsah vápníku pro hodnocený transekt ploch



Obr. 7: Porovnání obsahů K v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of K content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

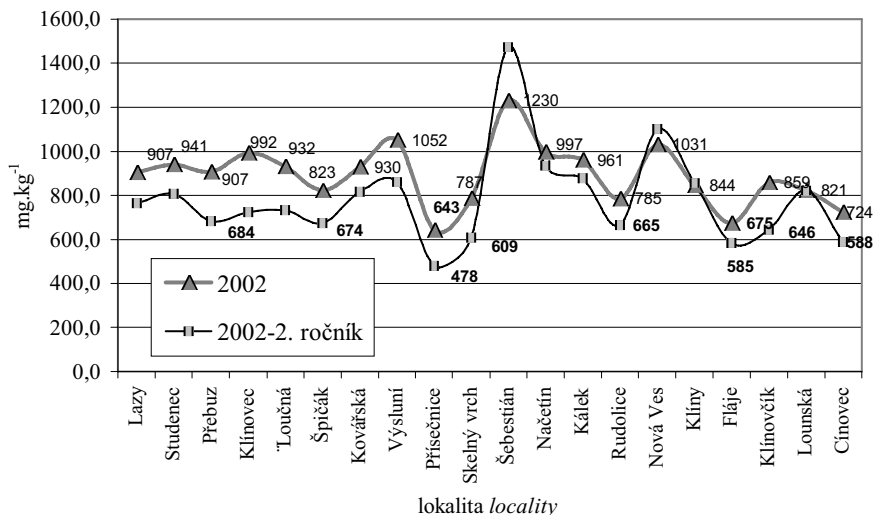


Obr. 8: Porovnání obsahů Ca v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of Ca content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

byl 4 254 mg.kg⁻¹. Obsahy vápníku ve 2. ročníku jehličí byly vyšší na všech hodnocených plochách a pohybovaly se v rozmezí od 3 187 mg.kg⁻¹ do 9 924 mg.kg⁻¹. Srovnání s rokem 2001 (Lomský, Šrámek 2002) ukazuje, že došlo k celkovému poklesu obsahu vápníku v 1. ročníku jehličí. Pokles obsahu vápníku se pohyboval v rozmezí od 11 do 49 % hodnoty roku 2001. Výrazný pokles vápníku byl zjištěn na plochách od Klínů po Cínovec. Nejvyšší pokles obsahu vápníku byl zjištěn na ploše Cínovec (49 %) a Lazy (30 %), Přebuz, Lounská a Fláje (21 – 25 %). K navýšení obsahů vápníku došlo přibližně na polovině ploch. K nejvyššímu navýšení obsahů vápníku ve srovnání s loňským rokem o 32 a 51 % došlo v jehličí odebraném na plochách Kálek a Klínovec. I u tohoto prvku meziroční pokles obsahu vápníku v jehličí neukazuje na nedostatek tohoto prvku ve výživě.

Obsah hořčíku v jehličí

Z obrázku 9 vyplývá, že se obsahy hořčíku v 1. ročníku jehličí v roce 2002 pohybovaly v rozmezí od 643 mg.kg⁻¹ (plocha Přísečnice) do 1 230 mg.kg⁻¹ (plocha Šebestían). Průměrný obsah hořčíku v 1. ročníku jehličí pro hodnocené plochy byl 892 mg.kg⁻¹. Pouze na dvou plochách byly obsahy hořčíku v 1. ročníku jehličí nedostatečné a to na plochách



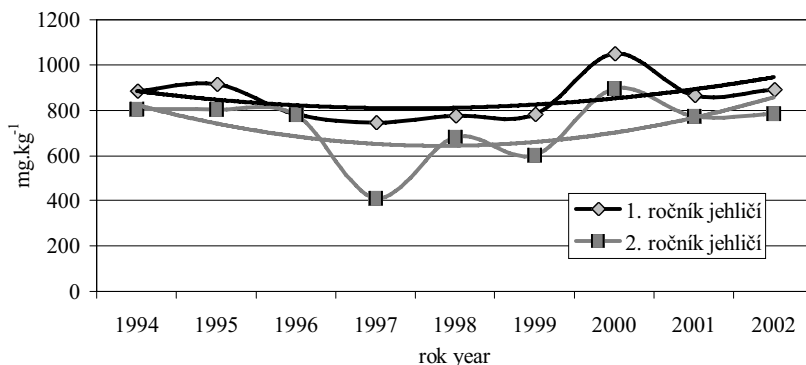
Obr. 9: Porovnání obsahů Mg v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of Mg content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

Prácheň (643 mg.kg⁻¹) a Fláje (675 mg.kg⁻¹). Obsahy hořčíku ve 2. ročníku jehličí byly na většině ploch nižší a pohybovaly se v rozmezí od 478 do 1 471 mg.kg⁻¹. V osmi případech dosáhly deficitních obsahů, tj. hodnot nižších než 700 mg.kg⁻¹ (Materna 1964, Hüttl, Wisniewski 1987) a blížily se k hranici fyziologického minima. Pokles obsahu hořčíku v 1. ročníku jehličí se pohyboval v rozmezí od 1 – 12 % hodnoty roku 2001 (Lomský, Šrámek 2002). Nejvyšší meziroční pokles obsahu hořčíku byl na plochách Lounská a Klínky (12%), Nová Ves (11 %). Naopak navýšení obsahu hořčíku v 1. ročníku jehličí bylo zjištěno na plochách Klínovec (47 %), Lazy, Cínovec a Výsluní (o 30, 26 a 22 %).

Během hodnoceného období mají obsahy draslíku v 1. ročníku jehličí mírně klesající trend, i když kolísání hodnot průměrných obsahů mezi jednotlivými roky je výrazné. I přes tyto výkyvy můžeme hodnotit obsahy draslíku po celé sledované období jako bezproblémové.

Rovněž obsahy vápníku v jehličí výrazně kolísají mezi jednotlivými roky a převážně se pohybují v rozmezí mezi 4 000 - 5 000 mg.kg⁻¹. I průměrné obsahy vápníku nevykazovaly v hodnoceném transektu ploch během celého hodnocení deficitní hodnoty. Výraznější změny jsou u obsahu hořčíku.

Průměrné obsahy hořčíku v obou ročnících jehličí jsou uvedeny na obrázku 10. Z obrázku je patrné, že v období let 1997 - 1999 došlo k poklesu obsahů hořčíku v obou ročnících jehličí, výrazný pokles se zvláště projevil deficitními hodnotami u 2. ročníku jehličí. Od roku 2000 opět dochází, v důsledku prováděného vápnění dolomitickým vápencem, k navýšení obsahů hořčíku a oba ročníky jehličí vykazují jeho dostatečné obsahy.

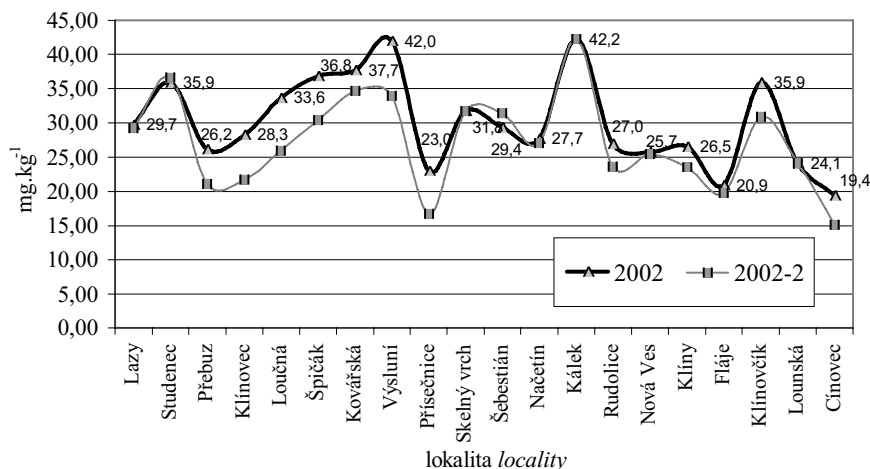


Obr. 10: Průměrné obsahy hořčíku v jehličí smrku ztepilého. Mean content of Mg in the 1st and 2nd needle year class for plots in the Ore Mts.

Obsah zinku

V roce 2002 se pohybovaly obsahy zinku v 1. ročníku jehličí v rozmezí od 19,4 mg.kg⁻¹ (plocha Cínovec) do 42,2 mg.kg⁻¹ (plocha Kalek). Průměrný obsah zinku pro hodnocený transekt ploch byl 30,2 mg.kg⁻¹. Obsahy zinku ve 2. ročníku jehličí byly převážně nižší a kolísaly v rozmezí od 15,2 do 42,2 mg.kg⁻¹ (viz obr. 11). Stejně jako v 1. ročníku jehličí jejich výše klesala od západu směrem k východní části Krušných hor. Při srovnání s rokem 2001 (Lomský, Šrámek 2002) došlo k poklesu obsahu zinku v 1. ročníku jehličí na 13 plochách.

Pokles se pohyboval od 5 do 30 % hodnot roku 2001. Nejvyšší pokles obsahu zinku byl zjištěn v jehličí odebraném na plochách Nová Ves, a to o 30 %, Fláje o 29 %, Klínovčik o 27 % a Přísečnice o 25 %. Naopak k navýšení obsahu zinku došlo na ploše Kalek o 19 % a o 18 % na ploše Cínovec, i přes toto navýšení je plocha Cínovec z pohledu obsahu zinku stále jako jediná deficitní.

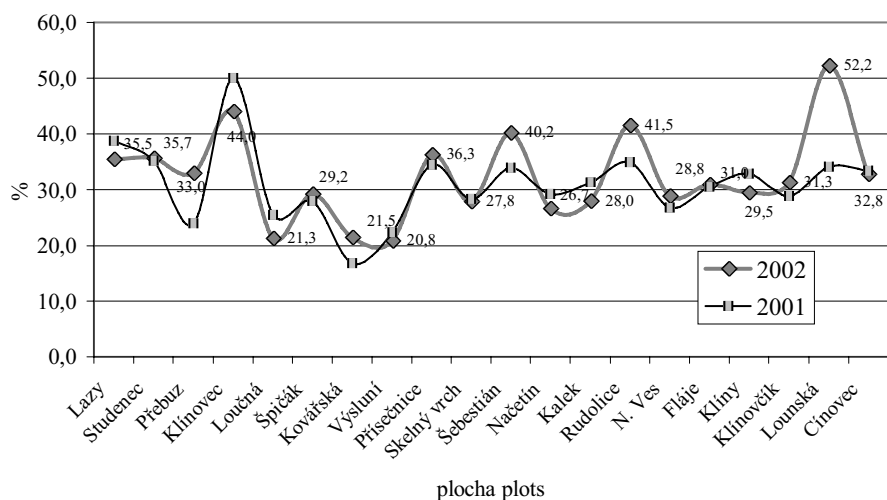


Obr. 11: Porovnání obsahů Zn v 1. a 2. ročníku jehličí v roce 2002. Comparing of Zn content in the 1st and 2nd needle year class in 2002.

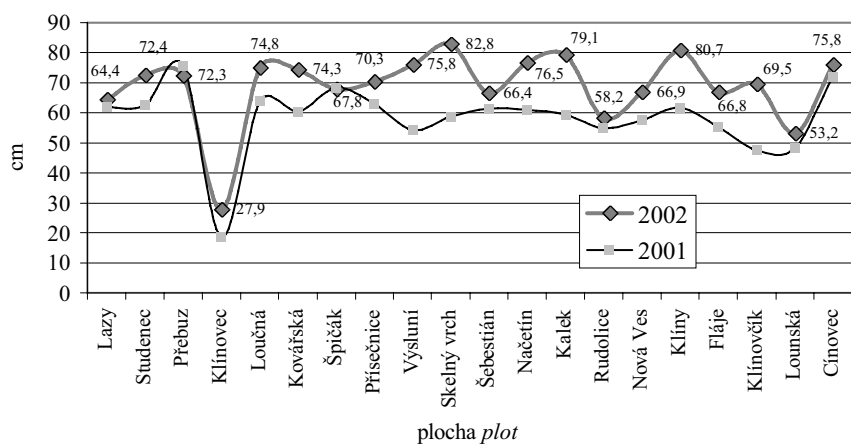
Hodnocení defoliace a výškového přírůstu smrkových porostů

Výsledky hodnocení defoliace korun stromů jsou uvedeny na obrázku 12. Defoliace korun mladých smrkových porostů se pohybovala v roce 2002 v rozmezí od 20,8 % zjištěných na ploše Výsluní do 52,2 % stanovených na ploše Lounská. Vyšší defoliace byla zjištěna na plochách, které byly v minulosti silně mechanicky poškozeny (Rudolice - 41,5 %), nebo jsou vystaveny drsným klimatickým podmínkám (Klínovec – 44 %) anebo jsou silně ovlivněny zamokřením (Sv. Šebestián a Lounská – 40,2 a 52,2 %). Celková defoliace hodnoceného transektu dosáhla hodnoty 32,4 % a je prakticky srovnatelná s hodnotou roku 2001 – 31,1 % .

Výškový přírůst smrkových mlazin byl díky dobrému průběhu vegetačního období vyšší ve srovnání s rokem 2001. Průměrný přírůst pro hodnocený transekt byl 68,8 cm a byl o 10 cm vyšší než v roce předcházejícím. Na jednotlivých plochách výškový přírůst kolísal od 27,9 cm na Klínovci k nejvyšším tj. 82,8 cm a 80,7 cm na Skleněném vrchu a Klínech. Na silně ovlivněných plochách jako např. Rudolice byl 58,2 cm a Lounská 53,2 cm (viz obr. 13). Kromě dvou ploch (Přebuz a Špičák) došlo k navýšení výškového přírůstu. Největší nárůst ve srovnání s rokem předcházejícím byl na plochách Klínovec (49 %), Klínovčák a Skelný vrch (45 % a 41 %) a Výsluní (40 %). Nejmenší



Obr. 12: Porovnání defoliace v Krušných horách v roce 2001 a 2002.
Defoliation of young spruce stands in the Ore Mts. in 2001 and 2002.



Obr. 13: Porovnání výškového přírůstu mladých smrkových porostů v Krušných horách v letech 2001 a 2002. Comparing of the height growth of young spruce stands in the Ore Mts. in 2001 and 2002.

navýšení výškového přírůstu ve srovnání s rokem 2001 bylo na plochách Lazy, Rudolice, Sv. Šebestián, Lounská a Přísečnice (4 %, 6 %, 8 %, 10 % a 11 %).

ZÁVĚR

Z výsledků listových analýz a hodnocení defoliace za rok 2002 lze shrnout:

- * Zdravotní stav smrkových porostů hodnocený procentem defoliace korun dosáhl v roce 2002 prakticky stejné úrovně (32,4 %) jako v roce 2001 (31,1 %).
- * I na podzim 2002 bylo možné ve východní části transektu ploch najít na stromech symptomy žloutnutí např. plochy Přísečnice, Špičák, Fláje apod.
- * Obsahy zátěžových prvků – síry a fluoru v jehličí klesají a jejich výši lze charakterizovat jako mírnou zátěž.
- * Stav výživy: stále pokračuje pokles obsahu dusíku v jehličí a jeho obsahy se dostávají na některých plochách do oblasti nedostatku.
- * V roce 2002 došlo k poklesu obsahu fosforu, vápníku a zinku v jehličí, stanovené hodnoty však stále leží v oblasti dobré výživy.
- * Současné byl zjištěn mírný nárůst obsahů draslíku a hořčíku v jehličí. Obsahy draslíku jsou bezproblémové. Obsah hořčíku v jehličí je však stále relativně nízký (890 mg.kg^{-1}); stále byl nedostatkový na 2 hodnocených plochách (1. ročník) resp. 8 hodnocených plochách z pohledu obsahu hořčíku ve 2. ročníku jehličí.
- * K zlepšení stavu výživy hořčíkem na deficitních lokalitách lze doporučit aplikaci hořečnatého hnojiva popř. dolomitického vápence podle používané metodiky výběru ploch.

Literatura:

- HÜTTL, R. F., WISNIEWSKI, J.: Fertilisation as a tool to mitigate forest decline associated with nutrient deficiencies. *Water, Air, and Soil Pollution* 32, 1987, 265 - 276.
- LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V.: Vývoj zdravotního stavu smrkových mlazin v Krušných horách v roce 2001. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001*. Eds. M. Slodičák, J. Novák, VÚLHM, 2002, 113 - 121.

MATERNA, J.: Hnojení smrkových porostů. Metodiky UVTI MZLVH 19, 1964. 21str.

POLLE, A., MOSSNANG, M., SCHONBORN, V., SLADKOVIC, R., RENENBERG, H.: Fields studies on Norway spruce trees at high altitudes. I. Mineral pigment and soluble protein contents of needle as affected by climate and pollution. *New Phytologist* 121, 1992, 89 - 99.

UN-ECE: International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 4th edition, Hamburg, 1998.

SUMMARY

In 2002, crown defoliation was assessed and the nutrient status evaluated within the transect of 19 plots, in the young spruce stands, in the ridge part of the Ore Mts. The average defoliation in that year was 32.4%, comparable to the results in 2001 (31.1%). In spite of this comparatively good health state, in the eastern part of the Ore Mts. still the symptoms of needle yellowing can be found, e.g. in the plots of Přísečnice, Špičák, Fláje. De-sulphuring technologies of the pollution sources in the region resulted in continuing decrease of the sulphur and fluorine content in needles. Current contents within the given transect can be characterised as a low load. From the stand nutrition viewpoint the situation is more serious. The decrease of nitrogen in needles is on going, and in numerous plots its insufficiency starts to be observed. In 2002 also the contents of phosphorus, calcium and zinc in needles decreased. The contents measured, same as in the previous period, can be characterised as good. Compared to the 2001, slight increase of K and Mg in needles measured. The content of calcium stated in 2002, same as during the whole period evaluated, does not mean any problem. An increase of average Mg content in needles (892 mg.kg⁻¹ in the 1st needle year class) has relatively improved the situation in Mg supply, there are still 2 plots investigated, where it is insufficient, however. In the 2nd needle year class the situation is even worse. To improve the Mg supply, application of Mg-fertilisers and/or dolomite lime according to the methodology valid, can be recommended.

Adresa autorů:

RNDr. Bohumír Lomský, CSc.

Ing. Vít Šrámek, PhD.

Ing. Věra Fadrhonsová

VÚLHM Jiloviště-Strnady

156 04 Praha 5

lomsky@vulhm.cz

sramek@vulhm.cz

fadrhonsova@vulhm.cz

BLOK III

ZDRAVOTNÍ STAV LESNÍCH POROSTŮ

BLOCK III

HEALTH CONDITION OF FOREST STANDS

DYNAMIKA POŠKOZENÍ ASIMILAČNÍCH ORGÁNŮ BŘÍZY VYŠŠÍCH POLOH VÝCHODNÍHO KRUŠNOHOŘÍ

*DYNAMICS OF DAMAGE ASSIMILATORY ORGANS OF BIRCH IN HIGHER LOCATION
IN THE EASTERN ORE MOUNTAINS*

EMANUEL KULA, IVAN BUCHTA, JADWIGA ZĄBECKA

ABSTRAKT

Zdravotní stav břízy *Betula pendula* Roth vyšších poloh (800 - 1000 m n. m.) ve východním Krušnohoří je předmětem šetření. Z biotických činitelů rozhodující podíl na defoliaci mají volně žijící housenky a housenice. Rez *Discula* sp. je faktorem dlouhodobě snižujícím vitalitu porostů břízy nejvyšších poloh. Z fyziologických projevů je třeba za závažné považovat zvyšující se zastoupení imisních (ozónových) nekrotických rozpad listů.

ABSTRACT

Health of birch *Betula pendula* Roth was researched on the higher parts of eastern part of the Ore Mts (altitude 800 - 1000 m). Free-living caterpillars and larvae of hymenopterous insects are responsible for the decisive proportion of defoliation caused by biotic agents. Rust fungus *Discula* sp. is a factor which decreases vitality of birch stands of the highest localities in a long term. The most relevant of physiological damage symptoms is increasing representation of pollution (ozone) necroses which cause breakdown of leaves.

Úvod

Výskyt a negativní dopad škodlivých činitelů na zdravotní stav břízy (*Betula pendula* Roth) ve východním Krušnohoří se projevil v letech 1986 - 2002 diferencovaně v závislosti na nadmořské výšce. V polohách nad 800 m n. m. působí souběžně antropogenní imise, klimatické vlivy a biotičtí patogeni.

Mechanické poškození porostů břízy při dlouhotrvající námraze (1995/1996) nastalo v největším rozsahu v 7. a 8. lesním vegetačním stupni na kyselých stanovištích (7K a 7M v LS Litvínov a Klášterec) a na podmáčených a oglejených stanovištích (8Q, 8G v LS Janov) (Kula, Rybář, Kawulok 1999). Škody ohnutím bříz klesaly s nadmořskou výškou a stářím porostu, zatímco zlomy kmene narůstaly (Kula, Kawulok 1998).

V důsledku nevyrašení břízy došlo v r. 1997 k dramatickému zhoršení zdravotního stavu porostů mladších 30 let nad hladinou 700 m n. m., zatímco pod úrovní 700 m n. m. se neprojevovaly výraznější změny ve zdravotním stavu (Kula, Stoklasa 2001, 2003, Kula, Rybář, Zabecka 1999).

Z biotických škůdců minovači rodu *Eriocrania* a pouzdrovníček stromový (*Coleophora serratella* L.), zobonoska březová (*Deporaus*

betulae L.), nosatec *Apion simile* Kirby, fytofágní roztoči – *Acalitus* (*Aceria*) *rudis* Can., *Phyllocoptes lionotus* Nal. vystupují dominantně do nadmořské výšky 700 m (Kula 1995a, 1995b, Kula, Vaca 1995, Kula, Zabecká 2001).

Stáří porostu jako faktor částečně modifikující podíl biotických činitelů na poškození asimilačních orgánů břízy se neprojevil výraznějším způsobem, protože ve vyšších polohách Krušných hor jsou dominantně zastoupeny porosty břízy do 20 let.

Cílem příspěvku je specifikovat strukturu škodlivých činitelů břízy vyšších poloh východního Krušnohoří a charakterizovat jejich dynamiku na úrovni porostů a trvalých vzorníkových stromů.

METODIKA

Zdravotní stav asimilačních orgánů břízy byl odvozen ze stupně ztráty a narušení asimilačního aparátu a typu poškození (Schneider 1991). Užitá byla metoda jednotkových větví odebíraných z profilu koruny 46 trvalých vzorníkových stromů v porostech I. - III. věkové třídy v jarní (VI/VII) a letní (VIII/IX) aspektu v letech 1995 - 2002 situovaných v transektech Klášterec, Janov, Litvínov 800 - 1000 m n. m. V souboru 82 473 listů bylo evidováno 46 typů poškození, což představuje 85 % z celkového počtu registrovaných poškození z regionu východního Krušnohoří a Děčínské vrchoviny.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedním z limitujících faktorů výskytu biotických škodlivých činitelů může být nadmořská výška, kdy míra difference je dána zastoupením jednotlivých škodlivých faktorů a jejich stanovištní nároky. Např. jarní šetření 1999 ukázalo vyrovnanost v poškození listové plochy břízy v transektu Klášterec 500 - 800 m n. m. (13,7 - 14,2 - 12,9 - 13,3 %) a nápadný odklon nastal až v 900 m n. m. (19,2 %) a 1 000 m n. m. (47,4 %) (Kula et al. 1999). Druhé spektrum patogenů a škodlivých činitelů břízy *B. pendula* ve východním Krušnohoří v polohách 800 - 1 000 m n. m. má vyhraněný charakter, i když některé škůdce nalezneme v celém profilu (Kula, Zabecka 2001).

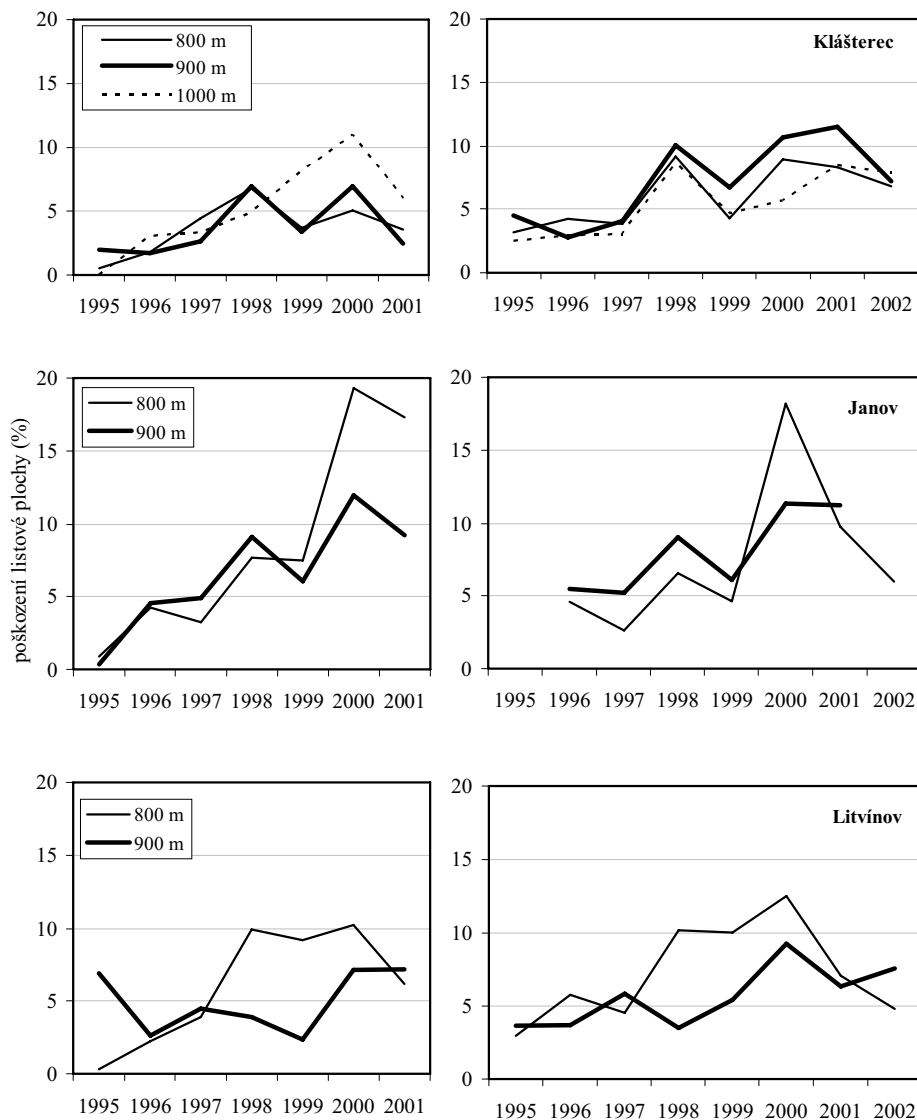
Hmyzí škůdci

Volně žijící housenky a housenice se řadí do skupiny škůdců projevujících se v širokém regionu a reagujících na změny v prostředí svou populační

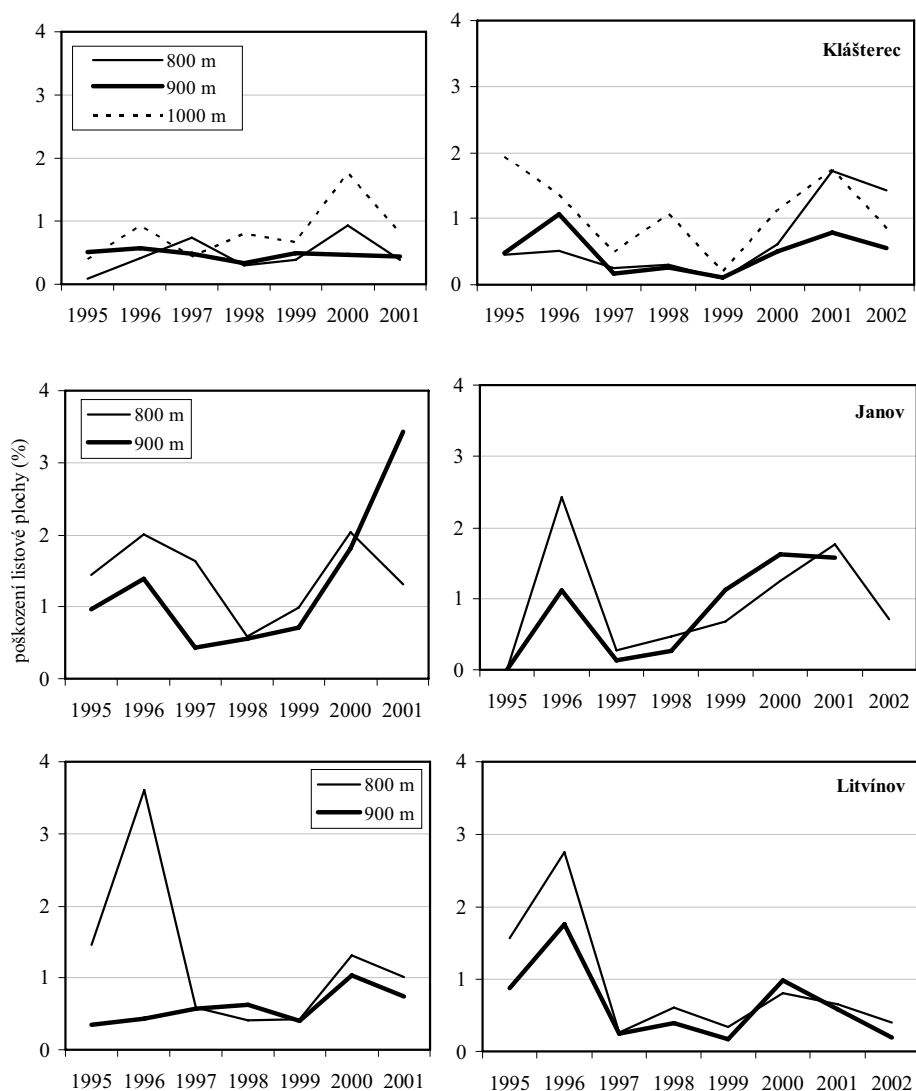
dynamikou souběžně v celé oblasti východního Krušnohoří (Kula et al. 1999). Přesto nelze vyloučit, že ve spektru 119 zjištěných druhů housenek motýlů vyvíjejících se na bříze (Kula 1997) se některý druh lokálně nepřemnoží ve vyšších polohách.

