

CHŘADNUTÍ SMRKOVÝCH POROSTŮ A STAV LESNÍCH PŮD V OBLASTI SEVERNÍ MORAVY A SLEZSKA (PLO 29 A 39)

DECAY OF NORWAY SPRUCE STANDS AND QUALITY OF FOREST SOILS IN THE REGION OF NORTHERN MORAVIA AND SILESIA

VÍT ŠRÁMEK - RADEK NOVOTNÝ - VĚRA FADRHOŇSOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, CZ - 252 02 Jíloviště

✉ e-mail: sramek@vulhm.cz

ABSTRACT

The article presents results of soil conditions on nine ICP Forests plots within the region of northern Moravia and Silesia (Czech Republic), which is affected by Norway spruce decay. Soil profile is strongly acidified with median of $\text{pH}(\text{CaCl}_2) < 4$ in organic layer and upper 30 cm of mineral soil. Strong deficiency of exchangeable calcium was found in mineral soil down to the depth of 50 cm, magnesium deficiency even to the depth of 60 cm. Potassium content is deficient in the depth of 10–40 cm. Total nitrogen content, on the other hand, is sufficient or good within the soil profile. Extractable contents of potential risk elements in organic layer is increased for cadmium, lead and zinc, which could be ascribed to high anthropogenic deposition in this industrial region. Presented data raise following questions: i) Can we prolong the survival of currently young (20–40 years) Norway spruce stands by liming or fertilizing? ii) Are available nutrients sufficient for sustainable production of broadleaved species, which are usually more demanding on base cations than conifers? iii) What will be the fate of risk elements bound in thick organic layer under spruce, if their mobility will significantly increase?

Klíčová slova: chřadnutí lesa, žloutnutí jehličí, smrk ztepilý, lesní půdy, minerální výživa, severní Morava, Slezsko

Key words: forest decline, needle yellowing, Norway spruce, forest soils, mineral nutrition, northern Moravia, Silesia

ÚVOD

Smrk je dřevinou, která společně s borovicí a pionýrskými druhy listnatých dřevin vykazuje relativně nízké nároky na půdní vlastnosti a dokáže prosperovat na širokém spektru stanovišť, včetně velmi kyselých a chudých půd (SMITH, HINCKLEY 1995). Přesto byly zejména ve druhé polovině dvacátého století popsány závažné poruchy ve výživě smrkových porostů, které vedly k celkovému chřadnutí a v nejkritičtějších případech až k jejich rozpadu (ZÖTTL 1985; KANDLER et al. 1990; HÜTTL, SCHAFF 1997). Tyto případy se vyskytovaly zejména v regionech silně zatížených imisemi – obvykle v horských oblastech s přirozeně chudými půdami, ze kterých byly vlivem dlouhodobého spadu kyselých látek vyplavovány bazické živiny, zejména vápník a hořčík. Typickými oblastmi, kde byly tyto problémy popsány, jsou německá pohoří, např. Fichtelgebirge nebo Schwarzwald. V České republice v sedmdesátých a osmdesátých letech 20. stol. převládalo přímé působení SO_2 a žloutnutí smrku se projevilo až od poloviny devadesátých let, zejména v západním Krušnohoří nebo v Orlických horách (LOMSKÝ, ŠRÁMEK 2004). Kriticky nízké obsahy hořčíku způsobily žloutnutí starších ročníků smrkových jehlic, blokování fotosyntézy a narušení celkové energetické bilance stromů, což vedlo až k jejich odumírání. Porosty velmi dobře regenerovaly po dodání chybějících živin formou vápnění či hnojení (LOMSKÝ et al. 2006; ŠRÁMEK et al. 2012).

Chřadnutí smrku v oblasti Severní Moravy a Slezska však nelze zařadit do tohoto „jednoduchého“ schématu *acidifikace – nedostatek*