Podíl volně žijících housenek na ztrátě asimilační plochy v letech 1995 - 2002 dosáhl 0 - 19,2 % (jarní aspekt) a 0 - 18,2 % (letní aspekt). Obecně lze konstatovat, že s výjimkou transektu Klášterec (1999 - 2001) byla defoliace vyšší v 800 m n. m., současně přes odchylku (Litvínov 1998 - 1999) byl trend v dynamice poškození shodný charakterizující celou oblast východního Krušnohoří. Kulminace stupně defoliace břízy housenkami nastala v r. 1998 a další vrchol s vyšším podílem ztrát ve všech porostech byl zaznamenán v r. 2000 v jarním i letním aspektu, přičemž nejvyšší ohrožení nastalo v porostu Janov (800 m n. m. - 18 - 19 %) (obr. 1). Při detailním studiu poškození jednotlivých vzorníkových stromů, lze nalézt jedince výrazně se lišící v obou aspektech v důsledku odlišného druhového spektra a atraktivitu stromu jako živné rostliny. Zvláště v polohách 800 m n. m., kde se jedná o porosty zapojené, se projevuje diference i ve stáří porostu, když vyšší napadení pídalkou podzimní je soustředěno do zastíněných spodních částí korun. Pídalka *Epinotia trigonella* (L.) může být rovněž jednou z příčin rostoucí defoliace. Je jarním druhem napadajícím břízu, olši a líska v uvolněných porostech. Žír vrcholí v červnu a nová generace se objevuje v červenci a až do září klade zimující vajíčka. Přemnožení tohoto druhu bylo zaznamenáno ve vyšších polohách Klášterce (Kula et al. 1999) a nelze vyloučit, že na kulminaci v jarním i letním aspektu r. 2000 měl tento druh rozhodující podíl. Gradace *Operophtera brumata* (L.) je známa z porostů břízy a jeřábu v Krušných horách (Badalík 1988). Pídalka *Epirrita autumnata* (Bork.) graduje v severním Švédsku za polárním kruhem v porostech břízy *Betula pubescens* spp. *tortuosa* (Eidmann 1964).

Přestože jsou nosatcovíty vysoce početnou skupinou fytofágů ve fauně porostů břízy (Kula 1990/1991, Kula et al. 2001), jejich škodlivost v polohách 800 - 1000 m n. m. v letech 1995 - 2002 nepřekročila 4 % podíl na žíru v jarním a 3 % v letním aspektu. Zástupci rodu *Phyllobius* mají gradační potenciál a jsou schopni působit holožíry, z nichž např. *P. arborator* (Herbst) (listohlod stromový) osidluje horské a subalpinní polohy (Frieser 1981). Obecně se od hladiny stupně defoliace i dynamiky změn, která byla vyvážená mezi porosty v poloze 800 a 900 m n. m., odklonily pouze porosty v nadmořské výšce 1000 m (Klášterec) (obr. 2). Věková struktura porostů neprofilovala rozdíly v žíru nosatců sledovaných poloh. Většina vzorníkových stromů vykazuje podobné



Obr. 1: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy volně žijícími housenkami a housenicemi v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch assimilatory organs damage caused by free-living caterpillars and larvae in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).



Obr. 2: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy nosatci v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch assimilatory organs damage caused by weevils in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).

hladiny žíru a lze jich využít k širší prognóze míry ohrožení porostů břízy v oblasti.

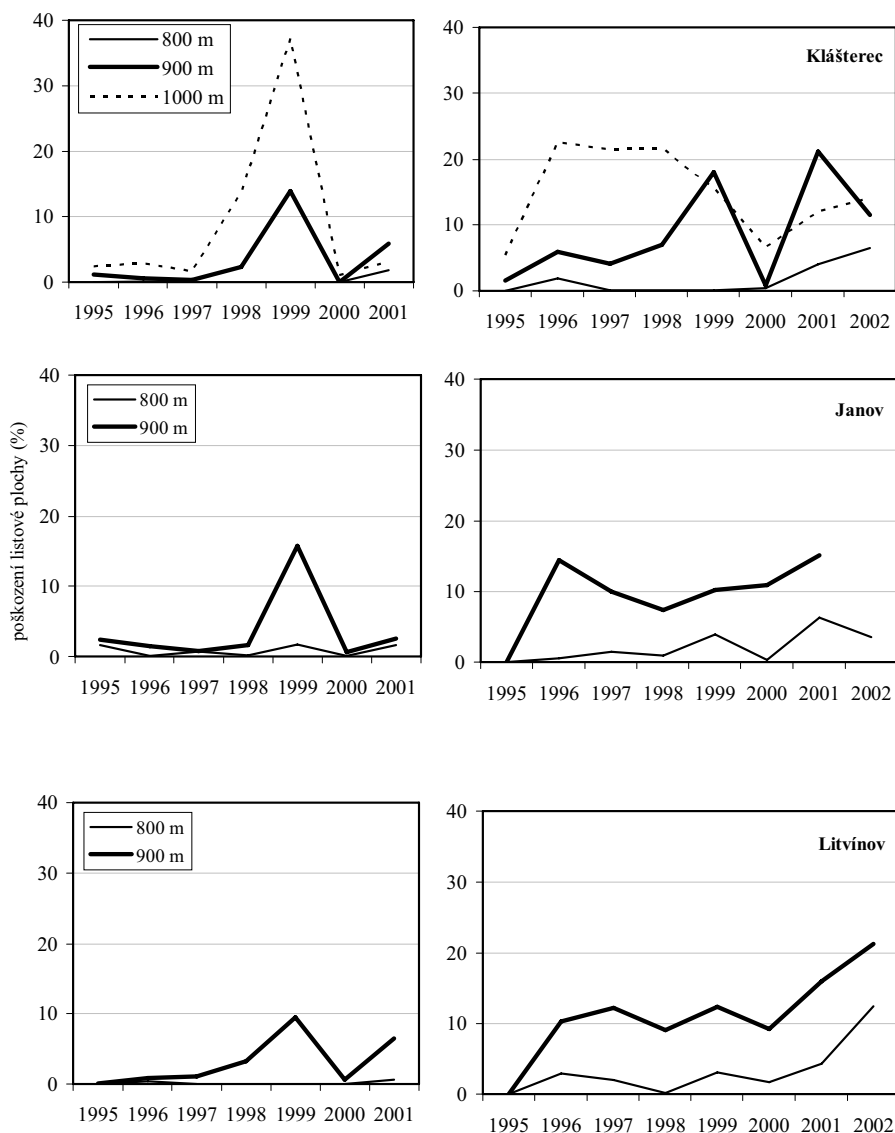
Souběžně je možné v těchto polohách zaznamenat další hmyzí škůdce (*Lochmaea capreae* L., *C. serratella*, *Eriocrania* sp., *D. betulae*, *Lithocolletis* sp., *Hemichroa crocea* Geoffr., *Anisostephus betulinum* Kieff., *Fenusa pusilla* Lepel, *Stigmella* sp., *Dineura virididorsata* Retz.), kteří však podílem na žíru tvoří nevýznamnou složku, která se většinou neliší od porostů níže položených.

Listové rzi

Trvalým problémem porostů břízy vyšších poloh, vyvolávajícím oslabení sníženou asimilací a předčasným opadem listů, jsou listoví houboví patogeni (rzi), jejichž determinace, ale i eliminace působení se ukázala jako velmi obtížná (Kula, Stieber, Vícha 2001).

Discula sp. se významně lišila napadením listů břízy za normálního vývoje v jarním a letním aspektu. Podíl pokryvnosti na listech v jarním období nepřekračuje 3 %, pouze v 17 % porostů se urychlením vývoje v jarním aspektu projevila pokryvnost 3 – 37 % (kulminační hodnoty 1999) a dílčí zvýšení jsme zaznamenali v r. 2001. V letním aspektu se řadilo 40 % porostů do kategorie s napadením 10 – 22 % a dalších 25 % porostů do kategorie se zasaženou listovou plochou 3 – 10 % (obr. 3).

Dlouhodobý trend vývoje ve sledovaných porostech všech transektů byl identický s tím, že v poloze 800 m n. m. se odchyluje v r. 1999 vyšším napadením stanoviště v transektu Klášterec. V letním aspektu si vývojem stupně napadení asimilační plochy byly blízké porosty transektu Janov a Litvínov (900 m n. m.), zatímco v podmínkách Klášterce tento stav kopírovala hladina 1000 m n. m. a porosty položené v 900 m n. m. zaznamenaly mimořádný pokles v r. 2000, pro který není vysvětlení. Vliv stáří porostu na stupeň napadení nebyl stanoven, dynamika vývoje napadení jednotlivých vzorníků se v daných podmínkách odlišuje nejen z hlediska času, ale i výše v jednotlivých letech. Tato skutečnost je zvláště v letním aspektu ovlivněna celkovým zdravotním stavem stromů. Jedinci s omezenou listovou plochou vytvářející v průběhu letních měsíců náhradní letorosty unikají napadení touto rzí a přesto, že jejich asimilační plocha je zcela nedostatečná v rámci hodnocení pouze tohoto patogena se mohou jevit mylně jako odolné. Až do r. 2001 vznikala představa jednoznačné preference výskytu v polohách nad 800 m n. m. a pomíjení poloh nižších ve východním Krušnohoří i Děčínské pískovcové vrchovině (Kula et al. 2000). V r. 2002 byla v transektech východního Krušnohoří stanovena nízká hladina napadení do 700 m n. m., ale v území transektu



Obr. 3: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy rzí *Discula* sp. v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch assimilatory organs damage caused by *Discula* sp. in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).

Sněžník se projevil mimořádný atak rzi v celém výškovém profilu (500 - 700 m n. m.) (Kula et al. 2000).

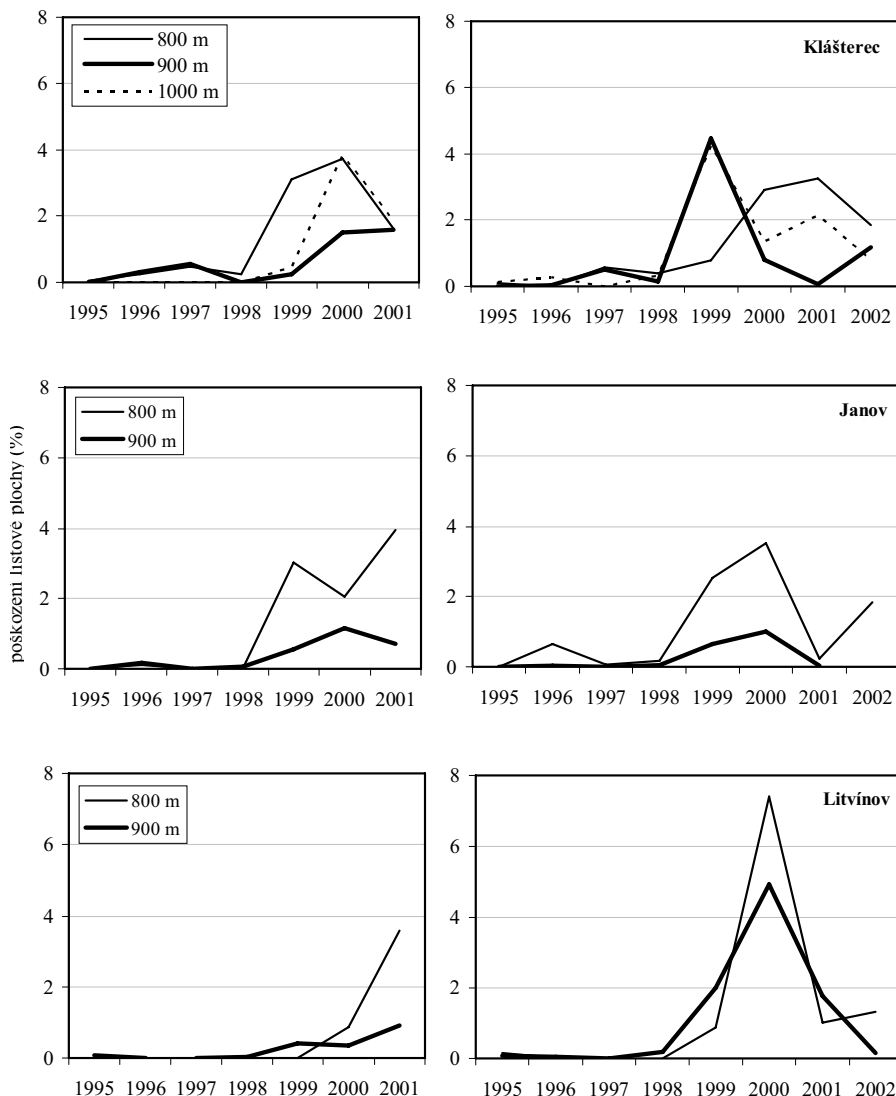
Rez březová (*Melampsoridium betulinum* (Pers.) Kleb.) vytváří na spodní straně listů ložiska oranžově žlutých uredií s letními výtrusy a na začátku podzimu se tvoří zimní ložiska výtrusů. U napadených listů se zkracuje jejich asimilační funkce a dochází k jejich předčasnému opadu, který je příčinou nevyzrávání letorostů a jejich vymrzání. Druhým hostitelem je modřín s jarními ložisky (aecia), kde je ale tato rez málo významná (Uhlířová et al. 1996). Tento patogen byl na listech břízy zaznamenán v r. 2001 v porostech transektu Sněžník (6 %) a sporadicky v transektu Janov a Litvínov (0,5 – 1 %). Překvapivé je zastoupení rzi březové v r. 2002 ve všech transektech v rozsahu 6 – 8 % s tím, že se nacházela v celém výškovém profilu bez zvláštní preference.

Zdravotní stav porostů břízy se tak významně v r. 2002 zhoršil a rozhodující podíl na 33 – 36 % poškození asimilační plochy zaujímají výše uvedené listové rzi.

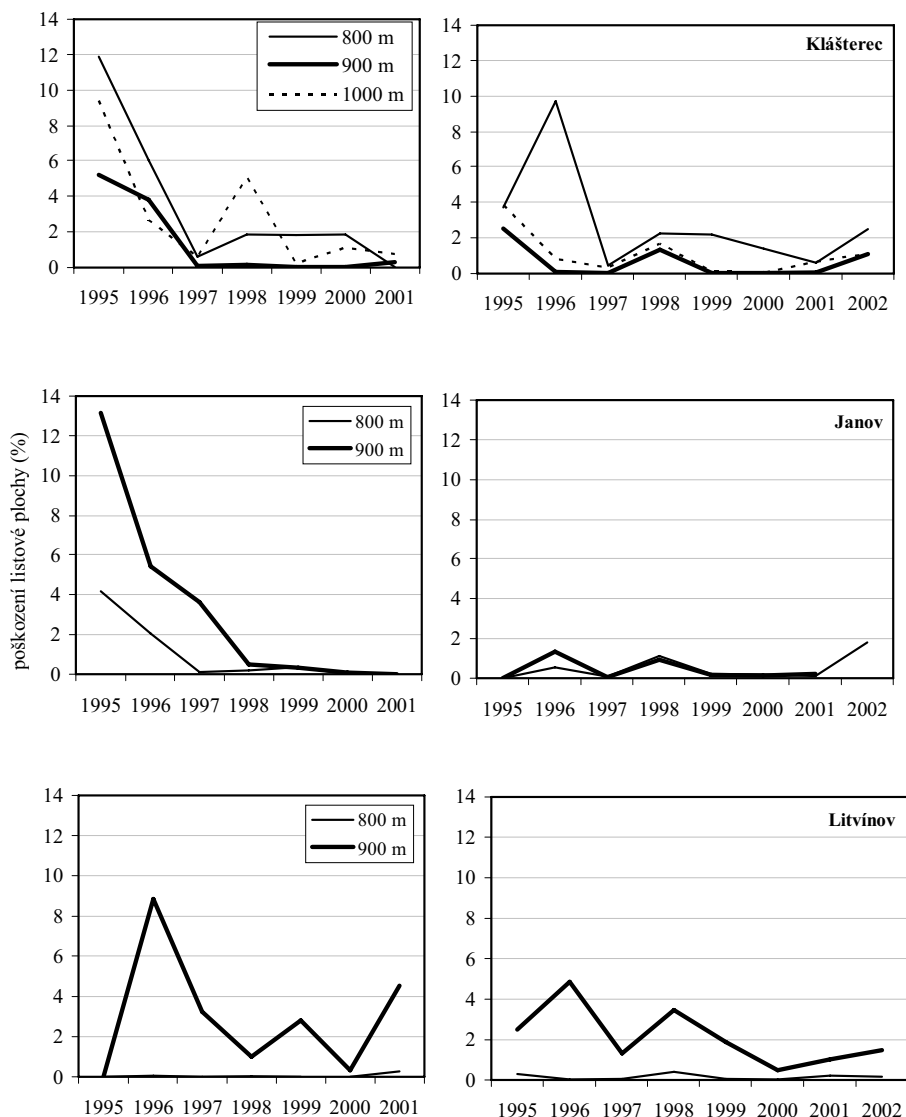
Fyziologická poškození

Barevná změna projevující se žloutnutím nebo světláním listů v ploše čepele v průběhu vegetačního období může být odrazem stresu (sucho, nedostatek hořčíku, nadbytek manganu). Tento symptom byl registrován v polohách 800 - 1 000 m n. m. od r. 1999 v jarním (0 – 4 %) i letním (0 – 7 %) aspektu s tím, že poškození nad 3 % se vyskytovalo nejednotně a většinou se porosty v obou aspektech nepřekrývají. Dynamika vývoje tohoto typu poškození byla shodná ve všech transektech s výjimkou Klášterce v poloze 900 a 1 000 m n. m. v letním aspektu nastal po kulminaci v r. 1999 ústup tohoto fenoménu (obr. 4). Jednotlivé vzorníkové stromy reagují různou hladinou poškození, ale lze z nich stanovit prognózu výskytu pro širší území. V níže položených stanovištích byla barevná změna zaznamenána v průměru na 0,95 % listové plochy. Z porovnání s charakteristikou vyšších poloh (0,99 %) vyplývá, že stanovištní faktory související s nadmořskou výškou (zejména množství srážek a teplota) nepatří mezi činitele významně ovlivňující výskyt barevných změn listů.

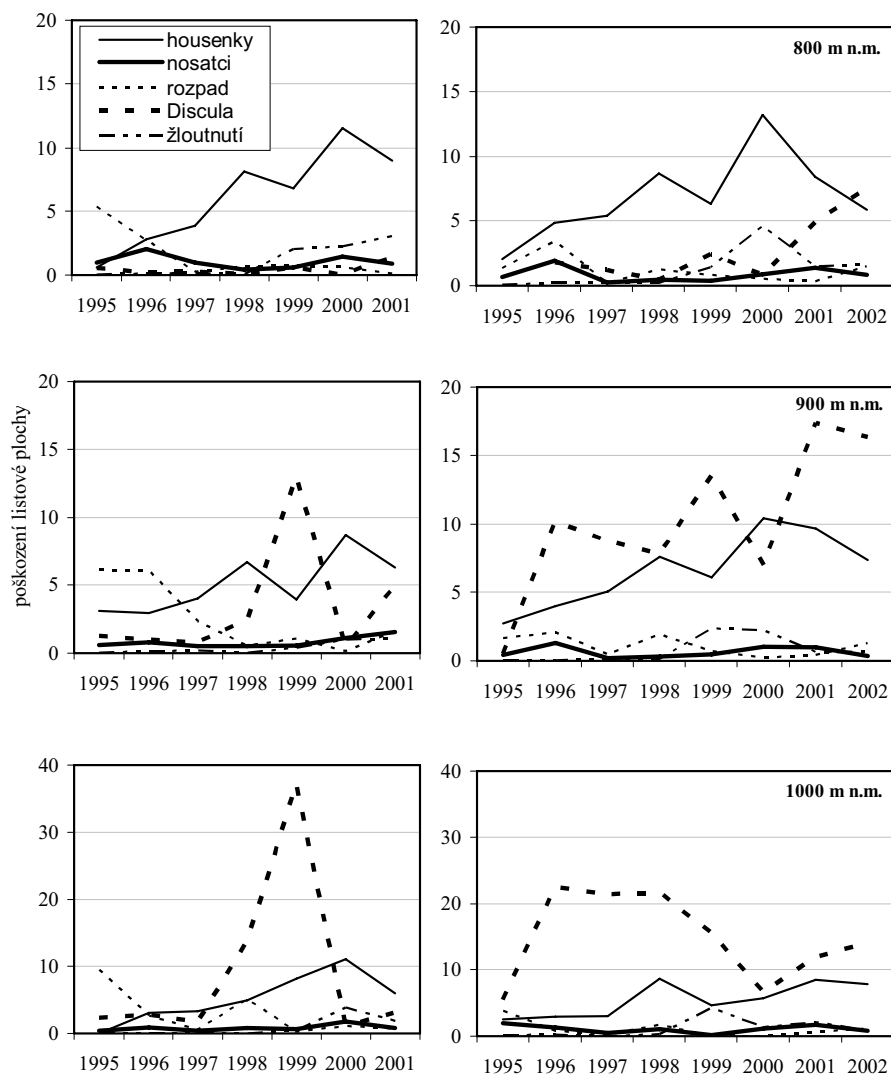
Rozpad listů vyvolaný blíže nespecifikovanou příčinou se nevyskytuje jednotně ani z hlediska kvantity v jednotlivých porostech a transektech ani z hlediska dynamiky výše poškození listové plochy. V jarním aspektu byla výše těchto škod zvláště v letech 1995 - 1996 řazena k dominantním (obr. 5). V jednotlivých porostech byl podíl na poškození listů vyrovnaný nebo se zvyšoval s nadmořskou výškou. Jednotlivé vzorníkové stromy



Obr. 4: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy žloutnutím v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch assimilatory organs damage caused by yellowing of leaves in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).



Obr. 5: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy rozpadem listů v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch assimilatory organs damage caused by leaf breakdown in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).



Obr. 6: Dynamika poškození asimilačních orgánů břízy v závislosti na nadmořské výšce v transektech východního Krušnohoří (1995 - 2002) v jarním (vlevo) a letním (vpravo) aspektu. Dynamics of birch of birch assimilatory organs in dependence on altitude in transects of the eastern part of the Ore Mts. (1995 - 2002) (spring aspect - left, summer aspect - right).

mají shodnou reakci a nezaznamenali jsme závislost na věku porostu.

Nekrózy (imisní původ, ozón) se utváří zpravidla na okraji listu, který zasychá a rozpadá se. Nekrotická poškození byla registrována především v r. 2002 v letním aspektu a narůstala s nadmořskou výškou 800 - 1000 m v transektu Klášterec (0,9 - 6,7 %; 5,3 - 27,1 %; 9,3 - 31,6 %), výrazněji byly postiženy mladé porosty. V transektu Janov byly nekrózy v poloze 800 m n. m. (4,5 - 22,5 %). Vyšší podíl nektróz vykazují i nejvyšší polohy transektu Litvínov. V polohách 900 - 1000 m n. m. v oblasti Klášterec, Janov byla v letním období hladina ozónu 169 - 204 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (Bednářová 2002).

Změna v dominantním zastoupení jednotlivých škodlivých činitelů se profilovala i ve výškovém rozpětí 800 - 1000 m, kdy housenky jsou postupně převýšeny rzí *Discula sp.*. Dílčí ústup vykazuje žloutnutí, zatímco rozpad listů a nosatcovití setrvávají ve sledované oblasti ve vyváženém zastoupení (obr. 6).

ZÁVĚR

Dominantními škodlivými činiteli snižujícími kvalitu asimilačního aparátu břízy *Betula pendula* Roth jsou: dlouhodobě - rzí *Discula sp.*, volně žijící housenky a housenice, nosatci, barevné změny, aktuálně – imisní (ozónové) nekrózy, rez *Melampsoridium betulinum*.

Škodlivost volně žijících housenek se snižuje ve vyšších polohách, k namnožení mohou přispívat stanovištní podmínky, zápoj a kvalita porostu, nižší konkurence listových rzí.

Nosatcovití, i když nezpůsobili doposud významnější defoliaci, jsou zástupci r. *Phyllobius* i v polohách 800 m n. m. reálným nebezpečím.

Napadení rzí *Discula sp.* v letním aspektu zasahující dominantně porosty nejvyšších poloh se projevilo i v níže situovaných porostech. Společně se rzí březovou (*M. betulinum*) se podílí rozhodujícím rozsahem na poškození asimilačního aparátu břízy.

Z fyziologických projevů poškození listů se jeví aktuální vznik nektróz imisního (ozónového) typu.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt *Betula* zaměřený na řešení problematiky břízy v severočeském regionu byl z rozhodující části financován z VZ MSM 434000005, grantového úkolu VaV/830/3/00 a dále přispělo MZe ČR a Lesy ČR.

Projekt získal též podporu regionálních akciových společností, firem i státní správy: SCA Packaging ČR s. r. o. v Jílovém, Netex s.r.o. a Alcan Děčín Extrusions s.r.o., Městský úřad v Děčíně, Setuza a.s., Teplárna a. s. v Ústí n. L., ČEZ a.s. Praha, Lafarge Cement a. s. v Čížkovicích, Severočeské doly a.s. Chomutov, Dieter Bussmann s.r.o. v Ústí n. L.

LITERATURA

- BADALÍK, L. 1988: Problémy ochrany lesa v Krušnohorské oblasti. Les. práce, 7: 310 - 314.
- BEDNÁŘOVÁ, E. 2002: Studium změn u epikutikulárních vosků pro včasnou diagnózu poškození lesních dřevin následkem antropogenních vlivů v Krušných horách. Výzk. zpráva LDF MZLU v Brně. 25 pp.
- EIDMANN, H. H. 1964: Die Bekämpfung von *Oporinia autumnata* Bkh. am Torneträsk (Nordschweden) im Jahre 1956, Stockholm, Institutionen för skogentomologi, 1: 1 - 13.
- FRIESER R. 1981: Unterfamilie: *Otiorrhynchinae*. In Freude H., Harde K.W., Lohse G.A. 1983: Die Käfer Mitteleuropas. Band 11, Goecke und Evers, Krefeld, p. 184 – 240.
- KULA E. 1990/1991: The weevil beetles (*Curculionidae*, *Coleoptera*) in birch stands. Acta univ. agric., řada C, No. 1 - 4: 5 - 17.
- KULA, E. 1995a: Notes on bionomy and control of case-bearer (Kula, E. 2000: Minovači rodu *Eriocrani* a škůdci břízy s gradačním potenciálem. J. FOR. SCI., 46 (1): 27 – 33.
- KULA, E. 1995b: Notes on bionomy and control of case-bearer (*Coleophora serratella* L.). Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 10: 83 – 86.
- KULA, E. 1997: Fauna motýlů břízy - v imisní oblasti II. Housenky. Lesnictví-Forestry, 43 (8): 347 - 356.
- KULA, E., FREMUTH, J., MAJZLAN, O., STEJSKAL R. 2001: Fauna nosatcovitých (*Curculionoidea*) v porostech imisní oblasti LS Sněžník. Výzkumná zpráva LDF MZLU v Brně. 92 pp.
- KULA, E., KAWULOK, T. 1998: Poškození porostů břízy námrazou v oblasti lesní správy Sněžník. Lesnictví-Forestry, 44 (11): 506 - 515.
- KULA, E., STOKLASA, M. 2002: Vyhodnocení dynamiky změn zdravotního stavu porostů břízy ve východním Krušnohoří z družicových snímků. Sb. konf. Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001, Teplice: 67 - 76.

- KULA, E., STOKLASA, M. 2003: LANDSAT and how it is applied to evaluate the dynamics of the health condition of birch stands. J. for. sci. (v tisku).
- KULA, E. et al. 1999: Dynamika vývoje zdravotního stavu porostů břízy ve východním Krušnohoří. Výzk. zpráva 9902, MZLU v Brně. 40 pp.
- KULA, E. ET AL. 2000: Bříza – její zdravotní stav a vliv stresu na aktivizaci hmyzí složky. Výzk. zpráva, MZLU v Brně. 44 pp.
- KULA, E., RYBÁŘ, V., KAWULOK, T. 1999: Stanovištní podmínky a dynamika vývoje zdravotního stavu porostů břízy postižených nevyrašením. Sb. konference „Problematika zachování náhradních dřevin v imisní oblasti Krušných hor“, Most 18.-19. 5. 1999: 55 – 62.
- KULA, E., RYBÁŘ, V., ZABECKA, J. 1999: Comments on the immediate health condition of birch stands in the air polluted region of the Ore Mts. J. FOR. SCI., 45 (5): 197 – 205.
- KULA, E., STIEBER, I., VÍCHA, Z. 2002: Listové skvrnitosti břízy a možnosti jejich eliminace. Sb. konf. Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001, Teplice: 93 - 102.
- KULA, E., VACA, D. 1995: Pouzdrovníček stromový (*Coleophora serratella*) v porostech břízy imisní oblasti. Lesnická práce, 10: 12 - 13.
- KULA, E., ZABECKA, J. 2001: Influence of elevation on the structure of phytophages and fungal pathogens of birch (*Betula pendula* Roth) leaves in the Ore Mts. J. FOR. SCI., 47 (Special Issue): 104 - 109.
- SCHNAIDER, Z.: Atlas uszkodzen drzew i krzewów powodowanych przez owady i roztocze. PWN Warszawa, 1991. 318 str.
- UHLÍŘOVÁ, H. et al. 1996: Symptomy poškození lesních dřevin. MZe ČR Praha. 244 pp.

SUMMARY

The health condition of assimilation organs of birch *Betula pendula* Roth was deduced from the level of loss and disturbance of assimilation apparatus and the type of damage.

Share of free-living caterpillars and larvae on the loss of assimilation surface reached 0 - 19,2% (spring aspect) and 0 - 18,2% (summer aspect) in the years 1995 - 2002. Generally highest defoliation was observed at 800 meters above sea level while the damage dynamics was characteristic for the whole eastern part of Ore Mts. region, including culmination in 1998 and 2000 (fig. 1). Weevils are another highly abundant group of

phytophagous insects registered on the birch stands, but their harmfulness in the localities at 800 - 1000 meters did not exceed 4% share of total feeding in spring aspect and 3% in summer aspect during 1995 - 2002. Weevils belonging to *Phyllobius* sp. have gradation potential and are able to cause clear-eatings.