bazických živin – žloutnutí jehličí – mortalita porostů. Intenzivnímu žloutnutí smrku, spojenému se zasycháním větvíček a odumíráním stromů v tomto regionu se věnují HOLUŠA, LIŠKA (2002). Popisují situaci, kdy po zimě 2000/2001 téměř 20 % stromů ani nevyrašilo a rozsah ploch poškozených žloutnutím odhadují řádově na několik tisíc hektarů v oblasti Ostravské pánve, Podbeskydské pahorkatiny a Nízkého Jeseníku. Vývoj poškození má velmi výraznou dynamiku, zejména po vstupu biotických škodlivých činitelů (ŠRÁMEK et al. 2008; LUBOJACKÝ 2013; PEŠKOVÁ, SOUKUP 2013; PŘÍHODA, LUKÁŠOVÁ 2014). Podobný rozvoj poškození smrkových porostů probíhal také v přílehlých částech Polska – Beskid Śląski a Żiwiecki (WILCZYŃSKI, FELIKSIK 2005) a Slovenska – Kysucké a Oravské Beskydy (KMEŤ, KULLA 2001). Za spouštěcí faktor poškození je obecně považován nedostatek srážek, způsobující stres suchem, a nepůvodnost smrkových porostů na stanovištích v nižších lesních vegetačních stupních (HOLUŠA, LIŠKA 2002; ŠRÁMEK et al. 2009; SLODIČÁK 2014). Velmi výrazný je vliv biotických škodlivých činitelů (václavka a kůrovci), jenž vede k dalšímu oslabení a urychlení rozpadu porostů (TURČÁNI 2001; NAUKOWE 2004; JANKOVSKÝ 2014). Vzhledem k tomu, že se naprostá většina chřadnoucích porostů nachází na edaficky příznivých stanovištích, je role půdního prostředí často považována za druhotnou, případně zcela nevýznamnou, a někdy je omezena na vliv těžkých kovů. Půdy jsou dostatečně zásobeny živinami, deficit prokázán v jehličí (NOVOTNÝ et al. 2008) je způsoben zejména nedostatkem půdní vody jako transportního média a poškozením kořenů václavkou. Je tomu ale skutečně

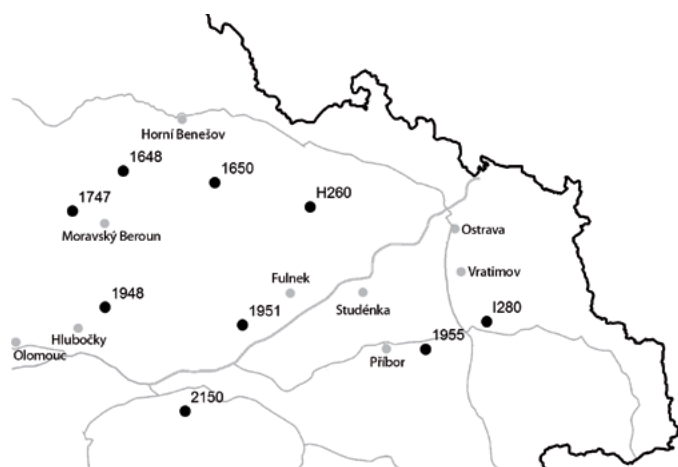
tak? Cílem tohoto příspěvku je zpracovat pro oblast severní Moravy a Slezska výsledky půdních analýz na plochách ICP Forests a vyhodnotit je z hlediska obsahu hlavních živin a těžkých kovů. Na základě těchto dat lze pak orientačně posoudit kvalitu půdního prostředí a pokázat na význam této problematiky v komplexu chřadnutí smrku.

MATERIÁL A METODIKA

V letech 2005–2008 byl v rámci celoevropského programu BioSoil prováděn podrobný průzkum půdních vlastností na mezinárodní síti monitoringu ICP Forests (DE Vos, COOLS 2011; ŠRÁMEK et al. 2011). Zájmová oblast s výskytem chřadnutí smrkových porostů spadá do přírodních lesních oblastí 29 – Nízký Jeseník (s výjimkou vyšších poloh v její západní části) a 39 – Pobeskydská pahorkatina. Tento region můžeme charakterizovat výsledky z devíti ploch ICP Forests s převládajícím podílem smrku v druhovém složení (tab. 1, obr. 1). Plochy se nacházejí ve 3. až 5. LVS na příznivých edafických kategoriích.

Tab. 1. Plochy ICP Forests – BioSoil s převahou smrku v oblasti severní Moravy a Slezska
ICP Forests/BioSoil plots with prevailing N. spruce in Northern Moravia and Silesia (CZ)

č. plochy/ plot n.	Název/Plot name	Nadm. výška/ Altitude	SLT/Site category
1648	Nové Valteřice	610	5S1
1650	Nová Lublice	549	4B5
1747	Dalov	637	5S1
1948	Libavá	539	4B5
1951	Odry	533	4H3
1955	Rychaltice	425	4B1
2150	Palkovice	450	4B1
H260	Jakubčovice	470	4B5
I280	Frydek-Místek	340	3H1



Obr. 1. Lokalizace ploch ICP Forests – BioSoil s převahou smrku v oblasti severní Moravy a Slezska
ICP Forests/BioSoil plots with prevailing N. spruce in Northern Moravia and Silesia (CZ)

Na plochách byly v letech 2005–2007 odebrány vzorky z půdních sond z horizontu nadložního humusu a z minerálních vrstev půdy po 10 cm až do hloubky 1 m pro účely klasifikace půdního typu podle mezinárodní (FAO 2006) i národní (NĚMEČEK et al. 2001) klasifikace a pro stanovení obsahu prvků v půdním profilu. Vzorky byly analyzovány ve zkušebních laboratořích Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., podle metodik stanovených manuálem programu ICP Forests (UNECE 2006). V rámci zpracování tohoto příspěvku byly do vyhodnocení zahrnuty výsledky následujících analýz: půdní reakce – pH(H₂O), pH(CaCl₂), celkový obsah dusíku stanovený elementární analýzou (CNS), obsahy přístupných bazických živin Ca, K a Mg, stanovené po vyluhování v BaCl₂ na ICP OES. V horizontu nadložního humusu FH byly stanoveny rovněž pseudototální obsahy těžkých kovů – As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb a Zn po vyluhování lučavkou královskou na ICP OES. Saturace sorpčního komplexu bazickými prvky (BS) byla vypočítána jako poměr sumy bazických kationtů a celkové kationtové výměnné kapacity (UNECE 2006).

VÝSLEDKY

Průměrné hodnoty základních půdních vlastností pro horizont nadložního humusu FH a pro minerální vrstvy do hloubky 80 cm jsou patrné z tab. 2. Pro větší přehlednost jsou kumulovány pro vrstvy 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm a 40–80 cm. Hodnoty jednotlivých parametrů po 10 cm vrstvách v profilu minerální půdy jsou patrné z obr. 2 a 3. Půdy jsou podle hodnot výměnného i aktivního pH ve svrchních vrstvách převážně silně kyselé. Teprve v hloubce pod 60 cm spadá medián hodnot aktivního pH(H₂O) do kategorie mírně kyselé (pH(H₂O) 5–6). U výměnného pH je i 75 % percentil v oblasti silně kyselé (pH(CaCl₂) 3,5–4,5) v rámci celého půdního horizontu (obr. 2). Obsahy dusíku s hloubkou půdy postupně klesají. Obecně je lze označit za dobré. Hodnota mediánu není pod hranicí deficitu (< 0,03%) ani v nejhlubších vrstvách půdního profilu. Jiná je situace u bazických prvků. Obsah přístupného vápníku je dostatečný pouze v horizontu nadložního organického humusu. Medián obsahu Ca je pod hranicí výrazného nedostatku (140 mg.kg⁻¹) do hloubky 40 cm. Ve vrstvách 10–30 cm, které jsou velmi významným zdrojem živin pro mělce kořenicí dřeviny, vykazuje více než 75 % odebraných vzorků výrazný nedostatek Ca. U přístupného draslíku jsou sice obsahy ve svrchních 10 cm půdy většinou dostatečné, ale od 10 cm do 50 cm je medián pod hranicí výrazného deficitu 30 mg.kg⁻¹ (obr. 3). Kritická je také situace přístupného hořčíku, kde se většina odebraných vzorků do hloubky 40 cm pohybuje pod hranicí výrazného nedostatku tohoto prvku (< 20 mg.kg⁻¹) a medián zůstává pod hranicí deficitu až do hloubky 60 cm. Hodnoty nasycení sorpčního komplexu bazickými prvky (BS) pak odpovídají nízkým obsahům bazických živin – medián zůstává do 40 cm pod hodnotou 20 %, která je v přirozených podmínkách charakteristická spíše pro chudé horské půdy. Obsahy zátěžových prvků jsou uvedeny v tab. 3. Přestože neexistují oficiální limity pro environmentálně přípustné obsahy těžkých kovů v lesních půdách, respektive nadložních organických horizontech lesních půd, lze většinu obsahu těžkých kovů v našich vzorcích považovat za zvýšené s výjimkou arsenu a chromu. Na druhou stranu je lze stále považovat za tolerovatelné, bez přímého negativního vlivu na lesní porosty (SÁŇKA et al. 2002).