Permanent problem of birch stands in the higher localities are rust funguses, which cause tree enfeeblement by decreasing assimilation and early leave-fall (fig. 3). Long-term trend shows the domination of rust *Discula* sp. in the stands at higher altitude (900 - 1000 m a. s. l.). Influence of stand age on the rate of rusts attack was not constituted. The dynamics of rust damage among particular sample trees differ in time and level of damage. The rust *Melampsorium betulinum* (Pers.) Kleb. was registered on birch trees of higher altitudes of study area for the first time in 2001. In following year the amount of damage caused by this agent reached 6 - 8% of leaf surface.

Symptom of leaf yellowing were registered in spring (0 - 4%) and summer (0 - 7%) aspect at sites in 800 - 1000 m a. s. l. The damage exceeding 3% appeared only rarely (fig. 4). Leaf breakdown caused by unspecified source occurred accidentally, both its quantity in particular stands and transects and damage dynamics were uneven (fig. 5). Necrosis on leaves was registered mainly in summer aspect. It grew with altitude (from 800 to 1000 meters) at Klášterec transect (0,9 - 6,7%; 5,3 - 27,1%; 9,3 - 31,6%). The younger stands were more distinctly affected.

Health condition of birch stands significantly worsened in 2002. The decisive share on assimilatory surface damage (33 - 36%) was occupied by the rusts.

Adresa autorů:

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Ing. Ivan Buchta

Lesnická a dřevařská fakulta MZLU v Brně

Zemědělská 3

613 00 Brno

kula@mendelu.cz

ivan.buchta@centrum.cz

Mgr. Jadwiga Zabecka

Lesnická fakulta AR Krakow

Ul. 29. Listopadu 46

31 425 Krakow, Polsko

rlmzabec@cyf-kr.edu.pl

POŠKOZENÍ DŘEVIN V OKOLÍ OBCE HORA SVATÉ KATEŘINY

TREE DAMAGE IN SURROUDINGS OF THE VILLAGE HORA SVATÉ KATEŘINY

RADEK NOVOTNÝ

ABSTRAKT

Na přelomu července a srpna 2002 došlo v oblasti mezi obcemi Nová Ves v Horách a Hora Svaté Kateřiny (západně od Litvínova) k poškození lesních porostů, které postihlo zejména listnaté dřeviny. Poškození se projevilo vizuálně nekrotami na listech zasažených dřevin, chemické analýzy na odebraných vzorcích prokázaly negativní ovlivnění sloučeninami síry a chloru. Vliv těchto sloučenin byl primární příčinou pozorovaného poškození. Sekundárně bylo toto poškození doprovázeno výskytem některých biotických škodlivých činitelů.

ABSTRACT

At the break of July - August 2002, in the region between Nová Ves v Horách and Hora Sv. Kateřiny (west from Litvinov), damage of the forest stands was observed, affecting mainly broad-leaved. The damage had visual symptoms - necroses on the leaves of the trees affected. Chemical analyses of the samples taken have proved negative impact of sulphur and chlorine compounds. The impact of these chemicals was a primary cause of the damage observed. Secondary, the damage was followed by an occurrence of some biotic harmful agents.

Úvod

Na konci července, resp. na přelomu července a srpna 2002 došlo k plošnému a vizuálně patrnému poškození zejména listnatých dřevin ve vrcholové partii Krušných hor západně od Litvínova. Poškození se projevilo jak v porostech v majetku obce Hora Svaté Kateřiny (ObÚ této obce dal podnět k šetření poškození), tak i v okolních porostech dalších vlastníků. Terénní šetření proběhlo v září 2002 za účasti pracovníků ObÚ, MŽP, LČR, VÚLHM a MZLU Brno. Kontaktována byla také ČIŽP ohledně prošetření možné havárie v Chemických závodech v Záluží u Litvínova a ČHMÚ za účelem zjištění meteorologických podmínek a vypracování rozptylové studie v době předpokládaného vzniku poškození.

Poškození se vyskytovalo v pásu od Nové Vsi v Horách směrem k Hoře Sv. Kateřiny a bylo patrné na břízách, javorech, jívách, olších, třešních, jeřábech a modřínkách. Smrky a buky nejevily v podstatě žádné viditelné známky poškození. Na listech všech vzorků byly patrné hnědé nekrotizace různé velikosti, od teček až po větší plochy. Vyskytovaly se zpravidla na okrajích listů, ale nacházely se i uvnitř listové plochy. Dále byly na listech buku a jeřábu stopy po sání a žíru hmyzu a na listech bezu, klenu a jeřábu byla patrná skvrnitost a přítomnost padlí. Pupy byly vytvořeny a byly bez viditelného poškození.

METODIKA

Vzorky asimilačního aparátu k chemickým analýzám byly odebrány dne 19. září 2002 pracovníky VÚLHM při terénní pochůzce v poškozených porostech. V té době již byla patrná určitá regenerace poškozených dřevin. Odebrány byly vzorky listů buku, vrby jívy, javoru klenu, jeřábu a bezu černého. Odebráno bylo vždy deset větví od každého druhu dřeviny a z listů byl vytvořen směsný vzorek k chemickým analýzám a k fytopatologickému a entomologickému vyšetření. Všechny porosty, ve kterých byl odběr vzorků proveden, jsou v majetku obce Hora Svaté Kateřiny. Chemické analýzy provedla Zkušební laboratoř VÚLHM, fytopatologické a entomologické vyšetření provedli pracovníci útvaru ochrany lesa VÚLHM.

VÝSLEDKY A DISKUSE

1) Biotičtí škodliví činitelé

Na listech buku byl prokázán slabý výskyt houby *Apiognomonía errabunda*, na listech vrby rez (*Melampsora sp.*), na listech jeřábu byla patrná listová skvrnitost působená houbou *Mycosphaerella sp.*, na javoru slabý výskyt houby *Rhytisma acerinum* a na listech bezu padlí (*Microsphaera sp.*). Jedná se o běžné druhy hub, které se vyskytují zejména v pozdním létě a na podzim za vlhkého počasí. Díky deštivému počasí v letním období roku 2002 byl výskyt těchto listových skvrnitostí působený houbami mimořádně silný. Tyto druhy mohou způsobit vážnější škody pouze ve školkách na semenáčcích a sazenicích. Navíc v době výskytu na konci léta nejsou škody na starších porostech v důsledku poškození části asimilačního aparátu významné. Proto se nedomníváme, že v případě vyšetřovaných vzorků byly zjištěné houby rozhodující příčinou odumírání listů, což ostatně naznačil i jejich poměrně slabý výskyt na studovaném materiálu.

Tab. 1: Biotičtí činitelé. Biotic agents.

Porost – dřevina Stand – species	č. vzorku Sample number	Fytopatologické vyšetření Phytopathological investigation	Entomologické vyšetření Entomological investigation
430 A3 – BK	5930	<i>Apiognomonía errabunda</i>	<i>Tenthredinidae</i>
430 A4 – JŘ	5931	<i>Mycosphaerella sp.</i>	<i>Curculionidae</i>
430 A3 – JIV	5932	<i>Melampsora sp.</i>	-
430 A3 - bez	5933	<i>Microsphaera sp.</i>	-
V obci – KL	5934	<i>Rhytisma acerinum</i>	-

Poškození hmyzem bylo na odebraných vzorcích zjištěno u jeřábu (žír nosatců - *Curculionidae*) a buku (žír pilatek - *Tenthredinidae*), v obou případech již bez přítomnosti vývojových stadií. Stupeň poškození na vzorcích byl pro zdravotní stav dřevin nevýznamný.

2) Abiotické vlivy

Ve vzorcích byl analyzován obsah zátěžových prvků (S, F, Cl) a obsah MDA. MDA (malonyldialdehyd) je jedním z peroxidačních metabolitů, který se hromadí v buňkách pod vlivem oxidačního stresu a jeho obsah v listech je proto využíván pro charakteristiku zatížení území ozonem.

Obsah síry byl vysoký u vrby jívy, bezu černého a javoru klenu (tučně vyznačeno), u buku a jeřábu byl zvýšený. Obsah síry se u listnatých dřevin pohybuje obvykle v rozmezí 1 300 - 2 000 mg.kg⁻¹. Dále byl zjištěn toxický obsah chloridů u bezu a klenu, u ostatních dřevin se pohyboval v mezích tolerance. Přirozené koncentrace chloridů v lesních dřevinách závisí na druhu dřeviny, její toleranci resp. citlivosti k působení chloru a jeho sloučenin. Podle Semorádové a Materny (1983) je prahová hodnota pro vznik viditelných symptomů poškození a zvýšené mortality u javoru klenu 1 480 mg.kg⁻¹, u jeřábu 630 mg.kg⁻¹, pro vrbu, buk ani bez tyto prahové hodnoty neuvádějí.

Koncentrace fluoridů byly na úrovni přirozených, pozadíových hodnot, pouze mírně zvýšené hodnoty byly zjištěny v případě jeřábu a buku. Javory, vrby a jeřáb patří mezi dřeviny citlivé k fluoridovým imisím (Krause 1988). Obsahy MDA byly mírně zvýšené pouze u vzorků buku, což ovšem mohlo mít souvislost se začínající senescencí listů.

Tab. 2: Výsledky chemických analýz. Results of chemical analyses.

Porost – dřevina Stand – species	č. vzorku Sample number	Sušina ¹⁾ hm. % navážky	S mg/kg sušiny ²⁾	Cl mg/kg sušiny	F mg/kg sušiny	MDA μmol/g sušiny
430 A3 – BK	5930	97,03	1812	264	3,21	4,266
430 A4 – JŘ	5931	95,49	1932	454	4,21	2,185
430 A3 – JIV	5932	95,72	2446	581	1,58	2,348
430 A3 - bez	5933	96,92	2698	1877	1,76	2,162
V obci – KL	5934	95,99	2279	3157	2,43	1,709

1) dry matter %

2) mg/kg dry matter

ZÁVĚR

Pozorované poškození listnatých dřevin z července a srpna 2002 bylo primárně způsobeno vlivem sloučenin síry a chloru. Vzhledem k delší době, která uplynula od poškození k odběru a analýzám vzorků, je pravděpodobné, že v nekrotických tkáních došlo k částečnému vyplavení škodlivin, zejména chloru. Vliv na vzhled a stav asimilačního aparátu měla v těchto lokalitách v době odběru (19. 9. 2002) zřejmě i podzimní senescence. Doprovodné poškození biotického původu bylo v tomto případě sekundárního charakteru.

Na konci listopadu 2002 proběhlo pracovní jednání za účasti pracovníků ObÚ Hora Sv. Kateřiny, MŽP, Krajského úřadu Ústí nad Labem a VÚLHM na kterém byli účastníci seznámeni s výsledky jednotlivých dílčích šetření ČHMÚ, VÚLHM a ČIŽP. Z jednání vyplynuly tyto závěry:

- ČIŽP bude požádána o identifikaci možných zdrojů znečištění, které se mohly podílet na vzniku předmětného poškození,
- ČHMÚ zpracuje studii o účasti jednotlivých zvláště velkých zdrojů znečištění ovzduší na maximálních koncentracích SO₂ při epizodách znečištění ovzduší,
- OOL MŽP osloví vlastníky a správce lesů v oblasti Krušných hor a zjistí případné poškození v dalších porostech,
- další pracovní jednání proběhne v roce 2003 již bez účasti VÚLHM a jednotlivé strany se budou o dalším průběhu šetření informovat.

LITERATURA

FFCC Report, 1997

NOVOTNÝ, R., PEŠKOVÁ, V., SOUKUP, F., KAPITOLA, P.,

ŠRÁMEK, V.: Odborné posouzení příčin poškození dřevin v majetku obce Hora Svaté Kateřiny, expertiza vypracovaná pro ObÚ Hora Sv. Kateřiny, VÚLHM, listopad 2002.

UHLÍŘOVÁ, H., PASUTHOVÁ, J., ŠRÁMEK, V.: Znečištěné ovzduší a lesy. III. Fluorovodík. Zprávy lesnického výzkumu, 41, 1/1996.

UHLÍŘOVÁ, H., ŠEBKOVÁ, V.: Znečištěné ovzduší a lesy. V. Chlor, chlorovodík a chloridy, Zprávy lesnického výzkumu, 46, 1/2001.

UHLÍŘOVÁ, H., ŠRÁMEK, V., PASUTHOVÁ, J.: Znečištěné ovzduší a lesy. IV. Oxidy dusíku a ozon. Zprávy lesnického výzkumu, 42, 2/1997.

SUMMARY

At the break of July - August 2002, the damage of broad-leaved has been observed in the ridge part of the Ore Mts., west from Litvinov. The damage was visible at birch, maple, willow, alder, wild cherry, ash, and larch. Spruce and beech did not show any visible symptoms of damage. At the leaves of all samples taken visible brown necroses observed, from dots to bigger spots. These were observed usually at the leave edges, sometime also inside the leave area.

Phytopathological analysis has proved an occurrence of fungi, rot and leaf-spots. Due to rainy weather in 2002, the occurrence of leaf-spots by fungi was very frequent. However, we do not suppose that the fungi was decisive cause of the leaf decline, what was proved also by relatively low occurrence at the material studied.

Damage by insect was observed at the samples taken with mountain ash and beech. The level of damage of the samples taken was not significant for the health state of trees.

The sulphur content was high in willow, wallwort and maple, with the other tree species it was within the tolerance limit.

Adresa autora:

Ing. Radek Novotný

VÚLHM Jiloviště-Strnady

156 04 Praha 5 Zbraslav

novotny@vulhm.cz

VLIV ANTROPOGENNÍCH ČINITELŮ NA ASIMILAČNÍ APARÁT LESNÍCH DŘEVIN V KRUŠNÝCH HORÁCH

IMPACT OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON ASSIMILATORY APPARATUS OF TREE SPECIES IN THE ORE MTS.

EMILIE BEDNÁŘOVÁ

ABSTRAKT

V roce 2002 byl sledován stav epikutikulárních vosků u smrku ztepilého, břízy bělokoré, karpatské a pýřitě. Výzkum probíhá na vybraných plochách již po dobu šesti let. Za toto období lze provést dlouhodobé hodnocení stavu asimilačního aparátu v závislosti na antropogenních činitelích. U všech porostů na hodnocených plochách došlo v uplynulém roce ke zvýšení množství epikutikulárních vosků na listech a jehlicích. V nejvýše položených lokalitách stále ještě dochází k poškození struktur epikutikulárních vosků i k jejich úbytku. V současné době dochází k poškození asimilačního aparátu lesních dřevin i následkem zvyšujícího se množství ozonu v ovzduší, především u porostů ve vysokých nadmořských výškách.

ABSTRACT

The condition of epicuticular waxes at *Picea abies* /L./ Karst, *Betula pendula*, *Betula carpatica* and *Betula pubescens* was studied in the year 2002. The study has been running in selected sites already for six years. After this period it is possible to perform a long-term evaluation of the state of assimilatory apparatus depending on anthropogenic factors. The amount of epicuticular waxes on leaves and needles was increased at all stands in observed sites during the last year. Damage of epicuticular waxes structure and their decay still continue in areas with high altitude. At present time the damage of assimilatory apparatus at forest species is also caused by increasing amount of ozone in the atmosphere, especially at stands in high altitudes.

ÚVOD

V posledních letech dochází k významnému snížení imisí v ovzduší v celé České republice, což se pozitivně projevilo i na stavu asimilačního aparátu lesních dřevin v námi sledované oblasti. I přes úbytek imisí v ovzduší jsou stále ještě lesní porosty ve vysokých nadmořských výškách ohroženy. Novým škodlivým faktorem, který vystupuje do popředí se stává ozon, který působí nepříznivě na struktury epikutikulárních vosků. Zvýšené množství ozonu spolu s nepříznivými klimatickými podmínkami a vyšším množstvím SO₂ ve vrcholových partiích Krušných hor negativně ovlivňuje strukturu a množství epikutikulárních vosků na listech a jehlicích s dopadem do dalších fyziologických procesů. Ozon je do budoucna pokládán za nejvýznamnější škodlivinu pro lesní porosty. Ve střední Evropě jsou z hlediska působení této škodliviny na lesní porosty nejrizikovější především horské oblasti (Maier 1999). Hodnoty ozonu zde bývají trvale zvýšené a přestože nemusí dosahovat takových maxim jako v urbanizovaných oblastech, kumulativní účinky zde mohou být

v kombinaci s drsným klimatem vysoce nepříznivé (Uhlířová, Šrámek, Pashutová 1997). Epidermis se svou kutikulou a epikutikulárními vosky, která je rozhraním mezi rostlinou a prostředím, je neustále vystavena přírodním a antropogenním vlivům.

Cílem studie bylo hodnotit změny ve struktuře epikutikulárních vosků a stanovit množství vosků na jehlicích a listech u vybraných lesních dřevin, analyzovat množství celkové síry v jehličí doplněné studií sledující koncentrace SO_2 a množství ozonu přímo v korunách odběrových stromů na vybraných lokalitách Krušných hor i kontrolních plochách.

MATERIÁL A METODIKA

Stav epikutikulárních vosků byl sledován u smrku ztepilého (*Picea abies* /L./Karst.), břízy bělokoré (*Betula pendula*), břízy pýřité (*Betula pubescens*), a břízy karpatské (*Betula carpatica*). Od jara roku 2001 do léta 2002 byla měřena průměrná koncentrace SO_2 v korunách odběrových stromů. V červnu 2002 byla tato studie doplněna měřením koncentrací ozonu v korunách sledovaných stromů. Výzkum probíhal na LS Litvínov a Klášterec. Pozornost se soustředila na porosty v nadmořských výškách 600 až 1230 m n. m. Odběry u smrku ztepilého byly provedeny v dubnu a listopadu a u břízy v červnu a koncem srpna, vždy ze stejných stromů. U břízy pýřité i karpatské se porosty nenacházejí v celém výškovém gradientu pouze v 800, 900 a 1000 metrech.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Kvantitativní analýza epikutikulárních vosků u smrku ztepilého

Na všech sledovaných plochách smrkových porostů v Krušných horách lze v roce 2002 pozorovat zvýšení celkového množství epikutikulárních vosků na jehlicích oproti předcházejícím letům, rovněž struktura epikutikulárních vosků je méně poškozována, než v letech minulých. K největším pozitivním změnám dochází ve výše položených lokalitách, což potvrzuje situaci, že v posledních letech dochází ke snižování imisní zátěže a epikutikulární vosky reagují na tuto změnu velmi citlivě. Zlepšení stavu epikutikulárních vosků lze pozorovat i na plochách kontrolních (Beskydy 2002).

Během roku 2001 a 2002 došlo k výraznému snížení SO_2 v ovzduší v celém výškovém gradientu porostů na LS Litvínov (Janov), což

Tab. 1: Množství epikutikulárních vosků u smrku ztepilého % - LS Litvínov (Janov) - listopad 2002. The quantity of epicuticular waxes in Norway spruce % DM weight of needles - Litvínov (Janov) - November 2002.

Nadm.výška Altitude	Roč.jehličí I. mg.g ⁻¹ Needle age	% z celkové hmotnosti jehlic Dry weight of needles (%)	Roč. jehličí II. mg.g ⁻¹ Needle age	% z celkové hmotnosti jehlic Dry weight of needles (%)
600 m n. m.	18,50	1,85	15,20	1,52
700 m n. m.	18,49	1,85	15,10	1,51
800 m n. m.	17,70	1,77	15,00	1,50
900 m n. m.	15,20	1,52	14,55	1,50

Tab. 2: Množství epikutikulárních vosků u smrku ztepilého v % LS Klášterec - listopad 2002. The quantity of epicuticular waxes in Norway spruce % DM weight of needles - Klášterec - November 2002.

Nadm. výška Altitude	Roč. jehličí I.mg.g ⁻¹ Needle age	% z celkové hmotnosti jehlic Dry weight of needles	Roč. jehličí II.mg.g ⁻¹ Needle age	% z celkové hmotnosti jehlic Dry weight of needles
600 m n. m.	18,50	1,85	15,10	1,51
700 m n. m.	18,45	1,84	15,10	1,51
800 m n. m.	17,25	1,72	14,60	1,46
900 m n. m.	15,16	1,52	14,30	1,43
1000 m n. m.	14,81	1,48	14,10	1,41
1230 m n. m.	14,00	1,40	13,00	1,30

prokázalo měření koncentrací pasivními samplery. Sledování probíhalo i v zimním období a výsledky ukazují snížení imisního tlaku na porosty v období vegetačního klidu, kdy byly v předcházejících letech koncentrace nejvyšší a způsobovaly značné poškození epikutikulárních vosků i v nižších nadmořských výškách.

V porostech o vyšší nadmořské výšce se kombinuje vliv zvýšeného množství SO₂ v ovzduší, působení ozonu a nepříznivého klimatu. Studie sledující koncentrace ozonu během vegetačního období v roce 2002 ukázala, že tento problém je i u lesních dřevin ve vysokých nadmořských výškách Krušných hor. V porostech nad 900 m n. m. dochází k poškozování struktur epikutikulárních vosků již během vývoje jehlic. Bříza bělokorá se i v tomto sledování jevila jako méně odolná vůči antropogenním vlivům než bříza pýřitá a bříza karpatská. U břízy bělokoré došlo k nepatrnému zvýšení množství epikutikulárních vosků na

Tab. 3: Množství epikutikulárních vosků u smrku ztepilého v % - referenční plochy - listopad 2002. The quantity of epicuticular waxes in Norway spruce % DM weight of needles - control stands - November 2002.

Nadm. výška <i>Altitude</i>	Roč. jehličí I. mg.g ⁻¹ <i>Needle age</i>	% z celkové hmotnosti jehlic <i>Dry weight of needles</i>	Roč. jehličí II. mg.g ⁻¹ <i>Needle age</i>	% z celkové hmotnosti jehlic <i>Dry weight of needles</i>
500 Olomučany	19,75	1,98	18,30	1,83
620 Němčice	19,70	1,97	18,26	1,83
860 Brdy	19,65	1,96	18,25	1,82
900 Beskydy	17,10	1,71	16,00	1,60

listech oproti roku 2001. U břízy karpatské i pýřité byly hodnoty stabilizovány. Získané výsledky korespondují s literárními údaji i s výsledky z předcházejícího roku, které byly získány i na kontrolních stanovištích (Bednářová 2002).

ZÁVĚR

Ze získaných výsledků vyplývá, že i když v celé ČR došlo ke snížení imisí v ovzduší, které se příznivě projevilo i na sledovaných plochách smrku ztepilého i břízy bělokoré, ve vyšších polohách Krušných hor stále ještě dochází k poškozování asimilačního aparátu hodnocených dřevin. V roce 1999 došlo k menšímu poškození epikutikulárních vosků a tento trend pokračuje i v roce 2002. V nejvýše položených lokalitách lze měřit zvýšené množství ozonu, které se negativně projevuje na destrukci epikutikulárních vosků a jejich úbytku s dopadem do dalších fyziologických procesů. První známky poškození jehličí se projevují již za šest měsíců po jeho vyrašení. Měření koncentrací SO₂ přímo v korunách zkoumaných stromů prokázalo snížení imisního tlaku na porosty v Krušných horách, ale stále je ještě vyšší, než na plochách kontrolních. Zvýšené množství ozonu ve vegetačním období, v polohách nad 900 m n. m., potvrdilo i naše sledování v korunách hodnocených vzorků. Tento nový fenomen spolu s imisemi může být dalším vážným ohrožením smrkových i březových porostů ve vyšších nadmořských výškách Krušných hor a dalších horských lesů v celé Evropě.

LITERATURA

BEDNÁŘOVÁ, E.: Reakce různých druhů břízy na imisní zátěž.

Lesnická práce, 2002, č. 11, s. 4.

MAIER, M. U.: Predisposition of trees to drought stress by ozone. *Tree Physiology*, 1999, 19, (2), s. 71 - 78.

UHLÍŘOVÁ, H., ŠRÁMEK, V., PASHUTOVÁ, J.: Znečištěné ovzduší a lesy. Oxidy dusíku a ozon. *Zprávy lesnického výzkumu*, 1997, č. 42, s. 28 - 32.

SUMMARY

Impact of anthropogenic factors on assimilatory apparatus at forest tree species (*Picea abies* /L./ Karst, *Betula pendula*, *Betula pubescens* and *Betula carpatica*) was studied in research and reference sites in the Ore Mountains. Analysis of epicuticular waxes on leaves and needles of spruce and birch was performed after winter period (March) and at the end of growing season (November). Study concentrated mainly on the state of epicuticular waxes at tree species growing in high altitudes. SO₂ and O₃ concentrations were measured in the crowns. Results indicate that stands in the altitude above 850 m are damaged by increased amount of air pollution and by increased ozone concentration during summer period. Increasing amount of ozone and SO₂ together with unfavourable climatic factors in the Ore Mountains cause damage of epicuticular waxes on leaves and needles with impact on other physiologic processes.

Adresa autora:

*Ing. Emilie Bednářová, CSc.,
Ústav ekologie lesa, MZLU v Brně,
Zemědělská 3, 616 00 Brno.
bednarov@mendelu.cz*

FAUNA BLANOKŘÍDLÝCH (*HYMENOPTERA*, *ACULEATA*) V DŘEVĚNÝCH PASTECH

FAUNA OF ACULEATA (HYMENOPTERA) IN WOODEN TRAPS

EMANUEL KULA, PAVEL TYRNER

ABSTRAKT

Metoda dřevěných pastí se řadí ke speciálním metodám sběru se selektivním účinkem pro druhy vyhledávající k zakládání hnízd a kladení vajíček přirozené otvory, obvykle vytvořené xylofágním hmyzem. V průběhu let 1993 - 1996 jsme vychovali 27 druhů, z nichž eudominantní postavení zaznamenal *Ancistrocerus nigricornis* (20,8 %), *Dipogon subintermedius* (11,9 %), *Passaloecus eremita* (11,2 %) a k dominantním se řadil *Ancistrocerus trifasciatus* (9,8 %), *Osmia rufa* (6,2 %), *Passaloecus insignis* (5,9 %) a *Symmorphus crassicornis* (5,3 %).

ABSTRACT

The method of wooden traps is a special method of collection with a selective effect for species seeking natural apertures for making nests and laying eggs, usually apertures made by xylophagous insects. In the course of 1993 - 1996 we bred 27 species; *Ancistrocerus nigricornis*, *Dipogon subintermedius* and *Passaloecus eremita* were eudominant species (20.8%, 11.9% and 11.2%, respectively), and *Ancistrocerus trifasciatus*, *Osmia rufa*, *Passaloecus insignis* and *Symmorphus crassicornis* were dominant species (9.8%, 6.2%, 5.9% and 5.3%, respectively).

Úvod

Blanokřídli žahadlovití zahrnují široké spektrum druhů především termofilních a proto území vyšších a chladnějších poloh nebyla pro sníženou atraktivitu studována. Z okrajových lesnatých pohoří existují jen sporadické údaje (Tyrner 1988, 1995) a tak u mnoha druhů chybí hustší síť faunistických dat a údaje o vertikální distribuci. Nedostatečné jsou poznatky o ekologickém významu akuleátních blanokřídých v lesních biotopech. V rámci komplexního a dlouhodobého sledování arachnoentomofauny porostů břízy v Lesní správě Děčín (Sněžník) (1986 - 2002) jsme uplatnili řadu metod sběru (fotoeklektory, zemní pasti, Moerickeho žluté misky), které umožnily zachycení také žahadlovitých. Zástupci 183 v oblasti stanovených druhů (Kula, Tyrner 2003a, 2003b, 2003c, 2003d) se řadí nejen k opylovačům ale i k parazitoidům (*Cleptes semiauratus* parazituje v zámotcích pilatek) a predátorům, kteří svou kořist pouze ochromí, uloží do dutiny a nakladou na ni vajíčka, čímž zajišťují vývoj vlastních larev. Speciální metodou ke stanovení žahadlovitých jsou dřevěné pasti, které vytvářejí hnízdní příležitosti pro druhy hnízdící ve dřevě (Krombein 1967).

METODIKA

Hranolky z vyschlého bukového dřeva o velikosti (15 x 4 x 2 cm) byly z každé menší boční strany opatřeny třemi otvory vyvrtanými do hloubky 5 cm. K lovu jsme užili sady čtyř spojených hranolků zahrnujících otvory o průměru 2,5 mm, 5, 7 a 9 mm. Krombein (1967) používal pasti s otvory v rozmezí 3,2 - 12,7 mm a s umístěním ve výšce 1 - 2 m.

Metoda dřevěných pastí byla exponována v porostech břízy a smrku s Moerickeho žlutými miskami (Kula, Láška 1997, Kula 2001) a transektu vedeném průsekem mezi dvěma smrkovými prosty. Jedna sada byla umístěna vždy na strom ve výšce 2 m v blízkosti žluté misky (6 ks na porost) a v transektu vedeném podél průseku ve smrkovém lese bylo umístěno v odstupu 50 m (13 stanovišť) vždy po čtyřech sadách s expozicí ke všem světovým stranám. Sledování probíhalo v letech 1993 - 1996. Obsazené pasti byly vloženy odděleně podle lokalit do monofilových sáčků a líhnutí bylo realizováno v přírodních podmínkách. Determinaci materiálu provedl Mgr. P. Tyrner.

Popis oblastí šetření

Sledovaná oblast je součástí území LS Děčín (Sněžník) (severní Čechy, 14°04' E, 50°46' A, číslo čtverce síťového faunistického mapování 5250) dlouhodobě v minulosti vystavená koncentracím SO₂ převyšujícím 60 µg.m⁻³. Je charakterizována chladným horským klimatem (průměrná roční teplota 6° C, úhrnné roční srážky 800 mm, délka vegetační doby 110 - 120 dní), nadmořská výška 450 - 700 m, v aktuální střední imisní zátěži.

Popis porostů

Lokalita Vlčák - porost 144A1 - BR 50 %, BK, SM, SMP, MD, DB 10 %, 2. věkového stupně, zakmenění 10, exp. SZ, mírný svah (5°), prům. 450 m n. m., plocha 9,9 ha, založen v r. 1980 výsevem (bříza) a výsadbou (ostatní dřeviny), je pomístně mezernatý, s celoplošným výchovným zásahem (1995), pásmo ohrožení imisemi B, lesní typ 6K4. V podrostu se nachází *Avenella flexuosa* (L.) Pirl., *Calamagrostis villosa* (Chaix) Gmel., *Carex brizoides* L., *Trientalis europea* L. aj. s celkovou pokryvností 100 %.

Lokalita Tisá - porost 239 E1 o ploše 1,37 ha, BR 100 %, založen v r. 1980 výsadbou po buldozerové přípravě půdy, zakmenění 10, rovina 600 m n. m., pásmo ohrožení imisemi A, lesní typ 6K4, výchovný zásah v r. 1993. Synusie podrostu vytváří 100 % kryt (*A. flexuosa* 20 %, *C. villosa* 70 %, *Calluna vulgaris* (L.) Hull., *V. myrtillus*).

Lokalita Letadlo "A" - porost 257 B1 - JV svah (7°), 440 - 500 m n. m., BR 80 %, SMP, MD 10 %, založen 1983, bylinná pokryvnost 65 - 85 %, balvanitý terén (15 - 25 %), pásmo ohrožení imisemi B, lesní typ 6K4, plocha 4,83 ha, zakmenění 10, porost z východní a západní strany chráněn předmýtnými jehličnatými porosty. Chybný výchovný zásah (1993) k odstranění břízy vedl k jejímu zmlazení. V podrostu se nachází *A. flexuosa*, *C. villosa*, *Oxalis acetosella* (L.) a *V. myrtillus*.

Lokalita Letadlo "B" - porost 257 B9, plocha 14,71 ha, SM 80 %, MD 11 %, BO 6 %, BR 3, vysázen v r. 1895, bříza z náletu v podrostu, zakmenění 8, lesní typ 6K4, půda písčitohlinitá až písčitá, exp. J (7°), 450 - 500 m n. m. Stupeň poškození porostů imisemi: smrk II, modřín, borovice I, pásmo ohrožení imisemi B. Bylinný pokryv 75 % s dominantní *A. flexuosa* a dále *C. villosa*, *V. myrtillus* L.

Lokalita Malý Dub - JZ svah (7°), 400 - 450 m n. m., balvanitý terén (10 - 20 %), pásmo ohrožení imisemi C, SM 100 % založena 1910, bylinný podrost *A. flexuosa*, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, pokryvnost 20 %.

Lokalita Krmelec - jižní svah (4°), 460 - 470 m n. m., balvanitý terén (10 %), pásmo ohrožení imisemi B, SM 100 %, založeno 1930, silně poškozená imisemi. Bylinný pokryv tvoří *A. flexuosa*, *C. villosa*, *V. myrtillus* L., pokryvnost 60 %.

Lokalita Průsek - SM 80 %, MD, BO 10 %, typ lokality Letadlo "B".

Lokalita Zahrada - JZ svah, 600 m n. m., celoročně kvetoucí rostliny, ovlivněna okolními travními společenstvy, ze SV okraj lesa.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Metoda dřevěných pastí se řadí ke speciálním metodám sběru se selektivním účinkem pro druhy vyhledávající k zakládání hnízd a kladení vajíček přirozené otvory, obvykle vytvořené xylofágním hmyzem. V průběhu let 1993 - 1996 jsme vychovali 478 ex. 27 druhů, z nichž eudominantní postavení zaznamenaly druhy *Ancistrocerus nigricornis* (20,8 %), *Dipogon subintermedius* (11,9 %), *Passaloecus eremita* (11,2 %) a k dominantním se řadily druhy *Ancistrocerus trifasciatus* (9,8 %), *Osmia rufa* (6,2 %), *Passaloecus insignis* (5,9 %) a *Symmorphus crassicornis* (5,3 %) (tab. 1). Nejčastěji se jednalo o zástupce rodu *Ancistrocerus* (2 druhy - 144 ex.), *Passaloecus* (7 druhů - 109 ex.)

Dřevěné pasti byly exponovány v letech 1992 - 1995 s nejvýraznějším líhnutím v r. 1993, kdy bylo vychováno 240 jedinců (50,2 %), snížený výskyt byl zaznamenán v r. 1995 (43 ex. - 9 %) (tab. 2). Dřevěné pasti

Tab. 1: Přehled o výskytu štíhlopasých (Aculeata) zachycených metodou dřevěných pastí. Survey of Aculeata occurrence caught by wooden traps method.

Druh	Bříza		Smrk		Zahrada	
	ks	%	ks	%	ks	%
<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	21	31,3	34	20,24	48	19,75
<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>	14	20,9	18	10,71	14	5,76
<i>Dipogon subintermedius</i>			26	15,48	30	12,35
<i>Heriades truncorum</i>					3	1,23
<i>Hylaeus communis</i>					13	5,35
<i>Chelostoma fuliginosum</i>					7	2,88
<i>Chrysis fulgida</i>			4	2,38		
<i>Chrysis ignita</i>	1	1,5	5	2,98	11	4,53
<i>Crossocerus cetratus</i>					2	0,82
<i>Megachile lapponica</i>					3	1,23
<i>Nysson trimaculatus</i>					2	0,82
<i>Omalus aeneus</i>	5	7,5	13	7,74	4	1,65
<i>Osmia rufa</i>					29	11,93
<i>Passaloecus borealis</i>	1	1,5	1	0,60	3	1,23
<i>Passaloecus brevilabris</i>			1	0,60	1	0,41
<i>Passaloecus corniger</i>			9	5,36	6	2,47
<i>Passaloecus eremita</i>	13	19,4	19	11,31	21	8,64
<i>Passaloecus gracilis</i>					1	0,41
<i>Passaloecus insignis</i>	5	7,5	16	9,52	7	2,88
<i>Passaloecus monilicornis</i>			4	2,38	1	0,41
<i>Rhopalum clavipes</i>	1	1,5			3	1,23
<i>Stelis minuta</i>					5	2,06
<i>Symmorphus connexus</i>					2	0,82
<i>Symmorphus crassicornis</i>	2	3,0	7	4,17	16	6,58
<i>Trichrysis cyanea</i>			1	0,60	1	0,41
<i>Trypoxylon clavicerum</i>	4	6,0	10	5,95	3	1,23
<i>Trypoxylon figulus</i>					7	2,88
Celkem	67	100,0	168	100,00	243	100,00

Tab. 2: Zástupci štihlipasých (Aculeata) v lokalitách LS Děčín (Sněžník) metodou dřevěných pastí. The fauna of Aculeata species caught by wooden traps in localities of Forest District Děčín (Sněžník).

Lokalita	Druh	1993	1994	1995	1996	Počet	%
Tisá T	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	8				8	29,6
	<i>Omalus aeneus</i>			4		4	14,8
	<i>Passaloecus eremita</i>		4	7		11	40,7
	<i>Rhopalum clavipes</i>		1			1	3,7
	<i>Trypoxylon clavicerum</i>		1		2	3	11,1
	<i>Celkem</i>	8	6	11	2	27	100,0
Vlčák V	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>		1			1	6,3
	<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>	3	7			10	62,5
	<i>Passaloecus insignis</i>		3			3	18,8
	<i>Symmorphus crassicornis</i>				2	2	12,5
	<i>Celkem</i>	3	11		2	16	100,0
Letadlo A	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	12				12	50,0
	<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>		4			4	16,7
	<i>Chrysis ignita</i>	1				1	4,2
	<i>Omalus aeneus</i>			1		1	4,2
	<i>Passaloecus borealis</i>				1	1	4,2
	<i>Passaloecus eremita</i>			2		2	8,3
	<i>Passaloecus insignis</i>		2			2	8,3
	<i>Trypoxylon clavicerum</i>				1	1	4,2
	<i>Celkem</i>	13	6	3	2	24	100,0
Malý dub D	<i>Dipogon nitidum</i>				1	1	20,0
	<i>Omalus aeneus</i>				2	2	40,0
	<i>Passaloecus insignis</i>				2	2	40,0
	<i>Celkem</i>				5	5	100,0
Letadlo B	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	3				3	15,8
	<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>		2			2	10,5
	<i>Dipogon nitidum</i>				8	8	42,1
	<i>Omalus aeneus</i>				1	1	5,3
	<i>Passaloecus eremita</i>				4	4	21,1
	<i>Trypoxylon clavicerum</i>		1			1	5,3
	<i>Celkem</i>	3	3		13	19	100,0
Krmelec K	<i>Dipogon nitidum</i>		1			1	11,1
	<i>Passaloecus corniger</i>				3	3	33,3
	<i>Passaloecus insignis</i>		1		4	5	55,6
	<i>Celkem</i>		2		7	9	100,0
Transekt P	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	30	1			31	23,0
	<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>				16	16	11,9
	<i>Dipogon nitidum</i>		9	2	5	16	11,9
	<i>Chrysis fulgida</i>		4			4	3,0
	<i>Chrysis ignita</i>	3	2			5	3,7

Pokračování tab. 2. Continuation of tab. 2.

	<i>Omalus aeneus</i>		2	4	4	10	7,4
	<i>Passaloecus borealis</i>				1	1	0,7
	<i>Passaloecus brevilabris</i>				1	1	0,7
	<i>Passaloecus corniger</i>		2	3	1	6	4,4
	<i>Passaloecus eremita</i>		10	4	1	15	11,1
	<i>Passaloecus insignis</i>		1	4	4	9	6,7
	<i>Passaloecus monilicornis</i>				4	4	3,0
	<i>Symmorphus crassicornis</i>		7			7	5,2
	<i>Trichrysis cyanea</i>				1	1	0,7
	<i>Trypoxylon clavicerum</i>		3		6	9	6,7
	<i>Celkem</i>	33	41	17	44	135	100,0
Zahrada Z	<i>Ancistrocerus nigricornis</i>	48				48	19,8
	<i>Ancistrocerus trifasciatus</i>	12	2			14	5,8
	<i>Heriades truncorum</i>			2	1	3	1,2
	<i>Hylaeus communis</i>	4	9			13	5,3
	<i>Chelostoma fuliginosum</i>	6	1			7	2,9
	<i>Chrysis ignita</i>	7	4			11	4,5
	<i>Crossocerus cetratus</i>	2				2	0,8
	<i>Dipogon nitidum</i>	30				30	12,3
	<i>Megachile lapponica</i>		3			3	1,2
	<i>Nysson trimaculatus</i>				2	2	0,8
	<i>Omalus aeneus</i>	4				4	1,6
	<i>Osmia rufa</i>	15	3	7	4	29	11,9
	<i>Passaloecus borealis</i>		1		2	3	1,2
	<i>Passaloecus brevilabris</i>	1				1	0,4
	<i>Passaloecus corniger</i>	6				6	2,5
	<i>Passaloecus eremita</i>	15	6			21	8,6
	<i>Passaloecus gracilis</i>				1	1	0,4
	<i>Passaloecus insignis</i>	7				7	2,9
	<i>Passaloecus monilicornis</i>				1	1	0,4
	<i>Rhopalum clavipes</i>	3				3	1,2
	<i>Stelis minuta</i>	1	1	3		5	2,1
	<i>Symmorphus connexus</i>		1		1	2	0,8
	<i>Symmorphus crassicornis</i>	15	1			16	6,6
	<i>Trichrysis cyanea</i>		1			1	0,4
	<i>Trypoxylon clavicerum</i>	3				3	1,2
	<i>Trypoxylon figulus</i>	1	6			7	2,9
	<i>Celkem</i>	180	39	12	12	243	100,0
LS Sněžník	<i>Celkem</i>	240	108	43	87	478	

jsou obsazovány xylofilními druhy, které využívají existujících chodeb ve dřevě po různých skupinách hmyzu a nevytvářejí si chodby vlastní. Např. žlutými miskami (Kula, Tyrner 2003d - biologia) byl potvrzen výskyt běžných rubikolních druhů rodů *Ectemnius* a *Crossocerus* (*Sphecidae*), které si vykusují aktivně chodby ve dřeni různých rostlin, ale i v trouchnivém dřevě, ale v dřevěných pastech prakticky chyběly. Mezi zjištěnými druhy se vyskytly též parazitoidi, kteří se přiživují na zásobách potravy ostatních druhů: *Omalus aeneus*, *Chrysis ignita*, *Chrysis fulgida*, *Trichrysis cyanea* (*Chrysididae*), *Nysson trimaculatus* (*Sphecidae*), *Stelis minuta* (*Apidae*). Celkem jsme zjistili druhy pěti čeledí žahadlovitých: *Sphecidae* (12 druhů), *Apidae* (7 druhů), *Eumenidae* (4 druhy), *Chrysididae* (4 druhy), *Pompilidae* (4 druhy), z nichž pouze metodou dřevěných pastí byly podchyceny tři druhy *Chelostoma fuliginosum*, *Chrysis fulgida* a *Stelis minuta*.

Metodou podobného typu pastí se zabýval v podmínkách severní Ameriky (USA) Krombein (1967) a použil ji nejen jako metodu faunistickou, ale též ke studiu hnízdní biologie. V odlišných geografických podmínkách ve shodě s našimi výsledky zachytil např. druhy r. *Ancistrocerus* a *Symmorphus* (*Eumenidae*), několik druhů čeledi *Pompilidae* (rod *Dipogon*), z čeledi *Apidae* rody *Osmia* a *Megachile*, z čeledi *Chrysididae* druh *Omalus aeneus* u stejných hostitelů, kutilek r. *Passaloecus*, také druhy rodu *Chrysis* a *Trichrysis*, v čeledi *Sphecidae* jsou shodné rody *Trypoxylon*, *Passaloecus* a *Rhopalum*.

Druhové spektrum (28 druhů) bylo ovlivněno metodou sběru a stanovištními podmínkami. S výjimkou druhu *Chrysis fulgida* byl výskyt všech zástupců potvrzen v lokalitě "zahradu" se zvýšeným zdrojem potravy v důsledku vyšší druhové diverzity vegetace. Eudominantní postavení zaznamenaly druhy *Ancistrocerus nigricornis* (19,8 %), *Dipogon subintermedius* (12,3 %), *Osmia rufa* (11,9 %) a k dominantním se řadil *Symmorphus crassicornis* (6,6 %) (tab. 1).

V podmínkách smrkového lesa bylo spektrum omezené na 15 druhů, z nichž rozhodující postavení měl *A. nigricornis* (20,2 %), *Dipogon subintermedius* (15,5 %), *Passaloecus eremita* (11,3 %) a *Ancistrocerus trifasciatus* (10,7 %) (tab. 1).

V porostech břízy bylo zachyceno pouze 10 druhů. Eudominantní postavení měl *Ancistrocerus nigricornis* (31,3 %), *A. trifasciatus* (20,9 %) a *Passaloecus eremita* (19,4 %) (tab. 1). *A. nigricornis* se jeví jako obecně rozšířený druh zastoupený ve všech sledovaných stanovištních typech (bříza, smrk, zahrada). Snížený výskyt byl vázán na smrkový porost se zvýšeným zakmeněním a sníženými světlostními poměry a zcela chyběl

ve smrkovém porostu lokality Krmelec. Další eudominantní druhy, *A. trifasciatus* a *P. eremita* byly zachyceny ve všech třech stanovištních typech. *Dipogon subintermedius* nebyl zaznamenán v porostech břízy, obecně rozšířený byl ve smrkových porostech i mimo les (zahrada). *Omalus aeneus* měl diferencované zastoupení, preferoval les před volnou plochou (Zahrada) (tab. 2).

ZÁVĚR

Dřevěné pasti představují specifickou faunistickou a výzkumnou metodu žahadlovitých blanokřídlých, kdy některé druhy využívají otvorů k zajištění vývoje potomstva. Faunistické spektrum je omezené na druhy s hnízdní ekologií odpovídající použitým pastím, frekvence zachycení je však relativně značně větší, než při jiných metodách, např. žlutých miskách a lze tak zjistit i druhy nezachycené jinými metodami.

Nejvyšší diverzita byla mimo les v prostředí zahrady s dostatkem potravy pro imaga i potomstvo (25 druhů), nejchudší se jevily březové porosty (10) před smrkovými (15 druhů).

PODĚKOVÁNÍ

Projekt Betula zaměřený na řešení problematiky břízy v severočeském regionu byl z rozhodující části financován z VZ MSM 434000005, grantového úkolu VaV/830/3/00 a dále přispělo MZe ČR a Lesy ČR. Projekt získal též podporu regionálních akciových společností, firem i státní správy: SCA Packaging ČR s.r.o. v Jílovém, Netex s.r.o. a Alcan Děčín Extrusions s.r.o., Městský úřad v Děčíně, Setuza a.s., Teplárna a.s. v Ústí n. L., ČEZ a.s. Praha, Lafarge Cement a.s. v Čížkovicích, Severočeské doly a.s. Chomutov, Dieter Bussmann s.r.o. v Ústí n. L.

LITERATURA

- KROMBEIN K. V. 1967: Trap nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates. Smithsonian Press Washington, D.C. 570 pp.
- KULA, E., LÁSKA, P. 1997: Hoverflies (Diptera, Syrphidae) in forest stands of Děčínský Sněžník Hill. Folia, Biologia 95, Dipterologica bohemoslovaca, Vol. 8: 97 - 104.
- KULA, E. 2001: Upland Seasonal dynamics of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in forest ecosystems of the Děčínská Sandstone. Acta Universitatis Carolinae Biologica, 45: 97 - 108.
- KULA, E., TYRNER, P. 2003a: Hymenoptera (Aculeata) of birch stands of the air-polluted regions of North Bohemia. J. FOR. SCI. (in print).

- KULA, E., TYRNER, P. 2003b: Hymenoptera (Aculeata) of spruce stands of the air-polluted region of north Bohemia. J. FOR. SCI.(in print).
- KULA, E., TYRNER, P. 2003c: Importance of Hymenoptera (Aculeata) in forest ecosystems. Ekológia (Bratislava) (in print).
- KULA, E., TYRNER, P. 2003d: Hymenoptera (Apocrita) in forest stands. Biológia (Bratislava) (in print).
- TYRNER P. 1988: Výsledky faunistického průzkumu akuleátních hymenopter v SPR Jezerka v Krušných horách. Sbor. Okres. Muz. v Mostě, přír. ř., 7: 7 - 15.
- TYRNER P. 1995: Výsledky faunistického průzkumu akuleátních hymenopter na trase plánované dálnice Lovosice - Řehlovice. Sbor. Okres. Muz. v Mostě, přír. ř., 17: 15 - 26.

SUMMARY

The wasps (*Aculeata*, *Hymenoptera*) were caught by method of wooden traps, because some species use natural holes in the wood as nesting space.

Into both smaller sides of the scantlings made from dry beech wood (15 x 4 x 2 cm) were bored three 5 cm deep holes. For catching we used the sets of four connecting scantlings with holes of various diameter (2.5 - 5 - 7 - 9 mm).

The method of wooden traps was used in birch and spruce forests and in the garden situated in the stand margin. The study area, which is characterized by cold, mountain climate, is a part of Forest District Sněžník.

The method of wooden traps is a special method of collection with a selective effect for species seeking natural apertures for making nests and laying eggs, usually apertures made by xylophagous insects. In the course of 1993 - 1996 we bred 27 species; *Ancistrocerus nigricornis*, *Dipogon subintermedius* and *Passaloecus eremita* were eudominant species (20.8%, 11.9% and 11.2%, respectively), and *Ancistrocerus trifasciatus*, *Osmia rufa*, *Passaloecus insignis* and *Symmorphus crassicornis* were dominant species (9.8%, 6.2%, 5.9% and 5.3%, respectively).

By this method there was no confirmation of an occurrence of common rubicol species of the genus *Ectemnius* and *Crossocerus* (*Sphecidae*), which active eat the holes in pith of various plants, but also in decaying

wood. Species spectrum was influenced by site condition. Except *Chrysis fulgida* species the occurrence of all species was confirmed in the locality "Garden" with the higher sources of food. The species spectrum of spruce stands was limited (15 species) and in the birch stands only ten species were collected (tab. 1).

The method of wooden traps is the special, selective, faunistic and research method for catching wasps (*Aculeata*). Although the species spectrum with nesting ecology using holes in wood is limited, we collected three species which were not caught by other methods.

Adresy autorů:

Emanuel Kula,

Lesnická a dřevařská fakulta MZLU v Brně, Zemědělská 3,

CZ-613 00 Brno, tel.: +420-5-45134127, Fax: +420-5-45211422

kula@mendelu.cz

Pavel Tyrner,

Gymnázium Litvínov,

Studentská 640, CZ- 436 01 Litvínov,

tel.: +420-4767353023,

tyrner@gtgm.cz

DYNAMIKA RŮSTU PUPENŮ BŘÍZY *BETULA PENDULA* ROTH VE VÝCHODNÍM KRUŠNOHOŘÍ

*DYNAMICS OF BUD DEVELOPMENT OF BIRCH *BETULA PENDULA* ROTH IN THE
EASTERN ORE MTS.*

DAGMAR KAŇOVÁ, EMANUEL KULA

ABSTRAKT

*Dynamika vývoje pupenů břízy *Betula pendula* Roth byla sledována v závislosti na sumě efektivních teplot (SET), vlivu postavení stromu v porostu a pupenu v koruně. V nižších polohách byl proces vystupování pupenů z dormance delší, úplné uvolnění nastalo dříve a při vyšší SET než u jedinců rostoucích ve vyšších polohách. Pupeny terminální situované v uvolněných korunách soliterů a okrajových porostních stěn mají progresivnější vývoj než na stromech uvnitř porostu a mohou být více ovlivněny mrazem.*

ABSTRACT

*The dynamics of buds development of birch *Betula pendula* Roth was studied in relation to sum of effective temperatures (SET), position in the forest stand and position of bud in tree crown. The process of buds dormancy release in lowland site was slower than in the mountain stands. The dormancy release in lowland site was completed earlier at higher SET compared with the mountains stands. The terminal buds of solitaires and stand margin developed more intensively. Such parts of stands are more likely to be influenced by frost.*

Úvod

Endodormance pupenů je iniciována a udržována krátkou denní periodou (Procházka et al. 1998, Myking, Heide 1995). Do fáze odpočinku mohou vstupovat pupeny dříve vlivem supraoptimální koncentrace endogenních auxinů vycházejících z mladých listů, která přechází vlivem krátkého dne v endodormanci (srpen/září) (Procházka et al. 1998) a nevystoupí z ní, i když jsou teploty pro růst příznivé (Myking 1999). Dormance pupenů *Betula pendula* Roth je spojována s dočasným potlačením růstu při možné prolongaci diferenciací listů a květů v pupenech (Procházka et al. 1998), se zpomalením růstu (Hänninen 1990, in Häkkinen 1999) a se zastavením růstu (Myking 1999, Sarvas 1972, Häkkinen, Linkosalo, Hari 1998).

Uvolňování z dormance je dynamickým procesem, kdy s délkou trvání zimních mrazů je postupně obnovována růstová schopnost (Myking 1999). Myking (1999) i Procházka et al. (1998) se shodují v tvrzení, že bříza bělokorá vystupuje z endodormance v průběhu prosince.

Po ukončení endodormance jsou pupeny udržovány v ektodormanci působením nízkých teplot (leden - březen) (Procházka et al. 1998). Uvolnění z ektodormance a obnovení růstu začíná překročením prahové hladiny 0 - 5° C (Myking 1997, 1999, Myking, Heide 1995). Protože

pupeny reagují na působení teplot kumulativně, byla zavedena suma efektivních teplot (SET), která se skládá ze součtu nadprahových teplot. Pupeny reagují na zvyšující se SET rychlejším růstem, jehož průběh je podobný "S křivce" (Sarvas 1972). Kula (2000b) stanovil SET (31°C) při níž v Krušných horách (650 m n. m.) dochází k uvolnění břízy bělokoré z ektodormance. Kaňová (2000) zaznamenala první náznaky růstu pupenů břízy již při SET kolem 12 °C, ale úplné vystoupení z ektodormance nastalo až při SET 38 °C.

Kolísání teplot nezpůsobuje rychlejší růst (Myking 1997). Puppenové šupiny mají inhibiční účinky na růst pupenu, oddalují rašení a působí jako ochrana před vysycháním v zimě a na začátku jara (Myking 1997). Rašení břízy je regulováno SET i délkou dne (Kaňová 2002). Jarní mrazy (březen, duben) by neměly mít v našich klimatických podmínkách zásadní vliv na poškození pupenů břízy (Kaňová 2002, Kula 2000a).

Vyslovená hypotéza, že nevyrašení a poškození pupenů břízy ve východním Krušnohoří (1997) mohlo souviset s narušením dormance a jejich atypické reakce na průběh zimních mrazů, byla motivací k řešení některých otázek o vývoji pupenů břízy ve fázi dormance a rašení. Cílem práce, bylo zaznamenat dynamiku růstu pupenů, stanovit konec ektodormance v závislosti na SET a zhodnotit závislost vývoje pupenů na poloze v koruně a postavení stromu v porostu.

METODIKA

Dynamika růstu pupenu, stanovení konce ektodormance a nástup jarních fenofází

Porosty (I. věková třída) ke sledování dynamiky vývoje pupenů břízy bělokoré byly diferencovány nadmořskou výškou: Nová Ves v Horách (NV, 744 m n. m., území s nevyrašenou břízou), Jílové - Sněžník (SN, 600 m n. m.) a Ústí nad Labem (UL, 244 m n. m.). Vzorníky byly situovány uvnitř porostu a kontrola byla provedena metodou jednotkových větví odebraných ze střední vnější části korunového pláště. Odběry se uskutečnily na začátku prosince 2000, v lednu 2001 (1x), v březnu (2x), v dubnu v týdenním intervalu. Termíny a interval odběrů byly odvozeny ze sledování z let 1999 až 2000 (Kaňová 2000). Pupeny byly zpracovány v laboratorních podmínkách bezprostředně po odběru s rozlišením dvou kategorií: 1) terminální a navazující druhý a třetí pupen boční (dále pupeny terminální +2), vzorek s 60 pupeny; 2) pupeny boční na dvou až tříletých větvích z vnitřní části korunového pláště (dále pupeny boční uvnitř k. p.), vzorek s 60 pupeny. Zjišťovanými parametry byla

šířka a délka nepoškozeného pupenu, délka vnitřního terminálu a procento prorůstání (délka vnitřního terminálu vztažená k délce pupenu). Bylo sledováno stádium vnějšího projevu pupenu podle klasifikace pro rod bříza (Kula 2000a): 0 - pupeny s neporušenými šupinami, A - pupeny s neporušenými šupinami a prosvítající zelenou barvou, B - apikální část pupenu se zelenou špičkou, C - narašený vrchol pupenu je delší než 1 mm, D - rozvíjející se nebo rozvinuté listy.

Pobočka ČHMÚ Ústí nad Labem poskytla průměrné denní teploty meteorologických stanic Ústí nad Labem - Kočkov, Jílové - Sněžník a Nová Ves v Horách, situovaných v blízkosti sledovaných porostů. SET byla stanovena pro prahovou teplotu 5 °C (Sarvas 1972), která je v klimatických podmínkách ČR pro břízu běžně užívána (Bagár, Klimánek 1999, Kula 2000b, Stieber 2001).

Vývoj pupenů v závislosti na postavení stromu v porostu a poloze v koruně

Šetření se uskutečnilo v území LS Sněžník v zapojeném porostu břízy s uvolněnou jižní porostní stěnou. Vzorky pupenů (60 ks) byly získány jednorázově (17. 3. 2001) ze stromů rostoucích uvnitř porostu a na okraji porostu. Metodika odběru jednotkových větví a zpracování pupenů byla zachována s tím rozdílem, že u stromů na okraji porostu byly odebírány pouze větve z nezapojené strany. Sledovanými parametry byla šířka a délka nepoškozeného pupenu, délka vnitřního terminálu a procento prorůstání.

V oblasti LS Sněžník byly vybrány tři vzorníkové stromy s plně uvolněnou korunou II. věkové třídy mimo porost. Byl proveden jednorázový odběr větví (11. 3. 2001) ze severní a jižní strany, vždy ve spodní, střední a vrcholové části korunového pláště. Směsný vzorek 3 vzorníků tvořilo 6 vzorků charakterizujících pupeny terminální+2 a 6 vzorků pupenů bočních uvnitř k. p. Každý vzorek byl tvořen 60 pupeny. Sledovány byly shodné parametry jako u předchozího šetření.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Dynamika růstu pupenů, stanovení konce ektodormance a nástup jarních fenofází

Nejdůležitějším indikátorem vývoje pupenu byl růst vnitřního terminálu a délky pupenu. Šířka pupenu neměla vždy dostatečnou vypovídací hodnotu a ze samotného procenta prorůstání nelze určit dynamiku vývoje

pupenu, protože reaguje v závislosti na poměru délky vnitřního terminálu a celého pupenu, které nemusí vždy narůstat rovnoměrně. Pokud roste pupen rychleji do délky, procento prorůstání klesá. Zvyšuje se, pokud roste vnitřní terminál rychleji než celý pupen, což bylo zjištěno především u pupenů terminálních+2, u kterých byla prokázána signifikantní korelace mezi procentem prorůstání a délkou vnitřního terminálu ($R = 0,83 - 0,88$), zatímco u pupenů bočních uvnitř k. p. byla méně průkazná ($R = 0,56 - 0,77$). Procento prorůstání lze použít, pro porovnání lokalit.