DISKUSE

Nízké obsahy živin v půdách na kvalitních stanovištích jsou sice do určité míry překvapivé, nicméně to, že názvy typologických kategorií ne vždy odpovídají skutečné dostupnosti živin, bylo již prokázáno (ŠRÁMEK et al. 2013). Nedostatečné obsahy bazických prvků v přírodní lesní oblasti 39 Podbeskydská pahorkatina dokládají rovněž půdní průzkumy Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského

Tab. 2.

 Základní půdní vlastnosti na plochách ICP Forests – vybrané statistické parametry pro půdní vrstvy
 Basic soil properties on ICP Forests plots – selected statistical parameters

	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	N %	Ca mg/kg	K mg/kg	Mg mg/kg	BS %
Organický horizont/Organic layer FH							
průměr/mean	4,32	3,56	1,41	2230	331	184	65,4
medián/median	4,19	3,48	1,47	2299	263	193	71,0
minimum	3,66	2,83	0,97	938	159	89,9	31,4
maximum	5,03	4,42	1,67	4196	840	264	85,6
sm. odchylka/st. deviation	0,46	0,53	0,22	875	196	50,3	15,8
Minerální vrstva/Mineral layer 0–10 cm							
průměr/mean	4,17	3,49	1,38	172	49,0	24,2	14,7
medián/median	4,10	3,48	1,44	126,8	40,3	24,4	11,4
minimum	3,80	3,03	0,97	20,62	15,3	5,19	2,5
maximum	4,67	3,87	1,67	457	88,5	42,0	33,0
sm. odchylka/st. deviation	0,28	0,24	0,26	126	23,3	10,0	9,2
Minerální vrstva/Mineral layer 10–20 cm							
průměr/mean	4,48	3,85	1,22	76	28,5	12,9	11,7
medián/median	4,44	3,87	1,41	60,4	21,9	7,6	10,0
minimum	4,22	3,58	0,22	3,65	14,0	3,04	1,3
maximum	5,16	4,29	1,67	242	60,2	41,6	27,4
sm. odchylka/st. deviation	0,28	0,19	0,46	69	13,5	11,8	8,1
Minerální vrstva/Mineral layer 20–40 cm							
průměr/mean	4,66	4,00	0,088	184	30,5	18,2	21,2
medián/median	4,63	3,98	0,078	75,2	24,2	9,6	13,3
minimum	4,23	3,73	0,027	3,65	10,5	0,73	1,4
maximum	5,34	4,33	0,233	843	90,5	75,0	72,3
sm. odchylka/st. deviation	0,33	0,18	0,055	273	22,1	22,6	21,3
Minerální vrstva/Mineral layer 40–80 cm							
průměr/mean	4,97	4,17	0,055	470	40,5	64,5	44,7
medián/median	5,09	4,13	0,045	239,9	33,9	28,1	39,0
minimum	4,22	3,81	0,012	3,65	13,7	2,23	2,8
maximum	5,98	5,09	0,173	1608	89,6	375,3	99,2
sm. odchylka/st. deviation	0,48	0,31	0,042	515	23,0	85,8	34,6

BS – nasycení sorpčního komplexu bázemi/base saturation

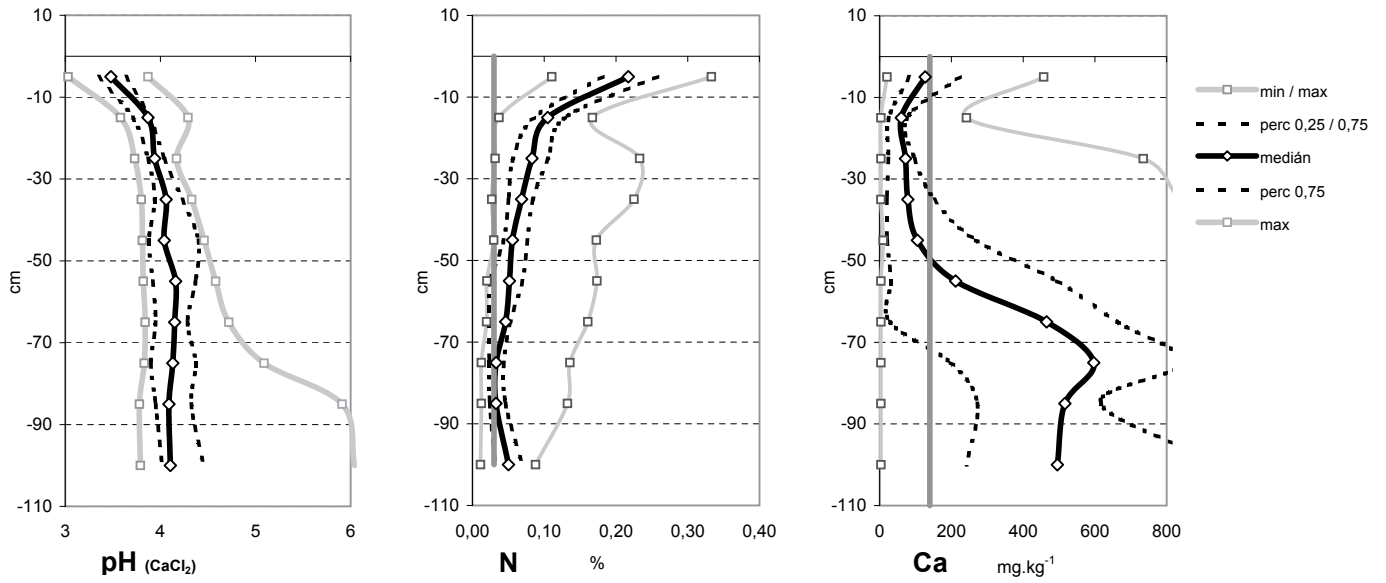
Tab. 3.