Lokalita Nová Ves

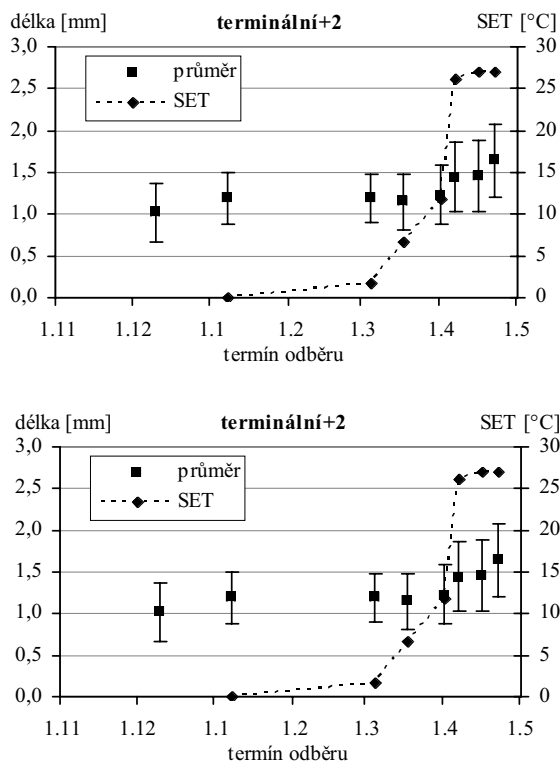
Počátek růstu délka vnitřního terminálu a délka pupenu byl zaznamenán při SET v rozmezí 11,8 a 26,1 °C (1. 4. - 7. 4. 2001). Pupy v tomto období začaly vystupovat z ektodormance a reagovaly na SET (obr.1, tab. 1). Není však zřejmé, zda by SET 11,8 °C stačila pro rozvoj pupenů. Od 7. 4. do 22. 4. 2001 SET již intenzivně nevzrůstala (SET 27 °C), ale pupeny stále rostly (délka i vnitřní terminál), což svědčí o úplném uvolnění z ektodormance. Vnitřní terminál se prodlužoval rychleji u pupenů terminálních+2 než u pupenů bočních uvnitř k. p. (obr.1). Šířka pupenu začala reagovat až při SET 27 °C 16. 4. 2001 (tab. 1), kdy bylo zjištěno stádium B vnějšího projevu pupenu. V termínu 22. 4. 2001 se při stále stejné SET objevilo u pupenů terminálních+2 i stádium C a 28. 4. 2001 při SET 38,3 °C pupeny rašily z 10 % (tab. 2).

Lokalita Sněžník

Dynamika růstu pupenů odpovídala mírně chladnější lokalitě NV, ale růst byl intenzivnější a dříve (7. 4. 2001, SET 31,2 °C) a ve větší míře bylo zaznamenáno stádium vnějšího projevu B a C. Růst vnitřního terminálu pupenů terminálních+2 byl rychlejší než u pupenů bočních uvnitř k. p. (obr. 2). Velikost pupenů a procento prorůstání bylo srovnatelné s lokalitou NV (tab. 1). Pupy začaly vystupovat z ektodormance v rozmezí SET 12,5 °C (31. 3. 2001) až 31,2 °C (7. 4. 2001), rostly intenzivně do délky i šířky a rychle rostl vnitřní terminál. Dosažená SET byla dostatečná pro pokračování intenzivního růstu (úplné uvolnění z ektodormance) aniž by nastal její výraznější vzestup (34,4 °C) (obr. 2). Fenofáze rašení 10 % nastoupila 28. 4. 2001 při SET 56,8 °C (tab. 2).

Lokalita UL

Pupy reagovaly na zvyšující se SET mírným nárůstem (začátek vystupování z ektodormance), při SET 13,2 °C (4. 3. 2001). Další růst srovnatelný s intenzitou vývoje pupenů z lokalit NV a SN nebyl zaznamenán (obr. 3, tab. 1). Až po dosažení SET 74,2 °C (2. 4. 2001)

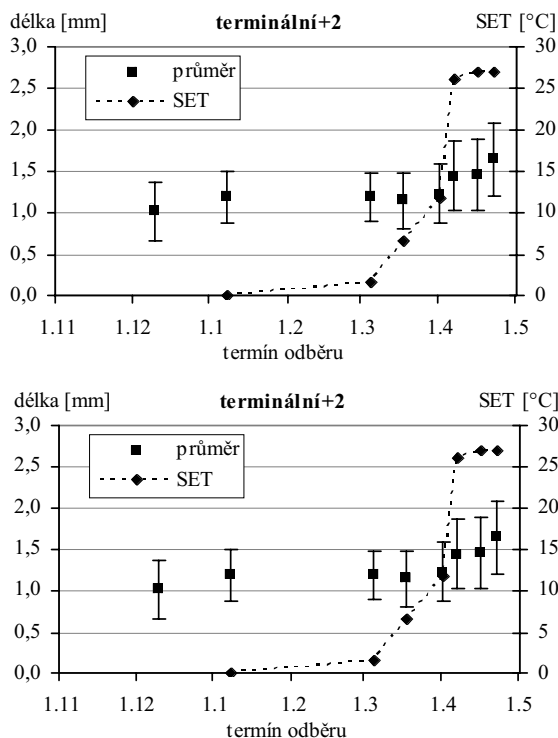


Obr. 1: Růst délky vnitřního terminálu pupenů terminálních+2 a bočních uvnitř k. p. na lokalitě Nová Ves v Horách (2001). Inner growth of leading shoot of "terminal+2" and lateral buds at Nová Ves v H. in 2001.

nastal výrazný růst pupenů (uvolnění z ektodormance). Nástup stádia vnějšího projevu C 7. 4. 2001 (SET 131° C) a rozvolnění pupenových šupin znemožnilo měření. Pupeny rašily z 10 % 16. 4. 2001 (SET 158,2 °C) (tab. 2).

Pupeny na všech lokalitách se od přelomu XI/XII až do počátku uvolňování z ektodormance nevyvíjely, čímž potvrzujeme názory Mykinga (1999), Sarvase (1972) a Häkkinena, Linkosalo a Hariho (1997). V období ektodormance se potvrdila schopnost udržení odpočinku nízkými teplotami (Procházka et al. 1998).

Při SET 12 °C začíná postupné uvolňování pupenů z ektodormance (mírný růst pupenů), jak uvádí Kaňová (2000). K intenzivnímu růstu a definitivnímu vystoupení z ektodormance došlo v horských polohách (SN a NV) při SET 27 a 31,2 °C v souladu se zjištěním Kuly (2000b), Stiebera (2001) a Kaňové (2000). V nižších polohách dochází k úplnému uvolnění pupenů z ektodormance dříve při vyšších SET (74,2 °C) a celý



Obr. 2: Růst délky vnitřního terminálu pupenů terminálních+2 a bočních uvnitř k. p. na lokalitě Sněžník (2001). Inner growth of leading shoot of "terminal+2" and lateral buds at Sněžník in 2001.

proces je delší. Stejný trend byl zaznamenán v nástupu jarních fenofází (tab. 2). Rašení a rychlost vývoje pupenu byly regulovány SET i délkou dne, a proto by nemělo dojít k vyrašení pupenů v období, kdy jsou ohroženy silnými mrazy. Po uvolnění pupenů z ektodormance se postupně s vývojem pupenu snižuje odolnost. Ve sledovaných klimatických podmínkách se nevyskytují tak nízké teploty, které by mohly zdravé pupeny břízy zásadně poškodit (Kaňová 2002, Kula 2000a).

Vývoj pupenů v závislosti na postavení stromu v porostu a poloze v koruně

Pupeny terminální+2 na jižním osluněném okraji porostu byly delší, širší, s delším vnitřním terminálem a s vyšším procentem prorůstání (až 28 %) než ostatní pupeny uvnitř porostu (do 24 %) (obr. 4). Jedná se o apikální dominanci, která se zde projevuje i v rámci jednotlivých větví a je silnější na okraji porostu. Potvrzuje to i pozorovaný rychlý růst letorostů z terminálních pupenů, které zajistí konkurenceschopnost, zatímco boční

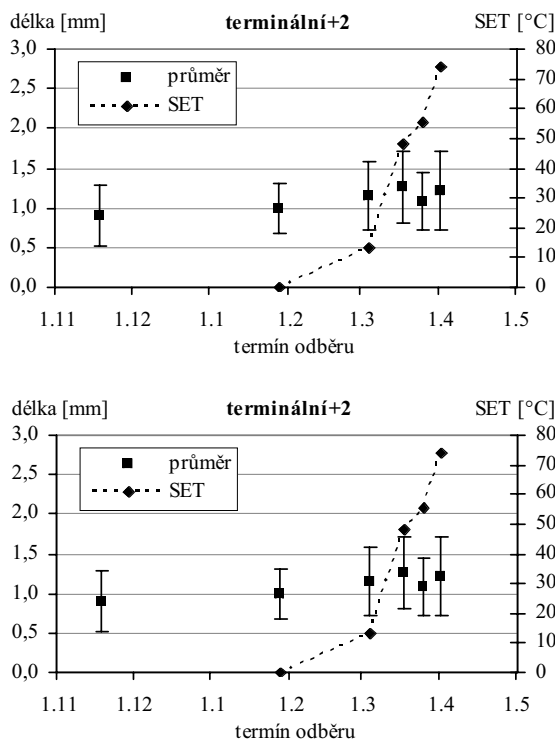
Tab. 1: Vývoj hodnot měřených parametrů pupenů [mm], procenta prorůstání a SET ve všech sledovaných lokalitách. Measurements of bud parameters (mm), percentage of leading shoot growth through bud and SET - all sites (š - width of bud, d - length of bud, t - lenght of leading shoot, % - percentage of leading shoot growth through bud, SET - sum of effective temperatures in °C).

lokalita, termín odběru		pupeny terminální+2				pupeny boční uvnitř k. p.				SET
		š	d	t	%	š	d	t	%	
Nová Ves v H.	10.12.2000	2,07	4,48	1,02	23	1,97	4,14	0,88	21	
	7.1.2001	2,00	4,79	1,19	25	2,06	4,45	0,95	21	0,0
	5.3.2001	1,83	4,40	1,20	27	1,89	4,03	0,91	22	1,8
	17.3.2001	1,97	4,51	1,15	25	1,97	4,27	0,96	22	6,7
	1.4.2001	1,99	4,40	1,23	28	2,01	4,35	0,94	22	11,8
	7.4.2001	2,07	5,17	1,44	28	1,98	4,82	1,00	21	26,1
	16.4.2001	2,07	5,05	1,45	29	2,07	4,81	1,07	22	27,0
	22.4.2001	2,23	5,35	1,64	31	2,18	5,00	1,19	24	27,0
Sněžník	11.11.2000	2,02	4,39	0,99	23	2,14	4,63	0,97	21	
	12.1.2001	1,87	4,51	1,06	23	1,89	4,18	0,95	23	0,0
	4.3.2001	1,88	4,42	1,03	23	1,91	4,21	0,93	22	1,4
	17.3.2001	1,88	4,59	1,08	24	2,08	4,75	1,10	23	9,9
	31.3.2001	1,92	4,22	0,97	23	2,01	4,32	1,06	24	12,5
	7.4.2001	2,09	5,04	1,28	25	2,17	4,99	1,23	25	31,2
	16.4.2001	2,17	5,16	1,47	28	2,39	5,56	1,21	22	34,4
	22.4.2001	2,39	5,84	1,69	29	2,59	5,54	1,27	23	34,4
Ústí n. L.	18.11.2000	1,98	4,52	0,90	20	2,11	4,78	1,02	21	
	28.1.2001	2,01	4,94	0,99	20	2,10	4,72	0,96	20	0,0
	4.3.2001	2,04	5,09	1,15	23	2,34	5,38	1,12	21	13,2
	17.3.2001	2,13	4,80	1,27	26	2,32	5,07	1,07	21	47,9
	25.3.2001	2,05	4,70	1,09	23	2,24	5,04	1,14	23	55,3
	1.4.2001	2,26	4,87	1,23	25	2,30	5,63	1,15	20	74,2

Pozn.: š – šířka, d – délka pupenu, t – délka vnitřního terminálu, % – procento prorůstání, SET – suma efektivních teplot [°C]

Tab. 2: Nástup jarních fenofází ve sledovaných porostech (2001). Timing of spring phenophases in researched stands.

lokalita	rašení 10 %		první květy 10 %		plné olistění	
	datum	SET [°C]	datum	SET [°C]	datum	SET [°C]
Nová Ves v Horách	28. 4.	38,3	28. 4.	38,3	23. 5.	197
Sněžník	28. 4.	53,8	28. 4.	53,8	20. 5.	209,1
Ústí nad Labem	16. 4.	158,2	22. 4.	158,2	12. 5.	410



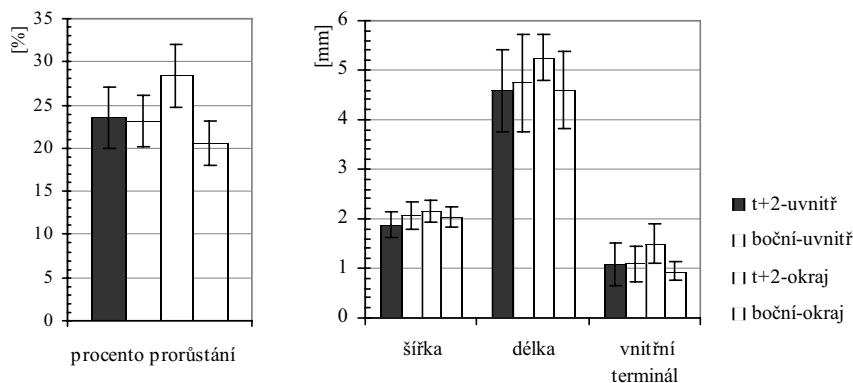
Obr. 3: Růst délky vnitřního terminálu pupenů terminálních+2 a bočních uvnitř k. p. na lokalitě Ústí nad Labem (2001). Inner growth of leading shoot of "terminal+2" and lateral buds at Ústí n. L. in 2001.

pupeny nejdříve rozvinou první dva listy do maximální velikosti, zvětší asimilační plochu a mohou zásobovat rychle rostoucí letorosty asimiláty. Menší pupeny boční uvnitř k. p. okraje porostu s nejnižším procentem prorůstání (21 %) byly silněji inhibovány auxiny z terminálních pupenů (obr. 4). U druhých a třetích pupenů bočních nebyl po vyrašení sledován rychlý vývoj letorostu, jehož růst byl zřejmě po vyrašení inhibován z letorostu terminálního pupene, ale při poškození terminálního letorostu jsou jej schopny rychle nahradit.

Rozdíl mezi pupeny terminálními+2 a pupeny bočními uvnitř k. p. uvnitř porostu nebyl tímto jednorázovým měřením zaznamenán, ale z hlediska vývoje pupenu se rozdíly projeví později. Při hodnocení dynamiky růstu pupenu bylo na všech lokalitách zjištěno, že pupeny terminální+2 prorůstají vnitřním terminálem více a intenzivněji než pupeny boční uvnitř k. p. (tab. 1).

Ve vývoji pupenů v závislosti na jejich poloze v koruně byl u pupenů terminálních+2 zjištěn stejný trend jako u pupenů terminálních+2 na okraji porostu. Pupeny terminální+2 byly více prorostlé, delší a širší než pupeny boční uvnitř k. p. (tab. 3). Nejzřetelněji se to projevilo u pupenů terminálních+2 ve vrcholu koruny, kde procento prorůstání dosáhlo (42,7 % až 47,5 %), což potvrzuje intenzivní apikální dominanci a rychlý růst břízy (obr. 5).

Zapojený porost břízy s uvolněnými porostními stěny se z hlediska strategie vývoje pupenů a jarního přírůstu chová obdobně jako solitérní strom s plně uvolněnou korunou. U obou je vytvořena okrajová zóna nejvíce prorostlých pupenů terminálních+2. Tyto pupeny jsou více exponovány povětrnostním podmínkám a mohou být náchylnější k poškození mrazem. Jejich nižší odolnost byla zjištěna při umělém stresu mrazem (Kaňová 2002). Tím se vytváří předpoklad pro vyšší odolnost

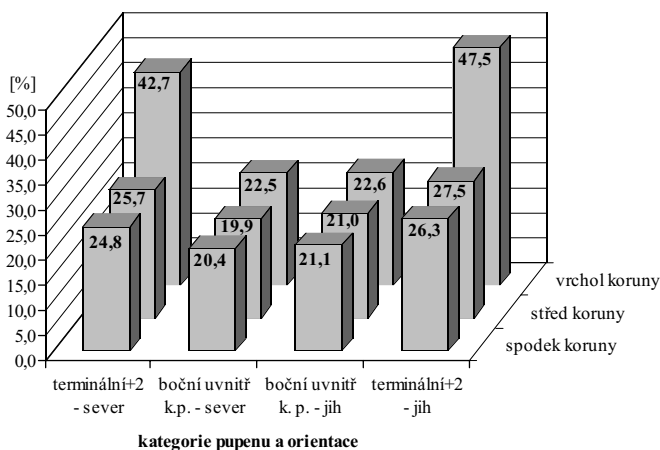


Obr. 4: Velikost a procento prorůstání pupenu v závislosti na postavení v porostu (Sněžník, 2001). Size of bud and percentage of leading shoot growth through bud by position in stand.

porostů zapojených. Porosty rozvolněné, u nichž je mnohem větší exponovaná okrajová zóna pupenů terminálních+2 jsou mrazu náchylnější. Přesto zůstává bříza dřevinou pozdními mrazy málo ohroženou.

ZÁVĚR

Podobná dynamika růstu pupenů břízy byla zjištěna na lokalitách situovaných v horském klimatu, Nová Ves v Horách a Sněžník. V zimním období byly pupeny drženy nízkými teplotami v ektodormanci a nereagovaly růstem na zvyšující se SET. Při SET 12 °C začaly pupeny



Obr. 5: Procento prorůstání pupenu v závislosti na poloze v koruně. Percentage of leading shoot growth through bud by position in tree crown.

vystupovat z ektodormance a vyvíjet se v závislosti na růstu SET. Po dosažení SET cca 30 °C byla ektodormance ukončena a pupeny intenzivně rostly i když se SET nezvyšovala. Pupeny terminální+2 rostly a vyvíjely se intenzivněji (apikální dominance) než pupeny bočními uvnitř k. p.

Dynamika růstu pupenů z porostu v lokalitě Ústí n. L., situovaném v nížinném klimatu, se od výše zmíněných dvou porostů lišila. Pupeny se začaly vyvíjet, růst a postupně vystupovaly z ektodormance dříve při srovnatelné SET 13,2 °C. Navazující období stagnace trvalo až do dosažení SET 74,2 °C, kdy došlo k rychlému růstu pupenů

Tab. 3: Průměrné hodnoty měřených parametrů pupenů [mm], procenta prorůstání a SET v závislosti na poloze v koruně. Bud parameters (mm), percentage of leading shoot growth through bud averages by position in tree crown .

Poloha	Pupeny terminální+2				Pupeny boční uvnitř k. p.			
	š	d	t	%	š	d	t	%
Sever - vrch koruny	2,43	5,81	2,48	43	2,05	4,80	1,08	23
Sever - střed koruny	1,89	4,45	1,14	26	1,97	4,38	0,87	20
Sever - spodek koruny	1,82	4,42	1,10	25	1,87	4,14	0,84	20
Jih - vrch koruny	2,19	5,22	2,48	48	2,19	5,22	2,48	23
Jih - střed koruny	1,94	4,77	1,31	27	1,65	4,77	1,31	21
Jih - spodek koruny	1,83	4,35	1,14	26	1,83	4,35	1,14	21

Pozn.: š – šířka, d – délka pupenu, t – délka vnitřního terminálu, % – procento prorůstání (š - width of bud, d - length of bud, t - length of leading shoot, % - percentage of leading shoot growth through bud)

a definitivnímu vystoupení z ektodormance. Ve srovnání s lokalitami v horské poloze vystoupily pupeny z ektodormance dříve, při vyšší SET a proces uvolňování z ektodormance byl delší.

Stejný trend byl zaznamenán u nástupů jarních fenofází. Rychlost vývoje pupenu a následné rašení jsou ovlivněny jak SET tak délkou dne, a proto by nemělo dojít k vyrašení nebo výraznému vývoji pupenů břízy v období, kdy jsou ohroženy silnými mrazy.

Z hlediska postavení v porostu byly nejvíce vyvinuty pupeny terminální+2 na volném okraji porostu. V závislosti na poloze pupenu v koruně byly nejvyvinutější pupeny terminální+2 a to především na ve vrcholové části koruny. Nejnižšího procenta prorůstání dosahovaly pupeny boční uvnitř k. p. U zapojeného porostu s volnými porostními stěny i u solitérního stromu je vytvořena okrajová zóna nejvíce prorostlých pupenů terminálních+2, které jsou méně odolné vůči silným mrazům. U porostů rozvolněných je proto větší riziko poškození mrazem než u porostů zapojených.

Pokud nastalo v zimě 1996/1997 rozsáhlé vymrznutí pupenů, musely být primárně ovlivněny jinými faktory, které vyvolaly předčasný vývoj pupenů buď v zimním období nebo již v období na konci léta a tím narušily ochranný efekt dormance.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt *Betula* zaměřený na řešení problematiky břízy v severočeském regionu byl z rozhodující části financován z VZ MSM 434000005, grantového úkolu VaV/830/3/00 a dále přispělo MZe ČR a Lesy ČR. Projekt získal též podporu regionálních akciových společností, firem i státní správy: Obalex s.r.o. v Jílovém, Netex s.r.o. a Alcan Děčín Extrusions s.r.o., Městský úřad v Děčíně, Setuza a.s., Teplárna a.s. v Ústí n. L., ČEZ a.s. Praha, Lafarge Cement a.s. v Čížkovicích, Severočeské doly a.s. Chomutov, Dieter Bussmann s.r.o. v Ústí n. L.

LITERATURA

- BAGÁR, R., KLIMÁNEK, M. 1999: Vyhodnocení fenologického pozorování z lokality Hrušovany u Brna. *Acta. Univ. et Silvii Mendelianae*, XLVII, 3: 7 - 16.
- HÄKKINEN, R. 1999: Statistical evaluation of bud development theories: application to bud burst of *Betula pendula* leaves. *Tree Physiology*, Vol. 19: 613 - 618.

- HÄKKINEN, R., LINKOSALO, T., HARI, P. 1998: Effects of dormancy and environmental factors on timing of bud burst in *Betula pendula*. *Tree Physiology*, Vol. 18: 707 - 712.
- KAŇOVÁ, D. 2000: Fenologie rašení břízy *Betula verrucosa* Ehrh. Bakalářská práce. FŽP UJEP Ústí n. L. 55 pp.
- KAŇOVÁ, D. 2002: Vývoj zdravotního stavu porostů břízy *Betula pendula* Roth postižených nevyrašením v imisní oblasti východního Krušnohoří. Diplomová práce. FŽP UJEP Ústí n. L. 53 pp.
- KULA, E. 2000a: Reakce pupenů břízy na mráz. *J. of For. Sci.*, roč. 46 (3): 127 - 132.
- KULA, E. 2000b: Burst fenology and birch bud resistance to frost. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 19 (3): 251 - 257.
- MYKING, T. 1997: Effects of constant and fluctuating temperature on time to budburst in *Betula pubescens* and its relation to bud respiration. *Trees*, Vol. 12: 107 - 112.
- MYKING, T. 1999: Winter dormancy release and Budburst in *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh. *Ecotypes. Phytion*, Vol. 39: 139 - 146.
- MYKING, T., HEIDE, O. M. 1995: Dormancy release and chilling requirement of buds of latitudinal ecotypes of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Tree Physiology*. Vol. 15: 697 - 704.
- PROCHÁZKA et al. 1998: *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 484 pp.
- SARVAS, R. 1972: Investigations on annual cycle of development of forest trees. Active period. *Communications Instituti Forestalis Fennianae*, No. 3: 1 - 110.
- STIEBER, I. 2001: Stresové faktory a vývoj zdravotního stavu porostů břízy (LS Klášterec). Diplomová práce. FLD MZLU Brno. 50 pp.

SUMMARY

Initial motivation for the research of bud development of birch *Betula pendula* Roth arose from need to elucidate extensive damage of birch stands in eastern part of Ore Mountains in 1997, which had been considered of unknown origin. Dynamics of bud development was studied in relation

to sum of effective temperatures (SET). The study was held in three birch stands situated in different altitudes of the eastern part of Ore Mts. - Nová Ves v Horách, Děčínský Sněžník and Ústí nad Labem. Control branches with sufficient number of buds were taken from each stand in regular

order. The buds were cut and measured; overall width, length of bud and growth of leading shoot inside buds were measured. The bud development was observed in relation to position of tree in the forest stand and position of bud in tree crown.

The "terminal+2" buds were bigger in all the sites. Their percentage of leading shoot growth through bud was also bigger compared to lateral buds inside tree crown. Buds started to be released from dormancy after SET reached 12°C. Dormancy release was completed at SET 74°C at lowland site (Ústí nad Labem) and at SET cca 30°C at mountain sites (Nová Ves v. H., Děčínský Sněžník). Process of the buds dormancy release was relatively slower at lowland site. The spring phenophases in the lowland site were belated in comparison to mountain stands. Swiftness of the bud development and the germination timing were influenced by SET and duration of daylight. This is why buds do not develop or germinate in time of possible threat of severe frost.

The biggest size and growth of leading shoots inside buds was found at "terminal+2" buds in the treetop of solitaire trees and at southern margins of stands. Both stands and solitaire trees tend to constitute a border zone with most developed buds. These buds are more likely to be harmed by frost damage. Therefore severe frosts threaten open stands and solitaire trees rather than closed stands.

If the damage of birch in winter 1996 - 1997 was caused by bud freeze, such bud damage must have been primarily influenced by other factors. The factors might cause untimely bud development to happen either in winter or earlier at the end of summer. Such disturbance lead to loss of the protective effect of dormancy.

Adresa autorů:

Ing. Dagmar Kaňová

Prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Lesnická a dřevařská fakulta MZLU v Brně

Zemědělská 3

613 00 Brno

dagmar.kanova@centrum.cz

kula@mendelu.cz

BLOK IV

PĚSTOVÁNÍ LESNÍCH POROSTŮ

BLOCK IV

SILVICULTURE

REGENERACE SMRKOVÝCH MLAZIN POŠKOZENÝCH V ZIMĚ 1995/96 V KRUŠNÝCH HORÁCH

GROWTH OF YOUNG SPRUCE STANDS DAMAGED DURING WINTER 1995/96
IN THE ORE MTS.

HORST KRIEGEL

ABSTRAKT

V zimním období 1995 – 1996 došlo v Krušných horách následkem abnormální povětrnostní a imisní situace k poškození porostů smrku ztepilého. Poškozen byl zejména asimilační aparát a z něho pak jeho nejmladší a nejproduktivnější části. Účelem předloženého příspěvku bylo zjištění schopnosti regenerace poškozených smrkových mlazin, včetně možnosti ovlivnění růstu a zdravotního stavu (olistění) aplikací meliorační látky – amfibolitové moučky. V důsledku „normálního“ průběhu ekologických podmínek v následujících sedmi letech došlo k podstatnému množení asimilačního aparátu, což pozitivně ovlivnilo výškový růst. Potvrzen byl i význam fenotypu smrku ztepilého na odrůstání kultur na stanovištích poškozených pozdními mrazy. Amfibolitová moučka neovlivnila vývoj poškozených porostů v důsledku nízké aplikační látky a jejího nevhodného umístění.

ABSTRACT

Damage of spruce stands due to abnormal climatic and air pollution conditions during winter 1995 to 1996 occurred in Krušné hory Mts. Especially assimilation apparatus and its youngest and the most productive parts were damaged. The aim of submitted paper were investigation of regeneration capability of damaged spruce thickets include possibility of enhancement growth and health state (foliage percentage) by addition of amelioration material – finely ground amfibolit. Due to “normal” pattern of ecological conditions during following 7 years considerable enhancement of assimilation apparatus occurred and height growth was positively influenced. Results also confirm the importance of Norway spruce phenotype for plantation growth on sites damaged by late frosts. Finely ground amfibolit did not influence growth and health state of damaged young spruce stands because of low doses and improper location of the meal.

Úvod

V průběhu zimního období let 1995 – 1996 došlo v Krušných horách k dlouhodobým poklesům teplot vzduchu s převládajícím prouděním větru směrem od zdrojů znečištění (Podkrušnohoří), dále k inverzním situacím spojeným s vysokými koncentracemi SO₂ v ovzduší ve vyšších horských polohách a dlouhodobé tvorbě námrazy, což mělo negativní dopad na zdravotní stav porostů smrku ztepilého. Vlivem působení výše uvedených činitelů a zimní transpirace smrků došlo v jarním a letním období roku 1996 k poškození asimilačního aparátu; toto poškození se nejdříve projevilo jeho červenáním, a to zpravidla nejproduktivnějších (2 – 3 posledních) ročníků jehlic (Lomský et al. 1996) a poté následnou defoliací části koruny, případně až uhynutím jedinců. Asimilační aparát některých smrků pěstovaných v horských polohách byl redukován z 5 – 8

ročníků na obvykle 1 – 3 ročníky. Richter (1997) odhaduje toto snížení až na 1/6 původní hodnoty.

Nejkritičtější období pro smrkové porosty jsou následující 2 – 4 roky, kdy stromy jsou oslabené, jejich koruny prosvětlené a mají silně redukovaný asimilační aparát. Jestliže v tomto období nedojde k atypickému průběhu povětrnostních a imisních podmínek lze zejména u mladých nezapojených smrkových porostů s dlouhou korunou očekávat zlepšení jejich zdravotního stavu.

Účelem tohoto příspěvku je sledování vývoje smrkové mlaziny po dobu 7 let od poškození, včetně možnosti zlepšení zdravotního stavu aplikací meliorační látky – amfibolitové moučky.

METODICKÝ POSTUP

V létě roku 1996 byl v Krušných horách proveden výběr smrkových kultur poškozených v zimním období 1995/1996 ztrátou asimilačních orgánů. K detailnímu šetření byla vybrána nezapojená 14 - 16letá kultura smrku ztepilého o průměrné výšce 120 cm, nacházející se na LS Červený Hrádek. Do souboru šetření byli zahrnuti jedinci s rozdílným množstvím asimilačních orgánů, aby zaujali pokud možno rovnoměrně celé spektrum (množství jehlic od 5 % do 95 %). Stanoviště je charakterizováno SLT 7S, HS 73 – Přirozené smrkové hospodářství kyselých stanovišť, půdním typem kambizem, nadmořskou výškou 760 m a pásmem ohrožení porostů imisemi B. Klimaticky je okrsek stanoven jako mírně chladný C1.

Za účelem možnosti zlepšení půdních podmínek a následného zvýšení olistění asimilačního aparátu včetně růstových parametrů smrkových kultur bylo použito melioračních opatření. U části jedinců s rozdílným množstvím asimilačních orgánů byla aplikována amfibolitová moučka v množství 2,5 kg na jeden stromek. Ta byla rovnoměrně rozprostřena v mezikruží širokém 20 – 25 cm a vzdáleném asi 0,5 m od kmínku stromku na obnaženou zeminu po odstraněném drnu. Po provedené melioraci byl drn vrácen zpět na původní místo, aby látka nezůstala na povrchu a nedocházelo k jejímu zrychlenému splavování. Drcená amfibolitová hornina (expedovaná firmou Krosil a. s. Čáslav) obsahovala v průměru 46 % SiO₂, 11 % CaO, 8 % MgO, 1 % K₂O a 0,3 % P₂O₅. Další část kultury byla ponechána bez ošetření jako kontrola. Jednotlivé vytypované stromky byly v porostu viditelně označeny pro usnadnění orientace při následných šetřeních.

Před vlastní aplikací meliorační látky byl Chemickou laboratoří se sídlem ve Výzkumné stanici v Opočně proveden rozbor půdy se stanovením

základních charakteristik: aktivní a výměnné kyselosti, obsahu celkového dusíku metodou Springer-Klee, obsahu přístupných živin – P, K, Ca, Mg (ve výluhu kyseliny citronové) a množství humusu. U stromků zařazených do šetření byly evidovány základní růstové charakteristiky (tab. 3), množství asimilačních orgánů – olistění – s přesností na 5 %, přičemž při dalším zpracování výsledků bylo olistění v některých případech sloučeno do stupňů poškození stromů podle Vyhlášky MZe č. 289/1995 Sb.:

- stupeň 0 – strom zdravý, olistění 100 %,
- stupeň 1 – strom slabě poškozený, olistění 99 – 75 %,
- stupeň 2 – strom středně poškozený, olistění 74 – 50 %,
- stupeň 3 – strom silně poškozený, olistění 49 – 25 %,
- stupeň 4 – strom velmi silně poškozený, olistění 24 – 1 %,
- stupeň 5 – strom suchý, olistění 0.

Ke konci jednotlivých vegetačních období byly sledovány změny v půdním prostředí způsobené aplikací amfibolitové moučky, v obsahu živin v jednoletých asimilačních orgánech stanovením N, P, K, Ca, Mg a S, změny v olistění u testovaných jedinců, dynamika vývoje výškového růstu s přihlédnutím k výskytu atypického průběhu počasí. Hodnocení dynamiky vývoje kultur bylo provedeno matematicko-statistickými metodami (Studentův t-test), procenticky, tabelárně i graficky.

VÝSLEDKY

Rozbory půd provedené Chemickou laboratoří se sídlem ve VS Opočno ukázaly, že pod vrstvou drnu do hloubky 20 cm se nachází převážně středně až silně kyselá zemina se střední zásobou P_2O_5 , nízkým až středním množstvím K_2O a MgO , nízkým až velmi nízkým obsahem CaO . Po provedené melioraci amfibolitovou moučkou se půdní prostředí v místech aplikace změnilo (tab. 1); acidita půdy je klasifikována (dle kritérií Lesprojektu 1983) převážně jako středně kyselá, přičemž zemina obvykle vykazuje střední až velmi dobrý obsah výše uváděných živin. Zlepšení půdního prostředí v bezprostředním okolí aplikace svědčí o postupném a déletrvajícím (7letém) uvolňování živin.

Zlepšené půdní prostředí vytváří předpoklady pro příznivější vývoj jedinců, projevující se u nich harmonickou výživou, intenzivnějším růstem a zlepšeným zdravotním stavem. Vyšší množství živin evidované v meliorované zemině se ale jednoznačně pozitivně neprojeвило ve

zvýšeném obsahu sledovaných látek v asimilačních orgánech smrku ztepilého (tab. 2). Jako pravděpodobnou příčinu považujeme nevhodné umístění amfibolitové moučky v zemině, respektive nedostatečné množství látky aplikované k jednotlivým stromkům. Jak prokázala dodatečně provedená šetření, hlavní část aktivních koncových kořenů se u patnáctiletých smrků nacházela v jiné vzdálenosti od kmínků (při výšce stromku 2 m ve vzdálenosti přibližně 3 m, při výšce 110 cm ve

Tab. 1: Analýza půdních vzorků v letech 1996 - 2002. Soil analysis in 1996 to 2002.

1)Datum odběru	2)Druh aplikace	5) Acidita půdy pH		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Nt	6)Humus
		H ₂ O	KCl						
20.6.1996	Kontrola	4,4	3,1	135	62	156	89	0,41	17,5
17.9.1996	3)Kontrola	4,8	3,1	147	116	319	188	0,60	23,9
	4)Amfibolit	5,0	3,2	204	122	631	240	0,77	29,0
15.9.1997	Kontrola	4,6	2,9	152	69	678	287	0,41	13,6
	Amfibolit	5,1	3,7	568	141	3227	874	0,54	18,2
10.9.1998	Kontrola	4,4	3,0	125	54	227	67	0,48	13,4
	Amfibolit	4,8	3,7	332	80	2533	333	0,28	10,3
22.9.1999	Kontrola	4,3	2,7	98	43	313	61	0,42	14,6
	Amfibolit	5,2	4,2	492	77	3467	460	0,43	17,5
9.10.2000	Kontrola	4,7	2,6	34	140	287	72	0,35	10,8
	Amfibolit	5,2	3,5	39	66	2100	140	0,58	16,8
18.7.2001	Kontrola	4,6	2,9	80	63	413	65	0,43	14,7
	Amfibolit	5,6	3,5	206	115	3133	220	0,28	9,2
4.10.2002	Kontrola	4,0	3,1	117	48	153	90	0,23	7,2
	Amfibolit	3,9	2,9	165	98	613	465	0,52	16,3

¹⁾Sampling date ²⁾Treatment ³⁾Control ⁴⁾Amphibolite ⁵⁾Soil acidity ⁶⁾Humus

Tab. 2: Množství základních živin a síry obsažené v jednoletých asimilačních orgánech smrku ztepilého v letech 1996 - 2002. Contents of basic nutrition elements and of sulphur in one-year-old assimilation organs of Norway spruce in years 1996 to 2002.

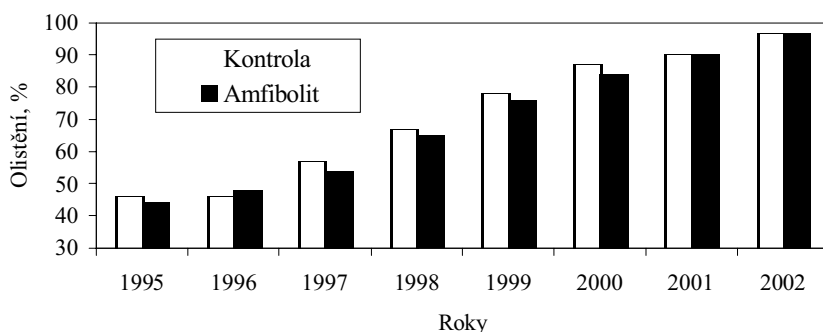
¹⁾ Datum odběru	²⁾ Druh aplikace	N	P	K	Ca	Mg	S	Si
		%						
17.9.1996	³⁾ Kontrola	1,45	0,23	0,42	0,29	0,081	0,196	
	⁴⁾ Amfibolit	1,52	0,23	0,49	0,31	0,089	0,217	
15.9.1997	Kontrola	1,63	0,21	0,48	0,38	0,064	0,126	0,250
	Amfibolit	1,50	0,23	0,45	0,43	0,062	0,102	0,250
8.10.1998	Kontrola	1,48	0,22	0,31	0,31	0,071	0,121	0,350
	Amfibolit	1,38	0,17	0,37	0,30	0,080	0,145	0,313
22.9.1999	Kontrola	1,62	0,27	0,44	0,36	0,109	0,158	0,299
	Amfibolit	1,46	0,23	0,44	0,30	0,090	0,089	0,318
9.10.2000	Kontrola	1,25	0,18	0,38	0,24	0,099	0,103	0,370
	Amfibolit	1,18	0,15	0,36	0,24	0,090	0,098	0,380
18.7.2001	Kontrola	1,39	0,21	0,59	0,46	0,101	0,088	0,383
	Amfibolit	1,14	0,18	0,46	0,39	0,110	0,085	0,280
4.10.2002	Kontrola	1,34	0,13	0,40	0,33	0,076	0,122	0,320
	Amfibolit	1,47	0,17	0,48	0,43	0,087	0,181	0,520

¹⁾Sampling date ²⁾Treatment ³⁾Control ⁴⁾Amphibolite

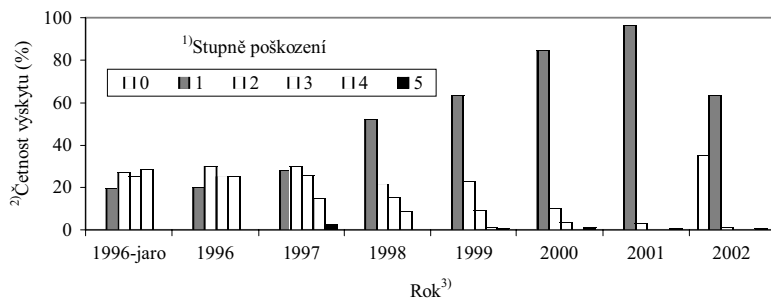
vzdálenosti okolo 150 cm od kmínku), takže živiny uvolňované z amfibolitové moučky nebyly rostlinami náležitě využívány. Tato skutečnost se potom zákonitě projevila v dalším vývoji kultur.

Významným faktorem ovlivňujícím zdravotní stav a růst kultur je jejich asimilační aparát. Jeho množství – olistění - hodnocené poměrem celkového množství asimilačních orgánů vyskytujících se na jedincích k množství teoreticky možnému v procentech, nebylo rovněž mezi ošetřenými a kontrolními neošetřenými jedinci odlišné; zjištěné rozdíly v množství asimilačních orgánů o 2 – 3 % lze přisoudit do rámce chyb vyplývajících z přesnosti měření. Jelikož v posledních sledovaných letech nedošlo k výraznějšímu biotickému poškození kultur ani k extrémním výkyvům v povětrnostních podmínkách spojených s výskytem mimořádných imisních situací, bylo souhlasně u obou variant každoročně pozorováno postupné (statisticky vysoce průkazné) zvyšování olistění (obr. 1). Vzhledem k nesignifikantním rozdílům zjištěným mezi ověřovanými způsoby ošetření jsou již další hodnocení vývoje kultur prováděna společně.

Při sledování vývoje olistění došlo v průběhu sedmiletého šetření k podstatným pozitivním změnám. Výrazným způsobem se zvětšil počet stromků s vysokým podílem (75 – 99 %) asimilačních orgánů; zatímco v létě 1996 bylo evidováno pouze 19 % stromků, v roce 2001 jich bylo již 96 %. V loňském roce se již dokonce vyskytlo navíc 35 % jedinců zcela zdravých se stoprocentním olistěním (obr. 2). Podíl stromků silně poškozených s malým podílem asimilačních orgánů (do 24 %) v průběhu sledování zcela zmizel.



Obr. 1: Vývoj průměrného olistění v jednotlivých letech u kontrolních a ošetřených (amfibolit) jedinců. Average foliation percentage (y axis) in treated (amfibolite) and control trees in particular years (x axis).

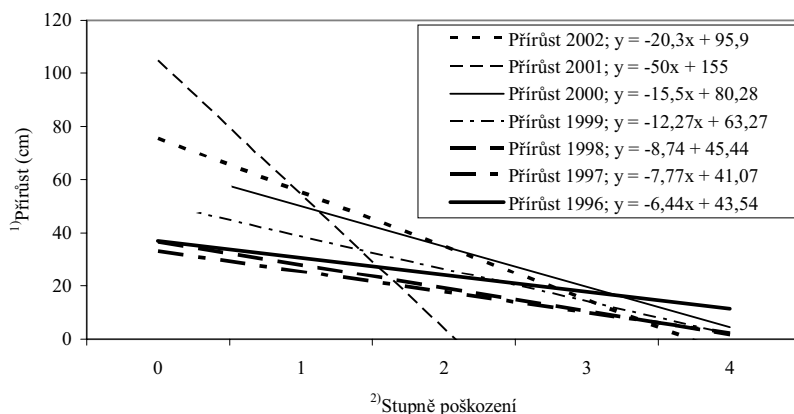


Obr. 2: Podíl jedinců (průměry ze smrků kontrolních a ošetřených amfibolitovou moučkou) vyskytujících se v jednotlivých stupních poškození (Výhláška Mze 289/1995 Sb.) ve sledovaném období let 1995 - 2002. Percentage of trees (average values of trees untreated and treated with amphibolite meal) in particular damage degrees (Directive of Ministry of Agriculture 289/1995) during years 1995 to 2002.

¹⁾Damage degrees, ²⁾Frequency (%), ³⁾Year

Za významné je možno považovat malou mortalitu (do konce roku 2002 činil celkový průměrný úhyn 5 % - tab. 3) evidovanou pouze u těch jedinců, kteří v roce 1996 vykazovali méně než 10 % olistění.

Šetření rovněž potvrdila poznatek o významu olistění na následný růst smrkových mlazin. Výškový růst se s přibývajícím množstvím asimilačních orgánů, resp. se snižujícím stupněm poškození stromů, významně pozitivně zvětšoval (obr. 3); korelační koeficienty ve



Obr. 3: Závislost výškového přírůstu v letech 1996 - 2002 na stupni poškození stromů (průměrné hodnoty ze srovnávaných skupin). Relation of height increment in 1996 - 2002 to degrees of damage (average values of compared groups). ¹⁾Increment (cm) ²⁾Damage degrees.

sledovaném období byly vysoce průkazné a pohybovaly se od hodnoty 0,302 do 0,667.

Na výškovém růstu a zdravotním stavu se podílí mimo olistění i fenotyp smrku ztepilého používaného při obnově lesa. Vhodný fenotyp je zapotřebí volit zejména z pohledu nebezpečí výskytu pozdních mrazů. Na plochách, kde se pozdní mrazy často vyskytují, nebo kde lze jejich výskyt předpokládat, je žádoucí preferovat pozdně rašící formy; omezí se tím poškození mladých výhonů a jejich asimilačních orgánů, což se mimo jiné příznivě projevuje i ve větším výškovém růstu (obr. 4).

Tab. 3: Růst a zdravotní stav smrkových kultur v letech 1996 - 2002. Growth and health state of spruce thickets in 1996 to 2002.

1) Datum odběru	2) Druh aplikace	5) Celková výška	6) Výškový přírůst	7) Průměr koř. krčku	8) Nepoškozené	9) Olistění	10) Jánkové výhony	11) Poškození termínál	12) Poškození mrazem	13) Suchý vrch	14) Úhyn
		cm		mm	%						
20.6.1996	³⁾ Kontrola ⁴⁾ Amfibolit	120 120 -				46 44 -					0 0
17.9.1996	Kontrola Amfibolit	142 140 -	21,5 19,8 -	34,6 35,5 -	96 97	46 48 -	52 53	14 12		4 3	0 0
15.9.1997	Kontrola Amfibolit	160 153 -	18,3 13,2 +		36 34	57 54 -		16 15	53 61	17 18	3 2
10.9.1998	Kontrola Amfibolit	185 176 -	24,8 23,1 -		53 55	67 65 -	4 2	44 34	37 36	8 13	0 0
16.8.1999	Kontrola Amfibolit	221 210 -	35,9 34,0 -		56 73	78 76 -		41 22		4 13	1 0
9.10.2000	Kontrola Amfibolit	275 256 -	54,0 46,3 -		98 93	87 84 -					0 2
18.7.2001	Kontrola Amfibolit	325 308 -	50,3 51,7 -		71 80	90 90 -	3 3	21 8		5 10	0 1
4.10.2002	Kontrola Amfibolit	388 370 -	63,1 61,7 -		85 92	97 96 -	13 7	2			0 1

¹⁾ Sampling date ²⁾ Treatment ³⁾ Control ⁴⁾ Amphibolite ⁵⁾ Height ⁶⁾ Height increment ⁷⁾ Root collar diameter ⁸⁾ Undamaged ⁹⁾ Foliation percentage ¹⁰⁾ Lammas shoots ¹¹⁾ Damaged leader ¹²⁾ Frost damage ¹³⁾ Dry top ¹⁴⁾ Mortality

Poznámka: - rozdily statisticky neprůkazné

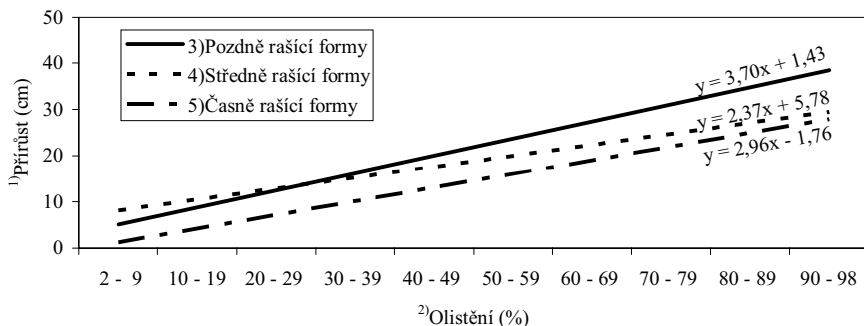
+ rozdily statisticky průkazné

U analyzovaných stromků dochází k vícenásobnému poškození, takže součet jednotlivých typů poškození včetně jedinců nepoškozených nemusí udávat hodnotu 100 %. Jedinci i s nízkým podílem olistění jsou v tomto šetření zařazeni do skupiny nepoškozených.

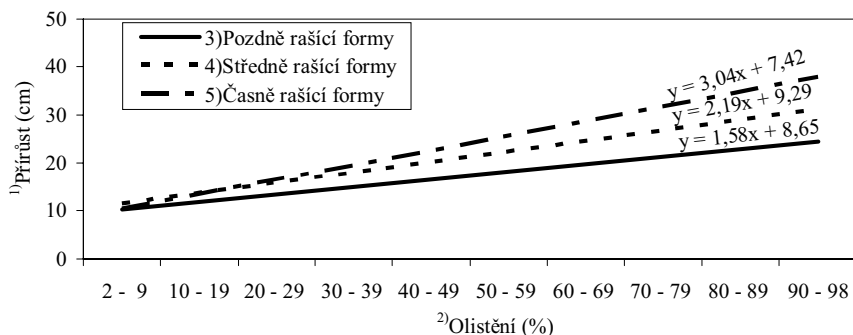
Footnote: - statistically insignificant differences

+ statistically significant differences

There are multiple damage in some analyzed trees and so summ of single damages including undamaged trees neednot equal to 100 percent. Trees with low foliation percentage are in these experiments graded into group of undamaged ones.



Obr. 4: Výškový přírůst při odlišném olistění v roce 1997 u kontrolních (neošetřených), různě rašících forem smrku ztepilého ovlivněného pozdními mrazy. Height increment of frost damaged control (untreated) spruces having different foliation percentage in 1997 with respect to type of budbreak. ¹) Increment (cm) ²) Foliation (%;) ³) Late budbreak ⁴) Medium budbreak ⁵) Early budbreak.



Obr. 5: Výškový přírůst při odlišném olistění v roce 1996 u kontrolních (neošetřených), různě rašících forem smrku ztepilého neovlivněného pozdními mrazy. Height increment of frost undamaged control (untreated) spruces having different foliation percentage in 1996 with respect to type of budbreak. ¹) Increment (cm) ²) Foliation (%;) ³) Late budbreak ⁴) Medium budbreak ⁵) Early budbreak.

V případě absence pozdních mrazů vykazují naopak časně rašící formy smrku ztepilého intenzivnější růst (obr. 5) v důsledku prodloužení růstového období.

ZÁVĚR

Na základě provedeného šetření lze konstatovat, že smrkové mlaziny poškozené v Krušných horách výraznou ztrátou asimilačních orgánů

během zimního období 1995/1996 vykazují v následujících sedmi letech podstatné zlepšení zdravotního stavu, a to v důsledku „normálního“ průběhu povětrnostních a imisních podmínek; u smrku ztepilého dochází k postupnému průkaznému zmnožení asimilačního aparátu, což pozitivně přispívá ke zvýšení výškového růstu. Potvrdil se rovněž vliv a význam fenotypu smrku ztepilého na odrůstání kultur v lokalitách poškozených pozdními mrazy. Aplikace meliorační amfibolitové moučky pro zlepšení růstu a zdravotního stavu poškozených smrkových mlazin se neprojevila; příčinu nezdaru spatřujeme v nízké použité dávce aplikační látky a jejím nevhodném umístění v půdě – tj. mimo dosah rozhodujícího množství kořenů omezeného růstu.

LITERATURA

- BADALÍK, V.: Poškození smrku ztepilého imisemi v zimě 1995/96 na Krušných horách. In: 50 let Krušnohorské kalamity (Sborník referátů.). Most 16. a 17. června 1997, Česká lesnická společnost MZe, LČR s. p. 1997, nestr.
- LOMSKÝ, B., HYNEK, V., PASUTHOVÁ, J., UHLÍŘOVÁ, H., ŠRÁMEK, V., BADALÍK, V.: Poškození lesních porostů v Krušných horách po zimě 1995/1996. Lesnická práce, 1996, č. 9, s. 325 – 327.
- LESPROJEKT: Pracovní postupy. 2. Hodnocení lesních půd. 1983. 5 str.
- RICHTER, W.: Stav lesních porostů na saské straně Krušných hor – stav poškození a nápravná opatření. In: 50 let Krušnohorské kalamity (Sborník referátů.). Most 16. a 17. června 1997, Česká lesnická společnost MZe, LČR s. p. 1997, nestr.
- Pozn.: Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru VÚLHM VS Opočno (CEZ:M06/99:01), "Pěstování lesa v ekotopech narušených antropogenní činností".

SUMMARY

Damage of assimilation apparatus of spruce stands occurred in the Ore Mts. during winter 1995/1996 due to long-term temperature decrease, prevailing wind flow in direction from source of air pollution (....), inversion weather, high concentration of carbon dioxide in air and long-term forming of glaze. Damaged needles got red and then died. Amphibolite meal in amount of 2.5 kg per tree was applied to one part of 120 cm high spruce thicket in order to improve the damaged individuals. Meal was worked in soil in annular ring 20 – 25 cm wide in distance of

1 m from tree stem. Health state and height growth of spruce were evaluated during subsequent 7 years.

Since no climatic or air pollution extreme occurred during experiment annual strong increment of assimilation organs with positive influence on height growth of plantings began. Regeneration was the same in trees treated with amphibolite and control trees due to improper amphibolite application (outside of occurrence of the major part of fine roots). Results confirmed also importance of use proper Norway spruce phenotype (form with late budbreak) in places damaged by late frosts.

Adresa autora:

Ing. Horst KRIEGEL, CSc.

VÚLHM – Výzkumná stanice

Na Olivě 550

517 73 Opočno

EXPERIMENTY S VÝCHOVOU POROSTŮ MODŘÍNU V KRUŠNÝCH HORÁCH

EXPERIMENTS WITH THINNING OF STANDS OF LARCH IN THE ORE MTS.

JIRÍ NOVÁK, MARIAN SLODIČÁK

ABSTRAKT

Porosty modřínu evropského (*Larix decidua* Mill.) tvoří v současné době ca 14 % podíl výměry porostů náhradních dřevin (PND) v Krušných horách. Cílem práce bylo zjistit, kdy je vhodné začít s výchovou modřínu a jaké výchovné zásahy jsou nejvhodnější ve vztahu k jejich funkci jako PND. Ke sledování uvedené problematiky byla v roce 1999 založena experimentální série Kalek (LS Červený Hrádek) a v roce 2001 experimentální série Kraslice (LS Kraslice). Experimenty se skládají z variant bez zásahu a variant s výchovným zásahem (negativní výběr převážně v úrovni). Bylo zjištěno, že modřínové kultury založené výsadbou 2,5 - 4 tisíc sazenic na jeden hektar se zapojují přibližně ve věku 10 let. Na kyselých stanovištích vyšších poloh (SLT 7K) je to při horní porostní výšce 5 - 6 m, kdežto na bohatších stanovištích nižších poloh (bývalá lesní školka SLT 5Q) při horní porostní výšce 8 - 9 m. Porosty jsou v tomto věku již značně diferencovány (d 2 - 15 cm). Reakce modřínových porostů na velmi silné výchovné zásahy negativním výběrem v podúrovni i v úrovni byla zjištěna v obou případech již v prvním roce po zásahu zvýšeným tloušťkovým přírůstem (resp. přírůstem na výčetní kruhové základně G). Navíc byl na prořezávaných plochách pozorován trend zpomalení výškového přírůstu, který se promítl do zastavení nárůstu štihlостního kvocientu. Přes relativně nepříznivé růstové podmínky imisních oblastí, přírůst na výčetní kruhové základně je nadprůměrný a přesahuje údaje z růstových tabulek. Současně byly téměř u 60 % jedinců sledovány tvarové vady, převážně jednostranná a dvoustranná křivost kmene. Předběžné závěry z experimentů potvrzují vhodnost včasných silnějších zásahů v modřínových porostech. Na lokalitách určených k přeměně se nabízí spojit tyto zásahy již s podsadbou cílových dřevin.

ABSTRACT

At present, European larch (*Larix decidua* Mill.) stands occupy ca 14% of substitute tree species (STS) stands area of the Ore Mts. The aim of the present study is to recognise, when it is possible to start with thinning and what kinds of thinning regimes are more suitable in larch stands with respect of their functions as STS stands. For this reason, two experimental series were established in young larch monocultures: Series Kalek in 1999 and series Kraslice in 2001. Both experiments consist of two partial comparative plots: control variant without thinning and variant with thinning (negative selection mainly from above). From the preliminary results of the experiments with thinning of young larch cultures in air polluted area of the Ore Mts. it can be concluded that canopy of larch stands originated from planting of 2.5 - 4 thousand plants per hectare is closing in growing conditions of the 7th Spruce with Beech Forest Vegetation Zone approximately at the top height of 5 - 6 m, while on more fertile sites of the 5th Beech with Fir Forest Vegetation Zone at the top height of 8 - 9 m (age of 10 - 12 years). At the period of canopy closure, the larch stands are deeply differentiated (dbh from 2 to 15 cm). Reaction of experimental larch stands on heavy thinning by negative selection was immediate and could be detected in the following vegetation period. In spite of air pollution, growth of experimental stands is supernormal and exceeds the data from growth tables. At the same time, 60% of individuals showed some malformations, mostly one-sided or two-sided stem curvature. Preliminary results from these two experimental series confirmed the suitability of proper, timely and heavy thinning of larch cultures. On localities suitable for stand conversion, thinning can be connected with underplanting with shade-tolerant target tree species.

Úvod

Jednou z dřevin, které byly využívány k zalesňování rozsáhlých imisních holin v Krušných horách, je modřín evropský (*Larix decidua* Mill.). Díky každoroční výměně asimilačních orgánů jsou modřínové porosty schopny lépe odolávat imisnímu zatížení, než ostatní jehličnaté dřeviny. Navíc mladé porosty snadno snášejí i poměrně drsné klimatické podmínky vyšších horských poloh (Balcar 1998). Vzniklé modřínové porosty byly v imisní oblasti Krušných hor ve většině případů hodnoceny jako vitální (Šindelář 1965, 1978, 1988).

V porostech náhradních dřevin zaujímá modřín v současné době 14 % podíl (Kubelka et al. 1992). Pěstební opatření v těchto porostech musí být podřízena zachování, popřípadě zlepšení jejich funkcí jako porostů náhradních nebo přípravných dřevin. Po postupném zapojování většinou monokulturních mladých porostů modřínu vzniká otázka časového a prostorového uspořádání prvních výchovných zásahů. Problematika výchovy modřínových porostů je v Krušných horách experimentálně řešena od roku 1999 a zhodnocením dílčích výsledků získaných do roku 2002 se zabývá tato práce.

METODIKA

Výzkum výchovy modřínových porostů v imisní oblasti Krušných hor probíhá v současné době na dvou experimentálních sériích na lesních správách Litvínov (experiment Kalek) a Kraslice (experiment Kraslice).

Experimentální série Kalek (revír Kalek, porost 214 A1z) byla založena v roce 1999 v tehdy 12letém porostu modřínu v nadmořské výšce 780 m (SLT 7K). Před zahájením experimentu (srpen 1999) bylo kromě analýzy srovnatelnosti provedeno také šetření zaměřené na zdravotní stav (olistění, poškození zvěří) a kvalitu porostů (křivost kmene). Zdravotní stav byl klasifikován ve třech stupních podle stavu asimilačního aparátu: 1 - zdravý, 2 - mírně poškozený, 3 - silně poškozený. Poškození zvěří (ohryz) bylo hodnoceno ve dvou stupních: 0 - nepoškozený, 1 - poškozený. Kvalita kmene (křivost) byla hodnocena u každého jedince ve třech stupních: 1 - rovný kmen, 2 - kmen s jednosměrnou křivostí, 3 - kmen s vícesměrnou křivostí.

Pokus se skládá ze dvou srovnávacích ploch (každá o výměře 500 m²). Plocha 1 je ponechána jako kontrolní a na ploše 2 byl v roce 2000 proveden první výchovný zásah (negativní výběr převážně v úrovni. Na obou srovnávacích plochách jsou každoročně sledovány základní

charakteristiky (výčetní tloušťka všech stromů a výška reprezentativního souboru stromů). Na sérii je také sledován vývoj stromů rostoucích v okrajových řadách a stromů rostoucích uvnitř porostu. Soubor 25 stromů rostoucích v souvislé řadě na okraji porostu je porovnáván se souvislou řadou 25 stromů rostoucích uvnitř porostu na srovnávací ploše 1. Odděleně byl hodnocen tloušťkový přírůst stromů v celých souborech (25 v každém souboru - d_{25}), po vyloučení slabých stromů (20 v každém souboru - d_{20}) a pouze u dominantních stromů (10 v každém souboru - d_{10}).