Obsahy zátěžových prvků v nadložních horizontech lesních půd

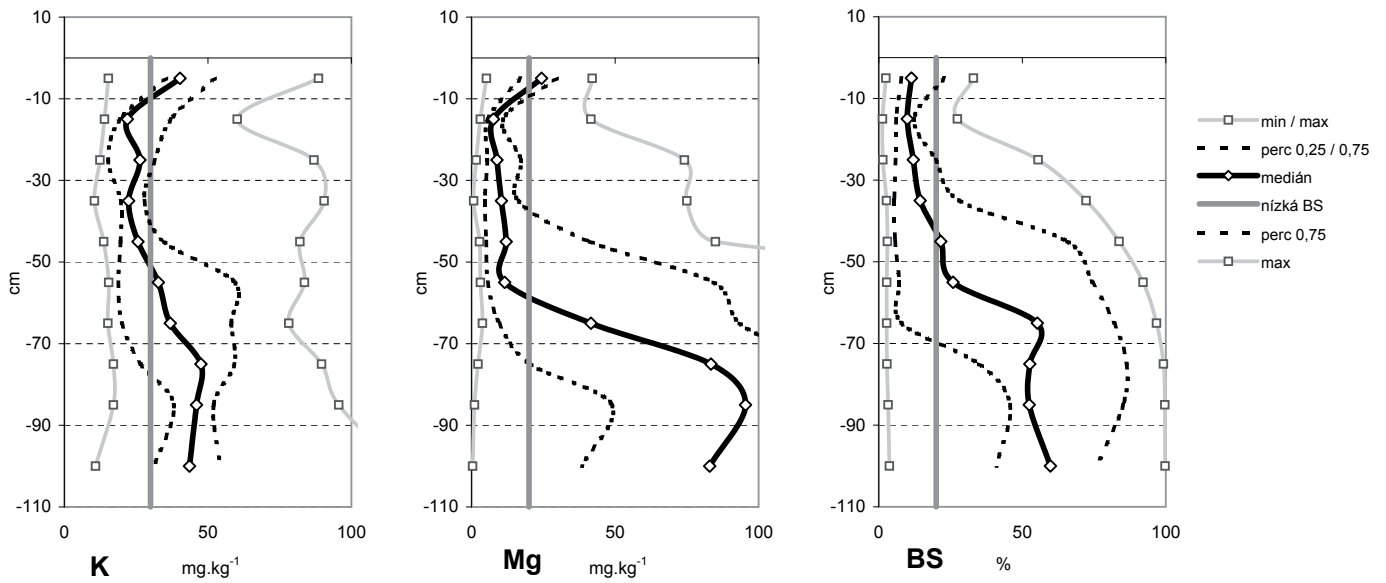
Fig. 3.