Experimentální série Kraslice byla založena na jaře roku 2001 (revír Kraslice, porost 737 B) na oploceném pozemku bývalé lesní školky v nadmořské výšce 560 m (SLT 5Q). Porost vznikl výsadbou v pravidelném sponu s počtem jedinců ca 2500 na jeden hektar a v době založení experimentu (před růstovou sezónou 2001) vykazoval věk 11 let a střední porostní výšku kolem 6 - 7 metrů. Na jaře 2001 byly v porostu vytyčeny dvě srovnávací plochy o výměře 1000 m² a zbytek prostoru v oplocence byl využit pro třetí plochu o velikosti 800 m². Po analýze srovnatelnosti byl na ploše 2 proveden první výchovný zásah, při kterém bylo negativním výběrem v úrovni i podúrovni odstraněno 43 % stromů reprezentujících 31 % výčetní kruhové základny. Výchozí stav na srovnávací ploše 3 se od prvních dvou ploch lišil především v růstových ukazatelích a proto bylo rozhodnuto zde provést velmi silnou redukci hustoty. Srovnávací plocha 1 byla ponechána bez zásahů jako kontrola. Současně s výchovnými zásahy byly na všech plochách zahájeny podsadby cílovými dřevinami (ve spolupráci s oddělením obnovy lesa VS Opočno).

Statistická analýza naměřených dat byla provedena pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1). Byly použity parametrické (t-test) a více výběrové neparametrické testy (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu - metoda mnohonásobného porovnávání pro t-rozdělení) při hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY

Experiment Kalek

Stav porostů před zahájením experimentu

V roce 1999 před prvními experimentálními zásahy se počet stromů pohyboval na obou srovnávacích plochách kolem 3400 na 1 hektar, výčetní kruhová základna dosahovala ca 12 m². Úvodním šetřením,

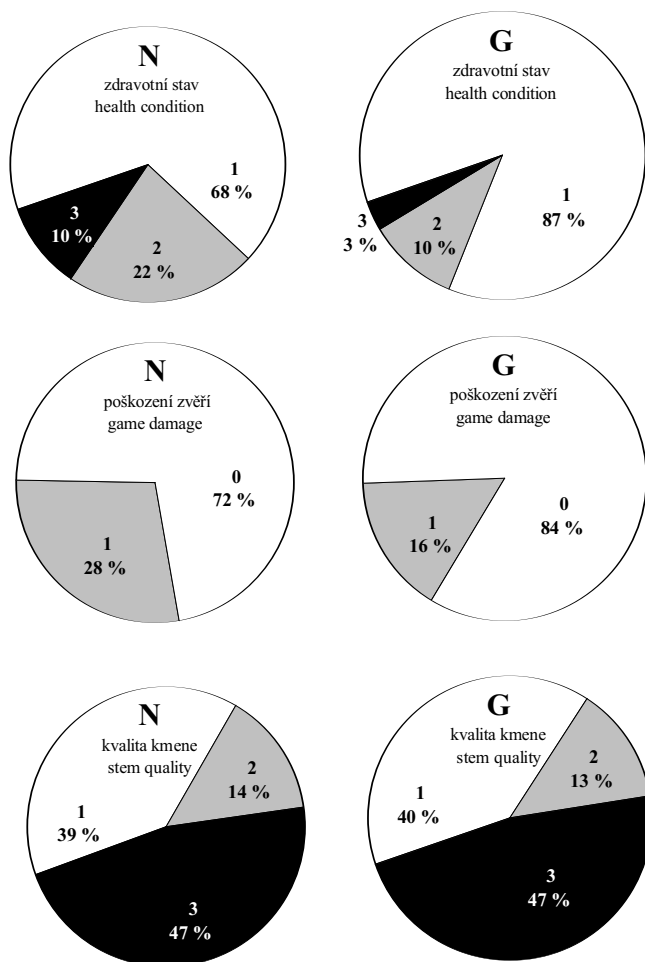
zaměřeným na zdravotní stav (olistění, poškození zvěří) a kvalitu porostů (křivost kmene, obr. 1 a 2), bylo zjištěno:

- * 22 % z celkového počtu stromů v porostu vykazuje mírné poškození asimilačních orgánů (zdravotní stav 2) a 10 % vykazuje poškození silné (zdravotní stav 3), přičemž nejvíce jsou poškozeny stromy v nižších tloušťkových stupních (do výčetní tloušťky 8 cm). Na celkové výčetní kruhové základně se tak stromy s poškozeným asimilačním aparátem podílejí pouze 13 % (10 % mírně poškozených a 3 % silně poškozených).
- * Na 28 % jedinců z celkového počtu stromů bylo identifikováno poškození zvěří (ohryz). Podobně jako u hodnocení zdravotního stavu, nejvíce jedinců poškozených zvěří bylo zjištěno v nižších tloušťkových stupních (do výčetní tloušťky 7 cm) představujících 16 % celkové výčetní kruhové základny porostu.
- * Pouze u 39 % jedinců byl klasifikován kmen jako rovný (kvalita kmene 1). Jednosměrná křivost (kvalita kmene 2) byla zaznamenána u 14 % jedinců. Nejvíce (47 %) byly v porostu zastoupeni jedinci s vícesměrnou křivostí kmene (kvalita kmene 3). Stromy s různou mírou křivosti kmene byly identifikovány ve všech tloušťkových stupních a tomu odpovídají i podíly jednotlivých klasifikačních stupňů na celkové výčetní kruhové základně (13 % jedinců s jednosměrnou křivostí a 47 % jedinců s křivostí vícesměrnou).

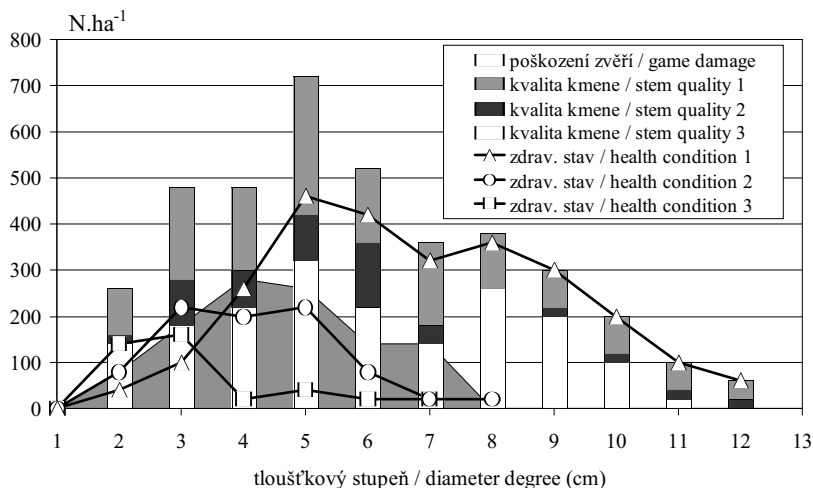
Struktura porostů

Před prvními experimentálními zásahy v roce 2000 (věk porostu 13 let) se počet stromů pohyboval na obou srovnávacích plochách od 3395 do 3420 na 1 hektar a výčetní kruhová základna dosahovala 14,3 m² (tab. 1). Také střední kmen vykazoval na obou plochách srovnatelné parametry: výčetní tloušťka 7,3 až 7,4 cm, výška 6,6 až 6,7 m a štíhlostní kvocient 91 až 92. Na počátku experimentu byly také podchyceny parametry souboru dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar). Podobně jako u středního kmene nebyly ani u parametrů dominantních stromů shledány statisticky významné rozdíly mezi srovnávacími plochami (výčetní tloušťka 12,3 cm, výška 8,3 až 8,5 m a štíhlostní kvocient 67 až 69).

Jak je zřejmé z obr. 3 nahoře, tloušťková struktura byla před zásahem na obou srovnávacích plochách již značně diferencovaná (tloušťky od 2 do 14, respektive 15 cm). Diferenciace podle růstové potence jednotlivých stromů je patrná rovněž na spádnosti kmenů, která ovlivňuje odolnost stromů vůči vrcholovým zlomům způsobovaným hlavně námrazou.



Obr.1: Hodnocení stavu modřínových porostů v roce 1999 (věk 12 let) na experimentální sérii Kalek podle podílů na celkovém počtu stromů (N) a celkové výčetní kruhové základně (G). Hodnocení zdravotního stavu - stav asimilačního aparátu (nahore): 1 - zdravý, 2 - mírně poškozený, 3 - silně poškozený. Poškození zvěří - ohryz (uprostřed): 0 - nepoškozený, 1 - poškozený. Kvalita kmene - křivost (dole): 1 - rovný kmen, 2 - kmen s jednosměrnou křivostí, 3 - kmen s vícesměrnou křivostí. Evaluation of larch stands in 1999 (age of 12 years) on experimental series Kalek by the portions of total number of trees (N) and total basal area (G). Evaluation of health condition - the state of foliage (above): 1 - health, 2 - light injury, 3 - heavy injury. Game damage - browsing (in the middle): 0 - without damage, 1 - with damage. Stem quality - curvature (below): 1 - direct stem, 2 - stem with one-side curvature, 3 - stem with two- or multi-side curvature.



Obr. 2: Tloušťková struktura modřínového porostu v roce 1999 (věk 12 let) na experimentální sérii Kalek s vyznačením hodnocení stavu v jednotlivých tloušťkových stupních (klasifikace viz obr. 1). Diameter distribution of larch stands in 1999 (age 12 years) on experimental series Kalek. Evaluation of condition is given in diameter degrees (see classification on fig.1).

V tloušťkových stupních 10 cm a výše se štíhlostní kvocient pohyboval v rozmezí od 80 do 60, zatímco v tloušťkových stupních 5 cm a níže v rozmezí 110 až 140.

Výchovným zásahem na srovnávací ploše 2 bylo odstraněno 53 % původního počtu stromů, což představovalo 46 % výčetní kruhové základny. Zásah měl charakter negativního výběru a byly při něm odstraňovány jedinci jak z podúrovně, tak z úrovně (obr. 3 nahoře). Za dva roky sledování (2001 a 2002) byl na kontrolní ploše 1 zaznamenán zvýšený výskyt nahodilé těžby (většinou souše 415 ks.ha⁻¹) zejména ve slabších tloušťkových stupních (obr. 3 uprostřed). Na srovnávací ploše 2 se zásahem za dobu sledování k nahodilé těžbě nedošlo. Po růstové sezóně 2002 bylo zjištěno na kontrolní ploše v přepočtu na jeden hektar 560 jedinců s výčetní tloušťkou do 5 cm a 120 jedinců s výčetní tloušťkou 15 cm a více (obr. 3 dole). Na situaci v porostu plochy 2 se projevilo, že výchovný zásah byl umístěný v porostu napříč tloušťkové struktury (výběr v úrovni i podúrovni). V přepočtu na jeden hektar zde bylo zjištěno 240 jedinců s výčetní tloušťkou do 5 cm a 80 jedinců s výčetní tloušťkou 15 cm a více.

Tab. 1: Základní údaje (se směrodatnými odchylkami) o výzkumné sérii Kalek.
Basic data (with standard deviations) from experimental series Kalek

Ukazatel ¹	Srovnávací plochy ²	Věk 13 let (2000) ³				Nahodilá těžba (NT) 13 až 15 let ⁷	Věk 15 let (2002) ⁸	Přírůst 13 až 15 let ⁹	Přírůst 13 až 15 let bez NT ¹⁰
		Před zásahem ⁴	Zásah ⁵		Po zásahu ⁶				
N (ks.ha ⁻¹)	1	3395±288	0	0	3395±288	415	2980±228	*	*
	2	3420±415	1800±458	53 %	1620±286	*	1620±286	*	*
G (m ² .ha ⁻¹)	1	14,29±2,90	0	0	14,29±2,90	0,67	19,15±2,97 ^s	5,53	4,86
	2	14,32±2,61	6,54±2,66	46 %	7,78±1,49	*	11,62±2,19 ^s	3,84	3,84
d (cm)	1	7,3±0,5	*	*	7,3±0,5	4,1	9,0±0,4	1,7	*
	2	7,4±1,1	6,8±2,2	*	7,9±0,9	*	9,6±0,9	1,7	*
h (m)	1	6,7±0,2	*	*	6,7±0,2	5,3	8,5±0,2	1,8	*
	2	6,6±0,5	6,4	*	6,9±0,4	*	8,5±0,4	1,6	*
h/d	1	91±3	*	*	91±3	129	94±2 ^s	3	*
	2	92±6	94	*	88±5	*	89±4 ^s	1	*
d ₂₀₀ (cm)	1	12,3±0,8	*	*	*	*	14,9±0,9	2,6	*
	2	12,3±0,9	*	*	*	*	14,6±1,6	2,3	*
h ₂₀₀ (m)	1	8,3±0,2	*	*	*	*	10,3±0,2	2,0	*
	2	8,5±0,2	*	*	*	*	10,3±0,4	1,8	*
h ₂₀₀ /d ₂₀₀	1	67±3	*	*	*	*	69±3	2	*
	2	69±3	*	*	*	*	71±4	2	*

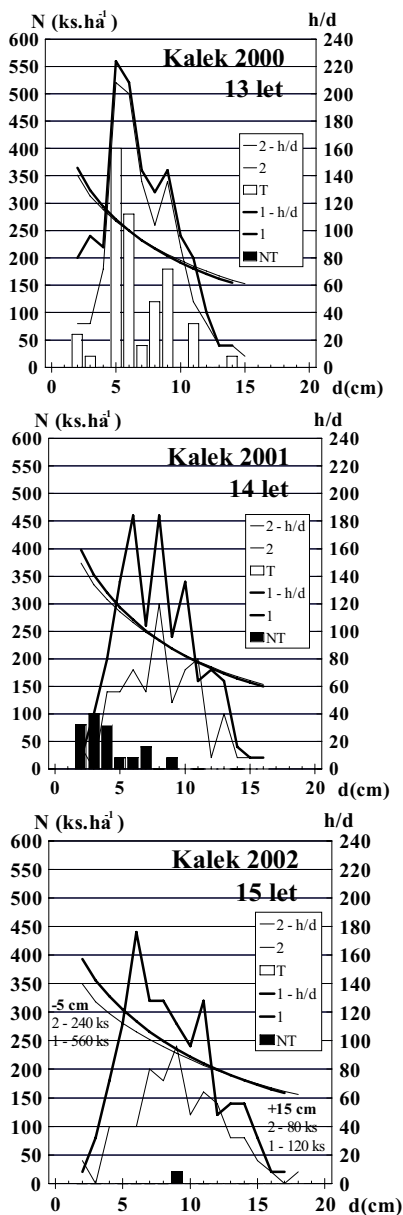
¹Index, ²Comparative plots, ³Age 13 years, ⁴Before thinning, ⁵Thinning, ⁶After thinning, ⁷Salvage cutting (SC) 13 – 15 years, ⁸Age 15 years, ⁹Increment 13 – 15 years, ¹⁰Increment 13 – 15 years without SC

^s statisticky významné rozdíly - $\alpha=0,05$ (statistically significant differences)

N – počet stromů (number of trees), G – výčetní kruhová základna (basal area), d – výčetní tloušťka (diameter at breast height), h – střední výška (mean height), h/d – štíhlostní kvocient (quotient of slenderness), d₂₀₀ – střední tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (mean diameter of 200 thickest trees per 1 ha), h₂₀₀ – výška 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (height of 200 thickest trees per 1 ha), h/d₂₀₀ – štíhlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (quotient of slenderness of 200 thickest trees per 1 ha)

Srovnávací plochy (Comparative plots): 1 – kontrolní plocha bez zásahu (control plot without thinning), 2 – srovnávací plocha se zásahem (comparative plot with thinning)

Ve věku porostu 15 let (2002) tak zůstalo na kontrolní ploše na jeden hektar 2980 jedinců a na ploše se zásahem 1620 jedinců (příloha 2 a 3). Původně (2000) téměř identická výčetní kruhová základna byla vlivem silného zásahu na ploše 2 klasifikována v roce 2002 jako statisticky významně rozdílná (plocha 1 kontrolní 19,15 m², plocha 2 se zásahem 11,62 m²). Výčetní kruhová základna se tak za dva roky sledování na kontrolní ploše zvýšila o 34 %, zatímco na probrané ploše 2 o 49 %. Parametry středního kmene na srovnávacích plochách nevykazovaly



Obr. 3: Tloušťková struktura na srovnávacích plochách experimentu Kalek v letech 2000 až 2002 (věk 13 až 15 let) s vyznačením výchovného zásahu (T), nahodilé těžby (NT) a štíhlostního koeficientu (h/d). 1 - kontrolní plocha bez úmyslných zásahů, 2 - plocha s výchovnými zásahy. Diameter distribution on comparative plots of experiment Kalek in 2000 - 2002 (age of 13 - 15 years). Thinning (T), salvage cutting (NT) and quotient of slenderness (h/d) are marked. 1 - control plot without thinning, 2 - plot with thinning.

statisticky významné rozdíly (výčetní tloušťka 9,0 až 9,6 cm a výška 8,5 m) s výjimkou štíhlostního kvocientu, který dosahoval na kontrolní ploše hodnoty 94, zatímco na ploše se zásahem hodnoty 89. Soubory dominantních stromů (200 nejsilnějších stromů na jeden hektar) se dva roky po zásahu na obou srovnávacích plochách statisticky významně nelišily ani v jednom z analyzovaných parametrů (výčetní tloušťka 14,6 až 14,9 cm, výška 10,3 m a štíhlostní kvocient 69 až 71).

Porovnání okrajové a vnitřní řady

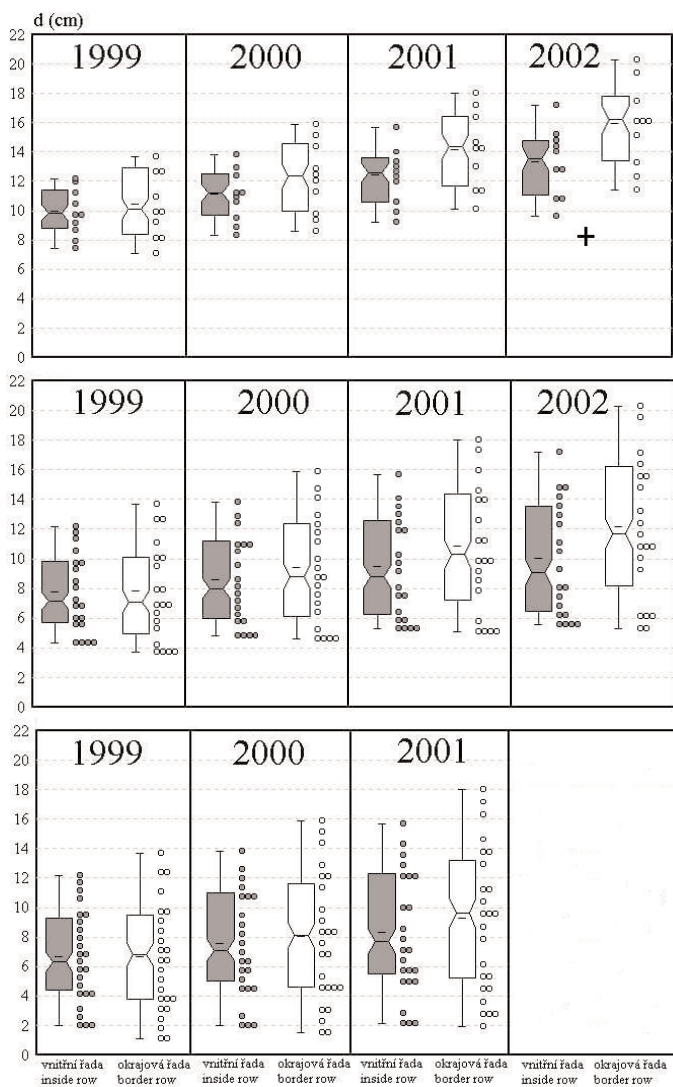
Jak naznačuje předchozí analýza, krátký časový interval od provedení zásahu prozatím neumožňuje kompletní vyhodnocení reakce vychovávaného porostu. Jako předběžný odhad očekávané reakce modřínových porostů na výchovné zásahy může posloužit srovnání vývoje stromů rostoucích v okrajových řadách a stromů rostoucích uvnitř porostu. Do sledování jsou zahrnuty soubory stromů (vždy 25 po sobě následujících jedinců) z okrajové řady a sousední vnitřní řada (25 jedinců).

V roce 1999 (věk 12 let) byla střední výčetní tloušťka obou souborů identická (6,7 cm) s poměrně značnými rozptyly indikujícími velkou růstovou diferenciaci modřínu zejména na okrajích porostu. Po vyloučení nejtenších jedinců (varianta d_{20}), stejně jako při vyhodnocení pouze deseti nejsilnějších jedinců (varianta d_{10}), se výchozí průměrná tloušťka stromů obou srovnávaných souborů statisticky významně nelišila a rovněž rozptyly byly vždy větší v okrajové řadě (obr. 4, tab. 2).

V následujících letech 2000 a 2001 (věk porostu 13 a 14 let) již byly ve výčetní tloušťce souborů stromů zaznamenány rozdíly, a to vždy ve prospěch stromů na okraji porostu. Tento trend, zaznamenaný ve všech třech hodnocených souborech d_{25} , d_{20} a d_{10} , však nebyl vzhledem ke značným rozptylům hodnot statisticky průkazný (tab. 2).

Po růstové sezóně roku 2002 (po 3 letech sledování) bylo z analýzy vyloučeno hodnocení souborů d_{25} , protože ve vnitřní hodnocené řadě došlo k přirozenému odumření čtyř tloušťkově nejslabších jedinců. Výčetní tloušťka souboru d_{20} dosahovala v tomto roce na okraji 12,2 cm a uvnitř porostu 10,1 cm, přičemž zaznamenaný rozdíl byl opět pod zvolenou hranicí statistické průkaznosti. U porovnání souborů deseti nejsilnějších stromů d_{10} už byly rozdíly statisticky průkazné (výčetní tloušťka na okraji 15,9 cm a uvnitř porostu 13,3 cm).

Roční tloušťkový přírůst sledovaných souborů stromů v letech 2000 až 2002 (věk 13 až 15 let) kolísal. U souborů všech stromů d_{25} se pohyboval



Obr. 4: Porovnání výčetní tloušťky (d) jedinců modřínů v závislosti na postavení ve vnitřní a okrajové řadě v letech 1999 až 2002 (věk 12 až 15 let) na experimentu Kalek. Hodnocené soubory: dole - d_{25} celá řada ($n = 25$, rok 2002 nehodnocen), uprostřed - d_{20} bez slabých stromů ($n = 20$), nahoře - d_{10} pouze silné stromy ($n = 10$). + - statisticky průkazné rozdíly.

Comparison of diameter at breast height (d) of larch trees in connection with position in inside and border row in 1999 - 2002 (age of 12 - 15 years) on experiment Kalek. Analysed data sets: below - d_{25} all trees ($n = 25$, year 2002 was not evaluated), in the middle - d_{20} without thin trees ($n = 20$), above - d_{10} only thick trees ($n = 10$). + - statistically significant differences.

mezi hodnotami 1,2 až 1,3 cm v okrajové řadě a 0,7 až 0,8 cm v řadě uvnitř porostu. Pro soubory stromů d_{20} byly zjištěny hodnoty 1,3 až 1,6 cm v okrajové řadě a 0,6 až 0,9 cm v řadě uvnitř porostu. Nejvyšší roční přírůsty byly podle očekávání zaznamenány u souborů stromů d_{10} , a to 1,8 až 1,9 cm v okrajové řadě a 0,9 až 1,3 cm v řadě vnitřní. Na zvolené hladině významnosti ($\alpha = 0,05$) byl ve všech letech sledování roční tloušťkový přírůst klasifikován průkazně vyšší v okrajové řadě než v řadě vnitřní (obr. 5, tab. 2).

Zvýšený tloušťkový přírůst jedinců v okrajové řadě porostu se projevuje na zlepšení jejich statických vlastností. Ve všech letech sledování a u všech hodnocených souborů (d_{25} , d_{20} a d_{10}) byly zjištěny příznivější hodnoty štíhlostního kvocientu u jedinců z okrajové řady (tab. 2).

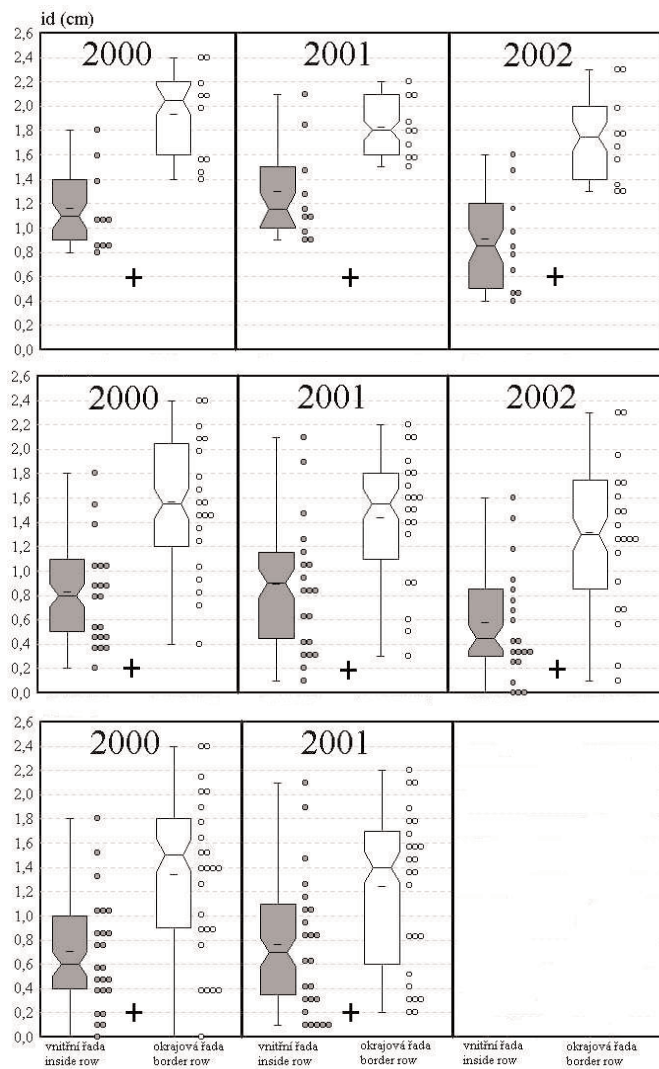
Popsaný vývoj volných jedinců z okraje porostu ukazuje na možnost zlepšit růst a statické vlastnosti jedinců uvnitř porostu provedením výchovných zásahů v této věkové fázi (do 15 let).

Experiment Kraslice

Struktura porostů

Před prvními experimentálními zásahy (ve věku 11 let) se počet stromů pohyboval na srovnávacích plochách od 2370 do 2625 na 1 hektar a výčetní kruhová základna od ca 15 do 22 m² (tab. 3). Tloušťka středního kmene se pohybovala od ca 8,6 do 10,7 cm a střední porostní výška od 6,8 do 8,2 m. Z tabulky je zřejmé, že základní údaje (N, G, d) jsou na srovnávacích plochách 1 a 2 téměř shodné (rozdíly statisticky nevýznamné), na srovnávací ploše 3 je však přes mírně vyšší hustotu patrné zaostávání v růstu. Vzhledem k tomu, že cílem pokusu je zejména výzkum výchovy modřínových porostů s ohledem na jejich přeměny podsadbami cílových dřevin, byla tato třetí srovnávací plocha vzata do evidence a zahrnuta do experimentu.

Po úvodním statistickém šetření byly provedeny první výchovné zásahy, při nichž bylo na srovnávací ploše 2 odstraněno 43 % stromů (31 % G) a na ploše 3 - 59 % stromů (49 % G). Jak je patrné z tloušťkové struktury (obr. 6), redukce byla provedena v podstatě napříč tloušťkovými stupni uplatněním negativního výběru. Intenzita zásahu se řídila potřebou dostatečně prosvětlit porostní prostředí pro bezprostředně následující podsadby cílovými dřevinami. Odstraněním nejlabilnější podúrovně se také zlepšily statické vlastnosti probraných porostů (klesl štíhlostní kvocient středního kmene na srovnávací ploše 2 z hodnoty 78 na 74 a na ploše 3 z hodnoty 79 na 76).



Obr. 5: Porovnání tloušťkového přírůstu (*id*) jedinců modřinu v závislosti na postavení ve vnitřní a okrajové řadě v letech 1999 až 2002 (věk 12 až 15 let) na experimentu Kalek. Hodnocené soubory: dole - d_{25} celá řada ($n = 25$, rok 2002 nehodnocen), uprostřed - d_{20} bez slabých stromů ($n = 20$), nahoře - d_{10} pouze silné stromy ($n = 10$). + - statisticky průkazné rozdíly. Comparison of diameter increment (*id*) of larch trees in connection with position in inside and border row in 1999 - 2002 (age of 12 - 15 years) on experiment Kalek. Analysed data sets: below - d_{25} all trees ($n = 25$, year 2002 was not evaluated), in the middle - d_{20} without thin trees ($n = 20$), above - d_{10} only thick trees ($n = 10$). + - significant differences.

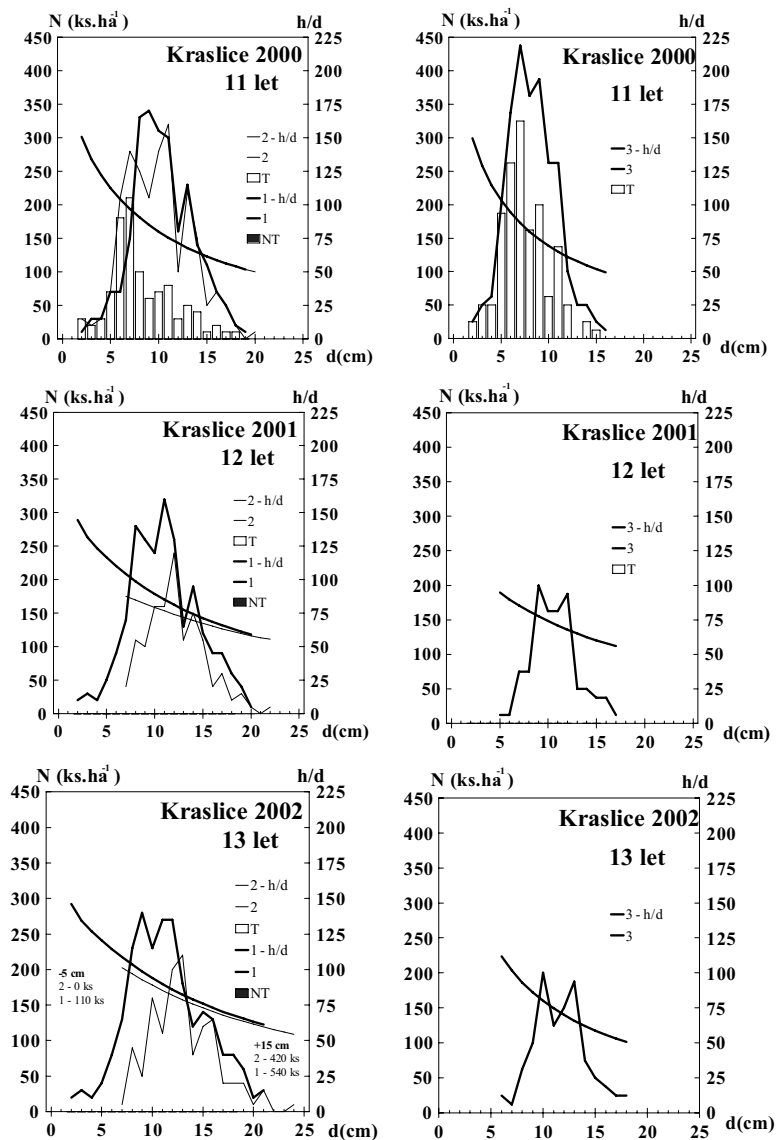
Tab. 2: Porovnání růstu modřínu v závislosti na postavení uvnitř porostu a na okraji na experimentu Kalek. Comparison of growth of larch in connection with position in border and inside row on experiment Kalek.

Věk (rok) ¹	Ukazatel ²	Všechny stromy (n=25) ³				Bez slabých stromů (n = 20) ⁴				Pouze silné stromy (n = 10) ⁵			
		Vnitřní řada ⁶		Okrajová řada ⁷		Vnitřní řada ⁶		Okrajová řada ⁷		Vnitřní řada ⁶		Okrajová řada ⁷	
		Sx		Sx		Sx		Sx		Sx		Sx	
12 (1999)	d (cm)	6,7	3,1	6,7	3,6	7,8	2,5	7,8	3,1	10,0	1,5	10,4	2,1
13 (2000)	d (cm)	7,5	3,5	8,0	4,2	8,6	2,9	9,4	3,6	11,1	1,7	12,4	2,3
	id (cm)	0,7	0,5	1,3	0,7	0,8	0,4	1,6	0,5	1,2	0,3	1,9	0,4
	h (m)	6,3	1,7	6,0	1,9	6,9	1,1	6,7	1,4	7,9	0,6	7,9	0,7
	h/d	95	25	87	27	86	15	77	16	72	6	65	9
14 (2001)	d (cm)	8,3	4,0	9,3	4,8	9,5	3,3	10,8	4,1	12,4	1,9	14,2	2,5
	id (cm)	0,8	0,6	1,2	0,6	0,9	0,5	1,4	0,5	1,3	0,4	1,8	0,2
	h (m)	7,2	2,0	6,7	2,1	7,9	1,3	7,5	1,6	8,9	0,9	8,8	0,7
	h/d	99	28	84	24	89	17	74	15	73	6	63	7
15 (2002)	d (cm)	*	*	*	*	10,1	3,7	12,2	4,6	13,3	2,2	15,9	2,7
	id (cm)	*	*	*	*	0,6	0,5	1,3	0,6	0,9	0,4	1,8	0,4
	h (m)	*	*	*	*	8,7	1,6	8,5	1,6	10,1	0,8	9,8	0,6
	h/d	*	*	*	*	93	17	77	23	77	9	63	8

¹Age (year), ²Index, ³All trees, ⁴without thin trees, ⁵Only thick trees,
⁶Inside row, ⁷Border row

d – výčetní tloušťka (diameter at breast height), id – tloušťkový přírůst (diameter increment), h – výška (height), h/d – štíhlostní kvocient (quotient of slenderness), Sx – směrodatná odchylka (standard deviation)

Tloušťková struktura byla před zásahem na všech třech srovnávacích plochách již značně diferencovaná (tloušťky od 2 do 16 - 20 cm, obr. 6). Diferenciace podle růstu jednotlivých stromů je patrná rovněž na spádnosti kmenů, která ovlivňuje odolnost stromů vůči vrcholovým zlomům způsobovaným hlavně námrazou. V tloušťkových stupních 10 cm a výše se štíhlostní kvocient pohyboval v rozmezí od 75 do 50, zatímco v tloušťkových stupních 5 cm a níže v rozmezí 110 až 150.



Obr. 6: Tloušťková struktura na srovnávacích plochách experimentu Kraslice v letech 2000 až 2002 (věk 11 až 13 let) s vyznačením výchovného zásahu (T), nahodilé těžby (NT) a štiřlostního koeficientu (h/d). 1 - kontrolní plocha bez úmyslných zásahů, 2 - plocha se silným výchovným zásahem, 3 - plocha s velmi silným výchovným zásahem. Diameter distribution on comparative plots of experiment Kraslice in 2000 - 2002 (age of 11 - 15 years). Thinning (T), salvage cutting (NT) and quotient of slenderness (h/d) are marked. 1 - control plot without thinning, 2 - plot with heavy thinning, 3 - plot with very heavy thinning.

Již dva roky po výchovném zásahu (2002) byly ve sledovaných porostech zaznamenány určité změny (tab. 3). Výčetní kruhová základna se na kontrolní ploše zvýšila o 24 %, zatímco na probraných plochách 2 a 3 o 39 a 56 %. Stejným způsobem je patrný vliv zásahů také na výčetní tloušťku středního kmene, která se na kontrolní ploše zvýšila o 11 % a na srovnávacích plochách 2 a 3 o 18 a 25 %. Naopak z výškových údajů je patrná tendence zpomalení výškového růstu na plochách 2 a 3 s uvolněným zápojem ve srovnání s kontrolním porostem. To se projevilo na změnách štíhlostního kvocientu, který na kontrole stoupl o 12 %, zatímco na ploše 2 pouze o 4 % a na ploše 3 se dokonce o 8 % snížil. Změny v horním stromovém patře (200 nejsilnějších stromů na 1 hektar) jsou mnohem méně výrazné. Největší tloušťkový přírůst (d_{200}) a výškový přírůst (h_{200}) byl zaznamenán v kontrolním porostu. Rozdíly mezi variantami jsou statisticky nevýznamné s výjimkou srovnávací plochy 3, která se od zbylých dvou variant odlišovala v některých parametrech (G , d , d_{200}) již před zahájením experimentu. Zřetelné zpomalování výškového růstu h_{200} na proředených variantách 2 a 3 se promítlo do pomalejšího nárůstu štíhlostního kvocientu h/d_{200} . Před zahájením pokusu v roce 2000 (věk 11 let) byly hodnoty štíhlostního kvocientu h/d_{200} na všech třech variantách srovnatelné (hodnoty 57 až 58). Dva roky po zásahu (2002 - věk 13 let) došlo na variantách 1 (kontrola) a 2 (silný zásah) k téměř identickému zvýšení h/d_{200} na hodnoty 65 až 66. Pouze na variantě 3 (velmi silný zásah) se hodnota h/d_{200} téměř nezměnila, a zaznamenaná hodnota 58 je statisticky průkazně nižší než na zbylých variantách experimentu.

Porovnání změn v tloušťkové struktuře porostů lze provést pouze u porostů na variantách 1 a 2, které byly před zahájením pokusu téměř identické (obr. 6). Provedený zásah na variantě 2 se projevil především ve slabších tloušťkových stupních, kde nebyl v roce 2002 zaznamenán žádný jedinec s výčetní tloušťkou do 5 cm, zatímco v kontrolním porostu jich bylo zjištěno 110 na jeden hektar. Charakter zásahu (odstraněny i úrovňové stromy) ovlivnil celkový počet silnějších jedinců (s výčetní tloušťkou 15 cm a více), jichž bylo v roce 2002 na variantě 2 identifikováno méně ($420 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$) než v porostu kontrolním ($540 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$).

DISKUSE

Jak již bylo zmíněno v úvodu, je modřín pro svou relativní odolnost k působení škodlivých činitelů vhodný k zakládání náhradních porostů

Tab. 3: Základní údaje (se směrodatnými odchylkami) o výzkumné sérii Kraslice. Basic data (with standard deviations) from experimental series Kraslice.

Ukazatel ¹	Srovnávací plochy ²	Věk 11 let (2000) ³			Nahodilá těžba (NT) 11 až 13 let ⁷	Věk 13 let (2002) ⁸	Přírůst 11 až 13 let ⁹	Přírůst 11 až 13 let bez NT ¹⁰
		Před zásahem ⁴	Zásah ⁵		Po zásahu ⁶			
N (ks.ha ⁻¹)	1	2440±331	0	*	2440±331	*	2440±331	*
	2	2370±479	1020±382	43 %	1350±237	10	1340±227	*
	3	2625±433	1550±393	59 %	1075±183	*	1075±183	*
G (m ² .ha ⁻¹)	1	22,14±4,41	0	*	22,14±4,41	*	27,51±5,51 ^s	5,37
	2	20,06±3,45	6,30±1,27	31 %	13,76±3,05	0,09	19,06±3,98 ^s	5,39
	3	14,95±1,72 ^s	7,30±2,08	49 %	7,65±1,06	*	11,96±1,48 ^s	4,31
d (cm)	1	10,7±0,9	*	*	10,7±0,9	*	11,9±1,0	1,2
	2	10,5±1,4	9,3±2,1	*	11,4±1,3	10,7	13,5±1,5 ^s	2,1
	3	8,6±0,7 ^s	7,8±0,6	*	9,6±1,1	*	12,0±1,3	2,4
h (m)	1	8,2±0,3	*	*	8,2±0,3	*	10,3±0,4	2,1
	2	8,1±0,4	7,7±0,7	*	8,4±0,3	9,2	10,4±0,5	2,0
	3	6,8±0,3	6,7±0,8	*	7,2±0,4	*	8,4±0,2	1,2
h/d	1	77±4	*	*	77±4	*	86±4 ^s	9
	2	78±6	84±9	*	74±5	86	77±4 ^s	3
	3	79±2	88±16	*	76±3	*	70±5 ^s	-6
d ₂₀₀ (cm)	1	16,4±1,0	*	*	*	*	18,8±1,2	2,4
	2	16,3±1,2	*	*	*	*	18,6±2,0	2,3
	3	13,3±1,1 ^s	*	*	*	*	15,5±1,5 ^s	2,2
h ₂₀₀ (m)	1	9,5±0,2	*	*	*	*	12,4±0,3	2,9
	2	9,5±0,2	*	*	*	*	11,9±0,5	2,4
	3	7,5±0,2	*	*	*	*	8,9±0,2	1,4
h ₂₀₀ /d ₂₀₀	1	58±3	*	*	*	*	66±3	8
	2	58±3	*	*	*	*	65±4	7
	3	57±3	*	*	*	*	58±4 ^s	1

¹ Index, ² Comparative plots, ³ Age 11 years, ⁴ Before thinning, ⁵ Thinning, ⁶ After thinning, ⁷ Salvage cutting (SC) 11 – 13 years, ⁸ Age 13 years, ⁹ Increment 11 – 13 years, ¹⁰ Increment 11 – 13 years without SC

^s statisticky významné rozdíly - $\alpha=0,05$ (statistically significant differences)

N – počet stromů (number of trees), G – výčetní kruhová základna (basal area), d – výčetní tloušťka (diameter at breast height), h – střední výška (mean height), h/d – štihostní kvocient (quotient of slenderness), d₂₀₀ – střední tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (mean diameter of 200 thickest trees per 1 ha), h₂₀₀ – výška 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (height of 200 thickest trees per 1 ha), h/d₂₀₀ – štihostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 ha (quotient of slenderness of 200 thickest trees per 1 ha)

Srovnávací plochy (Comparative plots): 1 – kontrolní plocha bez zásahu (control plot without thinning), 2 – srovnávací plocha se zásahem – negativní výběr v úrovni i podúrovni (comparative plot with thinning – negative selection from above and below), 3 – srovnávací plocha s velmi silným zásahem (comparative plot with very heavy thinning)

v imisních oblastech (Šindelář 1994). Pěstování modřínu v monokultuře se všeobecně považuje za nevhodné a v praxi stále chybí dostatek informací o pěstování takovýchto porostů. Zanedbání výchovy a ponechávání nadměrné hustoty porostů může již ve věku kolem 10 let vést k nepříznivému vývoji výškového růstu modřínů (Šindelář 1974).

V imisních oblastech mají vzniklé modřínové monokultury plnit především funkce porostů náhradních dřevin a tomu je třeba podřídit i pěstební opatření s cílem stabilizovat současné porosty, zlepšit jejich funkční účinky a připravit je k přeměnám. Výhody použití modřínu k tvorbě PND jsou i v jeho působení na prostředí, kdy ve srovnání se smrkem propouští ve vegetační době pod porost nejenom relativně velkou část světla, ale i srážek (Lang 1971).

Zjištěná značná tloušťková diferenciaci v porostech obou sledovaných experimentů koresponduje s výsledky zjištěnými v nižších polohách (Klíma 1997, Kantor, Pařík 1998), podle kterých modřín, přestože patří mezi světlomilné dřeviny, dokáže přežívat poměrně dlouho v podúrovni. Na obou námi sledovaných experimentech (Kalek a Kraslice) byl v podúrovni zjištěn značný počet životaschopných jedinců s výčetní tloušťkou 2 - 3 cm.

Krátký časový interval od provedení zásahu prozatím neumožňuje kompletní vyhodnocení reakce vychovávaného porostu. Jako předběžný odhad očekávané reakce modřínových porostů na výchovné zásahy posloužilo srovnání vývoje stromů rostoucích v okrajových řadách a stromů rostoucích uvnitř porostu (experiment Kalek). Byly zjištěny vysoce signifikantní rozdíly v hodnotách tloušťkového přírůstu modřínu ve prospěch volných jedinců na okraji porostu. Tato skutečnost naznačuje, že dynamika růstu mladých modřínových porostů bude zřejmě vyžadovat i kratší interval výchovných zásahů. Odpovídající výchova je důležitá i v dalších fázích vývoje modřínových porostů, kdy se její zanedbání projevuje zmenšením přírůstu (Klíma 1990).

Volně rostoucí stromy v okraji porostu (experiment Kalek) vykazovaly lepší statické vlastnosti (příznivější štíhlostní kvocient) než stromy uvnitř kontrolního porostu bez výchovného zásahu. Provedení výchovného zásahu (uvolnění zápoje) by tak mělo vést ke zlepšení statické stability modřínových porostů. Podle předběžných výsledků (pouze 2 roky po zásahu) byl tento trend na variantách s výchovou zaznamenán, a to na obou popisovaných experimentech (Kalek a Kraslice). V Krušných horách je odpovídající statická stabilita modřínových porostů jedním z hlavních předpokladů jejich přežití v extrémních podmínkách imisní

oblasti, kde je častý výskyt zlomů a ohnutí kmene a koruny (Fabiánek et al. 1997).

Dřevoprodukční funkce modřínových porostů v oblasti Krušných hor nemusí být jednoznačně v pozadí. V hospodářských lesích patří modřín evropský bezesporu k domácím nejproduktivnějším dřevinám (Petráš, Mecko 1994). Od této dřeviny lze očekávat nejen velmi dobrou kvantitu, ale i kvalitu produkce.

V této studii prezentuje lokality s větším imisním zatížením experiment Kalek (780 m n. m.), kde bylo v roce 1999 identifikováno 22 % z celkového počtu stromů v porostu s mírným poškozením asimilačních orgánů a 10 % s poškozením silným. Nejvíce byly poškozeny stromy v nižších tloušťkových stupních (do výčetní tloušťky 8 cm), podílejících se na celkové výčetní kruhové základně pouze 13 % (10 % mírně poškozených a 3 % silně poškozených). Na celkové kvalitě porostu se projevuje i poškození zvěří (ohryz). Podobně jako u hodnocení zdravotního stavu jsou nejvíce poškozeny stromy v nižších tloušťkových stupních (do výčetní tloušťky 7 cm).

Jiná situace nastala při hodnocení kvality kmene sledovaných jedinců. Pouze u 39 % jedinců byl klasifikován kmen jako rovný (kvalita kmene 1). Jednosměrná křivost (kvalita kmene 2) byla zaznamenána u 14 % jedinců. Nejvíce (47 %) byly v porostu zastoupeni jedinci s vícesměrnou křivostí kmene (kvalita kmene 3). Pro následný vývoj porostu z hlediska plnění produkční funkce je důležité zjištění, že stromy s různou mírou křivostí kmene byly identifikovány ve všech tloušťkových stupních. Tomu odpovídají i podíly jednotlivých klasifikačních stupňů na celkové výčetní kruhové základně (13 % jedinců s jednosměrnou křivostí a 47 % jedinců s křivostí vícesměrnou). Pokud jde o kvantitu produkce, vykazuje sledovaný 15letý modřínový porost, zařazený pomocí taxačních tabulek (ÚHÚL, VÚLHM 1990) podle střední výšky do výškové bonity (AVB) 32, nadprůměrný růst ($G_{\text{skut.}} = 19 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, $G_{\text{tab.}} = 16 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Větší požadavky na plnění dřevoprodukční funkce budou zřejmě kladeny na modřínové porosty v nižších polohách. Tyto lokality prezentuje v naší studii experiment Kraslice. Sledované porosty jsou oploceny, takže poškození zvěří je eliminováno. Poměrně dobrá imisní situace lokality zatím nevyžaduje ani podrobné provedení hodnocení zdravotního stavu. Analýza kvality kmene sledovaných jedinců bude podle metodiky experimentu provedena po růstové sezóně 2003. Již nyní však lze konstatovat, že sledované modřínové porosty vykazují nadprůměrný růst. V roce 2002 13letý porost, zařazený pomocí taxačních tabulek (ÚHÚL,

VÚLHM 1990) podle střední výšky do výškové bonity (AVB) 36 ($G_{\text{tab.}} = 19 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), dosáhl výčetní kruhové základny $27 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Jedním z důvodů zvýšeného růstu porostů na experimentu Kraslice je s největší pravděpodobností zvýšený produkční potenciál v minulosti obdělávané půdy (bývalá lesní školka). Výčetní kruhová základna kontrolního porostu tak přesahuje i údaje uváděné v zahraničních tabulkách (Marschall 1992) pro modřínové porosty nejlepších bonit ve Švýcarsku (ve věku 20 let $G_{\text{tab.}} = 25 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$).

ZÁVĚR

Přestože jsou experimenty s výchovou modřínových porostů v Krušných horách v počátcích, lze získané poznatky shrnout do následujících závěrů:

- * Modřínové porosty založené výsadbou 2,5 - 4 tisíc sazenic na jeden hektar se zapojují přibližně ve věku 10 let. Na kyselých stanovištích vyšších poloh (SLT 7K) je to při horní porostní výšce 5 - 6 m, kdežto na bohatších stanovištích nižších poloh (bývalá lesní školka SLT 5Q) při horní porostní výšce 8 - 9 m. Porosty jsou v tomto věku již značně diferencovány (v porostech přežívá značný počet podúrovňových jedinců s výčetní tloušťkou 2 - 5 cm).
- * Byly potvrzeny značné rozdíly ve spádnosti kmenů (štíhlostní koeficient nejslabších stromů 150 a nejsilnějších stromů 50) v mladých modřínových porostech, které naznačují, že stromy nižších stromových tříd se snaží udržet kontakt s horní stromovou třídou výškovým přírůstem na úkor přírůstu tloušťkového.
- * Jako předběžný odhad očekávané reakce modřínových porostů na výchovné zásahy posloužilo srovnání vývoje stromů rostoucích v okrajových řadách a stromů rostoucích uvnitř porostu (experiment Kalek). Byly zjištěny vysoce signifikantní rozdíly v hodnotách tloušťkového přírůstu modřínu ve prospěch volných jedinců na okraji porostu, což indikuje zvýšenou konkurenci uvnitř porostu a potvrzuje potřebu výchovného zásahu.
- * Na velmi silné výchovné zásahy negativním výběrem v podúrovni i v úrovni reagovaly sledované porosty již v prvním roce po zásahu zvýšeným tloušťkovým přírůstem (resp. přírůstem na výčetní kruhové základně G). Navíc byl na proředěných plochách pozorován trend zpomalení výškového přírůstu, který se promítl do zastavení nárůstu štíhlostního kvocientu.

- * Tloušťkový přírůst horního stromového patra (200 nejsilnějších stromů na jeden hektar) nebyl dva roky po zásahu ovlivněn, i zde jsou však patrné tendence zpomalení výškového růstu projevujícího se na zpomalení nárůstu štihlостního koeficientu.
- * Pokud jde o dřevoprodukční funkci sledovaných modřinových porostů, vykazují v současné době nadprůměrný růst výčetní kruhové základny přesahující tabulkové hodnoty. Pro následný vývoj porostu z hlediska plnění produkční funkce je důležité zjištění (experiment Kalek), že stromy s různou mírou křivosti kmene byly identifikovány ve všech tloušťkových stupních (podíl na celkové výčetní kruhové základně - 13 % jedinců s jednosměrnou křivostí a 47 % jedinců s křivostí vícesměrnou).
- * Výše uvedené předběžné závěry potvrzují vhodnost včasných silnějších zásahů v modřinových porostech. Na lokalitách určených k přeměně se nabízí spojit tyto zásahy již s podsadbou cílových dřevin.

LITERATURA

- BALCAR, V.: Vývoj výsadeb lesních dřevin ve smrkovém vegetačním stupni v Jizerských horách. [Development of forest tree plantations at the spruce zone in the Jizerské hory Mts.]. In: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie. Nr 332. Sesja Naukowa. Zeszyt 56. Struktura i dynamika górskich borów swierkowych. Sympozjum ... Kraków - Zakopane, 25-27 wrzesnia 1997. Krakow, Wyd. AR 1998, s. 259 - 271. - ISSN 0239-9342.
- FABIÁNEK, P. et al.: Ore Mountains. Winter 1995/96. FGMRI, Praha 1997. 31 s.
- KANTOR, P., PAŘÍK, T.: Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách - I. jehličnatý porost s příměsí buku na kyselém stanovišti ŠLP Křtiny. [Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands - I. A conifer stand with the admixture of beech at an acid site of the Křtiny training forest enterprise]. Lesnictví - Forestry, 44, 1998, č. 11, s. 488 - 505.
- KLÍMA, S.: Analýza výsledků probírkových zásahů na výzkumných plochách s modřínem. [Analysis of results of thinnings made in research areas with larch]. Lesnictví, 36, 1990, č. 12, s. 1001 - 1022.
- KLÍMA, S.: Posouzení růstu modřínu v neprobírané směsi dřevin. [Assessing the growth of larch in an unthinned mixture of trees]. In:

Medzinárodná vedecká konferencia LES-DREVO-ŽIVOTNÉ PROSTREDIE '97, Zvolen 1997, s. 19 - 29.

KUBELKA, L. et al.: Obnova lesa v imisemi poškodzované oblasti severovýchodního Krušnohoří. [Forest regeneration in the air-polluted area of the north-eastern Ore Mts.]. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 1992. 133 s.

LANG, W.: Ökologische und hydrologische Untersuchungen in verschieden stark durchforsteten Fichten- und Lärchenbeständen des Schwarzwaldes. [Ecological and hydrological investigations in different heavily thinned Norway spruce and European larch stands in the Black Forest]. Landesverwaltung Baden-Württemberg, Stuttgart 1971. 87 s.

MARSCHALL, J.: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. [Support tables for forest management planning] (Fünfte Auflage). Österreichischer Agrarverlag, Wien 1992. 199 s.

PETRÁŠ, R., MECKO, J.: Objemová, kvalitová a hodnotová produkcia smrekovcových porastov na Slovensku. [Volume yield, quality and value production of larch stands in Slovakia]. In: Růst, význam a pěstování modřínu. Sborník ze semináře. Brno, 21. 9. - 22. 9. 1994. Ed. V. Tesař. Ústav pěstění lesů FLD MZLU, Brno 1994, s. 7 - 12.

ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti využití modřínu v Krušných horách. [Possibilities of the use of European larch in Ore Mts.]. Lesnická práce, 44, 1965, č. 7, s. 322 - 326.

ŠINDELÁŘ, J.: Přirozená obnova jesenického (sudetského) modřínu *Larix decidua* Mill. var. *sudetica* Dom. na nelesních půdách a struktura mlazin. [Natural regeneration of the Sudeten larch *Larix decidua* Mill. var. *sudetica* Dom. on non-forest land and the young growth structure]. Časopis Slezského muzea - Acta Musei Silesiae, series dendrologia, XXIII, Opava 1974, s. 33 - 52.

ŠINDELÁŘ, J.: Využití modřínu pro zalesňování kalamitních holin v Krušných horách. [Use of European larch in afforesting of cleared calamity areas in the Krušné hory Mts.]. Lesnická práce, 57, 1978, č. 6, s. 245 - 253.

ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti využití modřínu opadavého pro stabilizaci lesních porostů v imisních oblastech. [Possibilities of the use of European larch for stabilisation of forest stands in polluted regions]. In: Možnosti obnovy a zvýšení stability lesních porostů v oblastech pod vlivem imisí. Dům techniky ČSVTS, Ústí nad Labem 1988, s. 55 - 61.

ŠINDELÁŘ, J.: Perspektivy modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) v lesním hospodářství České republiky. [European larch (*Larix decidua* Mill.) perspectives in the forest management of the Czech Republic]. In: Růst, význam a pěstování modřínu. Sborník ze semináře. Brno, 21. 9. - 22. 9. 1994. Ed. V. Tesař. Ústav pěstění lesů FLD MZLU, Brno 1994, s. 33 - 39.

ÚHÚL, VÚLHM: Taxační tabulky. [Mensurational tables]. ÚHÚL Brandýs nad Labem, VÚLHM Zbraslav-Strnady, 1990, nestr.

Pozn.: Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru VÚLHM VS Opočno (CEZ:M06/99:01), "Pěstování lesa v ekotopech narušených antropogenní činností".

SUMMARY

European larch (*Larix decidua* Mill.) is domestic species with relative air pollution resistance. Larch stands occupy ca 14% of substitute tree species (STS) stands area of the Ore Mts. At present, young stands have a dynamic height growth and canopy is closing. Plantation of larch stands as monocultures is atypical and traditionally not recommended. In spite of this, the larch monocultures were created on immission clearings, and therefore, the proper forest management with respect of all functions of STS stands is an topical question.

The aim of the present study is to recognise, when it is possible to start with thinning and what kinds of thinning regimes are more suitable in larch stands with respect of their functions as STS stands.

In 1999, the first experimental series Kalek was established for investigation of young larch stands tending in forest district Červený Hrádek. The experimental stand is located in the 7th Spruce with Beech Forest Vegetation Zone at elevation of 780 m. The experiment consists of two partial comparative plots (500 m² each): 1 - variant without thinning and 2 - variant with thinning by negative selection mostly from above. All trees on plots are numbered and points for dbh measurement are labelled. In 2000, diameter breast height of all trees and height of representative groups of trees from all tree classes were measured. Before the first experimental thinning, the number of trees on both comparative plots was ca 3,400 and basal area 14.3 m² per hectare (Tab. 1). First thinning on plot 2 (Fig. 1) started after analysis of comparability and 29% number of trees (30% basal area) was removed by negative selection mainly from above.

For investigation of actual growth dynamic, the groups of trees from border and inside rows were compared. Three groups of trees were determined: d_{25} - all trees in row, d_{20} - without thinnest individuals, d_{10} - ten thickest individuals (Tab. 2). In 1999 (age 12 year), mean dbh was identical for both compared groups (6.7 cm).

Annual diameter increment of investigated trees in the period of 2000 - 2002 (age of 13 - 15 years) varied in group d_{25} between 1.2 - 1.3 cm on border row and 0.7 - 0.8 cm on inside row, in group d_{20} between 1.3 - 1.6 cm on border row and 0.6 - 0.9 cm on inside row and in group d_{10} between 1.8 - 1.9 cm on border row and 0.9 - 1.3 cm on inside row. In all cases, the diameter increment of trees was significantly higher ($\alpha = 0.05$) in border row than in inside row (Fig. 5, Tab. 2). Better diameter increment of the trees from border row resulted in increased static stability (lower h/d ratio).

The second experimental series Kraslice was established in 11-year-old larch culture founded by planting with density of 2,500 trees per hectare on fenced ground of previous forest nursery in 2001. The experimental stand is located in the 5th Beech with Fir Forest Vegetation Zone at elevation of 560 m. The experiment consists of three comparative plots: 1 - control plot without thinning, 2 - plot with negative selection from above and below removing 43% of N and 31% of G, 3 - plot with very heavy reduction of larch storey removing 59% of N and 49% of G by negative selection from all tree classes (Tab. 3, Fig. 6).

Two years after experimental thinning (2002), some differences between investigated initially comparable stands were found. Basal area of control plot increased by 24%, while on thinned plots 2 a 3 by 39% and 56%. Similarly, dbh increased on control plot by 11% and on thinned plots 2 and 3 by 18% and 25%. On the other hand, height increment of trees on thinned plots was reduced, which resulted in their better (lower) h/d ratio and consequent higher resistance to stem-breaks. But because of only 2-year period of observation, found differences are still insignificant.

From the preliminary results of the experiments with thinning of young larch cultures in air polluted area of the Ore Mts. it can be concluded that canopy of larch stands originated from planting of 2.5 - 4 thousand plants per hectare is closing in growing conditions of the 7th Spruce with Beech Forest Vegetation Zone approximately at the top height of 5 - 6 m, while on more fertile sites of the 5th Beech with Fir Forest Vegetation Zone at the top height of 8 - 9 m (age of 10 - 12 years). At the period of canopy closure, the larch stands are deeply differentiated (dbh from 2 to 15 cm).

Reaction of experimental larch stands on heavy thinning by negative selection was immediate and could be detected in the following vegetation period. In spite of air pollution, growth of experimental stands is supernormal and exceeds the data from growth tables. At the same time, 60% of individuals showed some malformations, mostly one-sided or two-sided stem curvature.

Preliminary results from these two experimental series confirmed the suitability of proper, timely and heavy thinning of larch cultures. On localities suitable for stand conversion, thinning can be connected with underplanting with shade-tolerant target tree species.

Adresa autorů:

Ing. Jiří Novák

RNDr. Marian Slodičák, CSc.

VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550

517 73 Opočno

novak@vulhmop.cz

slodicak@vulhmop.cz