Contents of potentially toxic elements in organic layers of forest soils

	As mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
průměr/mean	9,58	0,87	16,08	17,62	995	11,67	107,11	87,71
medián/median	7,41	0,65	15,49	15,55	612	11,75	112,42	79,29
minimum	3,50	0,50	7,61	10,58	254	6,70	52,49	52,65
maximum	26,04	2,46	24,92	31,09	2836	14,03	175,28	177,76
sm. odchylka/st. deviation	6,72	0,57	4,63	5,81	807	2,12	41,53	33,38



Obr. 2.
 Průběh pH, celkového dusíku a přístupného vápníku v minerálních vrstvách půdních sond
Fig. 2.
 Gradient of pH, total nitrogen and exchangeable calcium within the mineral layers in soil pits



Obr. 3.
 Průběh přístupného draslíku, hořčíku a saturace bázemi (BS) v minerálních vrstvách půdních sond
Fig. 3.
 Gradient of exchangeable potassium, magnesium and base saturation within the mineral layers in soil pits

(FIALA et al. 2013). V minerálních horizontech byl zjištěn nedostatek vápníku v polovině případů, nedostatek hořčíku ve více než 40 % případů a nedostatek draslíku v necelých 10 % případů odebraných sond. Další informace o stavu půd pocházejí přímo z odběrů v chřadnoucích smrkových porostech. V rámci poradenské činnosti Lesní ochranné služby byly v letech 2010 a 2013 provedeny analýzy celkem pěti vzorků lesních půd z LS Šternberk (NOVOTNÝ 2011, 2013) a v roce 2013 analýzy šesti vzorků z ML Opava (NOVOTNÝ 2014), které pro svrchní minerální vrstvy půdy (cca do hloubky 30 cm) poukazovaly na výrazný nedostatek vápníku (9 vzorků), hořčíku (10 vzorků) a fosforu (9 vzorků). Tato data, jakkoliv nepředstavují reprezentativní vzorek, dokládají neuspokojivý stav půdního prostředí. Podobné výsledky pro příznivé typologické kategorie přinášejí rovněž odběry půd provedené na LS Jablunkov (NOVOTNÝ et al. 2008; ŠRÁMEK et al. 2009). Situace v zásadě odpovídá narušení půdních vlastností a následně výživě smrku, která je součástí problematiky chřadnutí smrku v přilehlých částech Polska (BARSZCZ, MAŁEK 2008). Z pohledu zajištění výživy mohou být problematické rovněž „dobré“ obsahy dusíku. Dusík je jednou z hlavních živin, která je v přirozených podmínkách často limitním faktorem pro růst dřevin (FISHER, BINKLEY 2000). V současné době vstupuje dusík do lesních ekosystémů ve formě atmosférických depozic se srážkami a aerosoly v nadměrném množství (FOTTOVÁ 2003; ZAPLETAL 2006). Nadbytečná nabídka dusíku způsobuje nerovnováhu ve výživě a zvyšuje relativní nedostatek ostatních živin, dochází k ovlivnění vodních zdrojů (VÍCHA et al. 2012) a projevuje se i změnou rostlinných společenstev v rámci bylinného patra lesních ekosystémů (BURIÁNEK et al. 2013).

Obsahy těžkých kovů v lesních půdách jsou do jisté míry specifickým oblastí Severní Moravy a Slezska, kde se v oblasti Slezských pánví koncentrují velké zdroje průmyslového znečištění. To dokládají i průzkumy ÚKZÚZ (FIALA et al. 2013) a výsledky studií provedených v oblasti Jablunkova (FIALA et al. 2008; PAVLŮ et al. 2015). Při porovnání našich výsledků s hodnotami získanými v projektu BioSoil v Evropě (DE Vos, COOLS 2011) či v České republice (ROTTER et al. 2013) můžeme za zvýšené považovat zejména obsahy kadmia, olova a zinku. Tyto tři prvky rovněž překračují hodnoty „preventivních obsahů“ navrhovaných Sáňkou a kol. (SÁŇKA et al. 2002) – Cd 0,5 mg.kg⁻¹, Pb 60 mg.kg⁻¹, Zn 120 mg.kg⁻¹. Tyto prvky jsou v současné době zřejmě vázány v nadložním humusu v pevných vazbách organických látek (YELPATYEVSKY et al. 1995; NIEMTUR et al. 2002), ale při dalším snižování pH nebo rychlém rozkladu humusové vrstvy by mohly být uvolněny do půdního prostředí v aktivních formách či vyplaveny do vodních zdrojů (MCBRIDE et al. 1997).

ZÁVĚR

Prezentovaná data z devíti lokalit přesvědčivě ukazují, že i na typologicky příznivých kategoriích mohou být svrchní horizonty půdy, které smrk prokořeňuje, výrazně ochuzené o bazické prvky. Pozorovaný nedostatek živin v jehličí tak není způsoben pouze přechodnou či trvalou absencí půdní vláhy. Roli půdního prostředí v komplexu chřadnutí smrkových porostů na severní Moravě, případně i v dalších oblastech ČR, by tedy měla být věnována náležitá pozornost. Je zřejmé, že trvalé řešení problému chřadnutí smrku spočívá, přinejmenším v oblasti třetího až pátého vegetačního stupně, ve výrazné změně druhové skladby porostů. I přesto přinášejí prezentované výsledky půdních analýz poznatky, které je nutné při dalším postupu v této oblasti brát v úvahu:

- Minerální půdy vykazují nedostatek bazických živin do hloubky 40–60 cm. To může představovat riziko pro zdravotní stav a růst i v nově zakládáních smíšených porostech či porostech listnatých dřevin – zejména jde-li o cenné listnáče, které jsou na zásobení živinami náročnější než konifery. To se může projevovat až v dlouhodobějším časovém horizontu, vzhledem k současné kumulaci živin v nadložním humusu. Zdravotní stav a úroveň výživy lesních porostů je však vhodné systematicky sledovat.

- V oblasti postižené chřadnutím se nacházejí i rozsáhlejší celky mladých porostů smrku ve věku 20–40 let, jimž při současném trendu vývoje hrozí rekonstrukce. Vzhledem ke stavu lesních půd lze v těchto komplexech doporučit cílené pokusné či poloprovozní testování různých typů chemické meliorace. Je pravděpodobné, že dodání chybějících živin může vést ke zlepšení výživy, a tím i k částečnému zvýšení odolnosti vůči dalším stresovým faktorům. Je však nutné ověřit, jak na podobná opatření zareagují biotičtí škodliví činitelé (především václavka) a další složky ekosystému.
- Větší pozornost výzkumu by měla být věnována problematice těžkých kovů. Je velmi pravděpodobné, že již v současné době dochází k jejich uvolnění z organické vrstvy, ať už v důsledku rozpadu stávajících porostů a zrychlenému rozkladu humusové vrstvy na volném prostranství, či v důsledku změny druhové skladby ve prospěch listnáčů, v jejichž porostech má humusová vrstva obvykle příznivější vlastnosti, ale zároveň akumuluje daleko méně organické hmoty. O působení takto uvolněných rizikových látek na ekosystém či na vodní zdroje máme dosud velmi málo informací.

Poděkování:

Informace o půdních vlastnostech byly zpracovány v rámci projektu NAZV QI112A168 „Stav lesních půd jako určující faktor vývoje zdravotního stavu, biodiverzity a naplňování produkčních i mimoprodukčních funkcí lesů“ a informace o těžkých kovech v rámci projektu NAZV QI112A201 „Metody hodnocení zátěže lesních půd rizikovými látkami a identifikace ekologických rizik kontaminace lesních půd“. Výzkum byl rovněž financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0114 (č. j. 8653/2014-MZE-17011).

LITERATURA

- BARSZCZ J., MAŁEK S. 2008. Stability of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands in the Beskid Śląski and Beskid Żywiecki Mts. from the aspect of their nutrition status. *Journal of Forest Science*, 54: 41–48.
- BURIÁNEK V., NOVOTNÝ R., HELLEBRANDOVÁ K., ŠRÁMEK V. 2013. Ground vegetation as an important factor in the biodiversity of forest ecosystems and its evaluation in regard to nitrogen deposition. *Journal of Forest Science*, 59: 238–252.
- DE Vos B., COOLS N. 2011. Second European forest soil condition report. Volume I: Results of the BioSoil soil survey. INBO.R.2011.35. Brussel, Research Institute for Nature and Forest: 359 s.
- FAO. 2006. World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. Rome, FAO: 128 s. World Soil Resources Reports, No. 103.
- FIALA P., REININGER D., SAMEK T. 2008. A survey of forest pollution with heavy metals in the Natural Forest Region (NFR) Moravsko-slezské Beskydy with particular attention to Jablunkov Pass. *Journal of Forest Science*, 54: 64–72.
- FIALA P., REININGER D., SAMEK T., NĚMEC P., SUŠIL P. 2013. Průzkum výživy lesa na území České republiky 1996–2011. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 148 s.
- FISHER R.F., BINKLEY D. 2000. Ecology and management of forest soils. New York, Wiley: 489 s.
- FOTTOVÁ D. 2003. Trends in sulphur and nitrogen deposition fluxes in the Geomon network, Czech Republic, between 1994 and 2000. *Water Air and Soil Pollution*, 150: 73–87.
- HOLUŠA J., LIŠKA J. 2002. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47: 9–15.

- HÜTTL R., SCHAAF W. 1997. Magnesium deficiency in forest ecosystems. Dordrecht, Kluwer: 365 s.
- JANKOVSKÝ L. 2014. Role houbových patogenů v chřadnutí smrku. In: Novák, J., Dušek, D. (eds.): Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře, Budišov nad Budišovkou 14.10.2014. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 20–30.
- KANDLER O., SENSER M., MILLER W. 1990. Vergilbung und Wiedergrünung der Fichte. In: Jositz, J. (ed): Neuartige Waldschaden – Erkenntnisse und Folgerungen. München, Hanns-Siedel-Stiftung: 113–138.
- KMEŤ J., KULLA L. 2001. Fyziologické aspekty zdravotního stavu smreka v oblasti Vysokých Tátier. Beskydy, 14: 135–140.
- LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 533–537.
- LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V., MAXA M., 2006. Fertilizing measures to decrease Norway spruce yellowing. *Journal of Forest Science*, 52 (Special Issue): 65–72.
- LUBOJACKÝ J. 2013. Škodliví činitelé v lesích Moravskoslezského kraje v letech 2002–2012. *Lesnická práce*, 92: 366–367.
- MCBRIDE M., SAUVÉ S., HENDERSHOT W. 1997. Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. *European Journal of Soil Science*, 48: 337–346.
- NAUKOWE D. 2004. Rola patogenów grzybowych w przedwczesnym rozpadzie świerczyn na Słowacji. *Leśne Prace Badawcze*, 2004 (1): 135–139.
- NĚMEČEK J., MACKŮ J., VOKOUN J., VAVŘÍČEK D., NOVÁK P. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, ČZU: 78 s.
- NIEMTUR S., MAŇKOVSKÁ B., GODZIK B., GRODZINSKA K., SZARO R. C. 2002. Changes in Carpathian forest soils caused by air pollution and other factors. In: Szaro, R.C. et al. (eds.): Effects of air pollution on forests health and biodiversity in forest of the Carpathian Mountains. Proceedings of a workshop held in the Tatra Mountains of Slovakia. Amsterdam, IOS Press: 225–235. NATO science series, I, vol. 345.
- NOVOTNÝ R., LACHMANOVÁ Z., ŠRÁMEK V., VORTELOVÁ L. 2008. Air pollution load and stand nutrition in the forest district Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science*, 54: 49–54.
- NOVOTNÝ R. 2011. Odborný posudek 23/120–07/11. Posouzení stavu půd na LS Šternberk. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 2 s.
- NOVOTNÝ R. 2013. Odborný posudek 23/000125/VULHM/2013. Posouzení stavu půd na LS Ruda nad Moravou a Šternberk. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 3 s.
- NOVOTNÝ R. 2014. Odborný posudek 23/000211/VULHM/2014. Posouzení stavu půd na ML Opava. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 5 s.
- PAVLŮ L., DRÁBEK O., BORŮVKA L., NIKODEM A., NĚMEČEK K. 2015. Degradation of forest soils in the vicinity of an industrial zone. *Soil and Water Research*, 10: 65–73. DOI: 10.17221/220/2014-SWR
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. 2013. Škody působené václavkou v smrkových porostech severní Moravy a Slezska. *Lesnická práce*, 92: 368–369.
- PŘÍHODA J., LUKÁŠOVÁ V. (eds.) 2014. Lesy střední a severní Moravy jsou v ohrožení. *Lesnická práce*, 93: 695–699.
- ROTTER P., ŠRÁMEK V., VÁCHA R., BORŮVKA L., FADRHOŇSOVÁ V., SÁŇKA M., DRÁBEK O., VORTELOVÁ L. 2013. Rizikové prvky v lesních půdách: review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 17–27.
- SÁŇKA M., NĚMEČEK J., PODLEŠÁKOVÁ E., VÁCHA R., BENEŠ S. 2002. Návrh preventivních obsahů rizikových látek v půdě: vypracování kritických hodnot obsahů rizikových prvků a organických cizorodých látek v půdě a jejich příjem rostlinami z hlediska ochrany kvality a kvantity zemědělské produkce. Závěrečná zpráva výzkumného úkolu. Praha, Ministerstvo životního prostředí: 148 s.
- SLODIČÁK M. 2014. Příčiny chřadnutí smrku na Opavsku. In: Novák, J., Dušek, D. (eds.): Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře, Budišov nad Budišovkou 14.10.2014. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 5–8.
- SMITH W.K., HINCKLEY T.M. 1995. *Ecophysiology of coniferous forests*. San Diego, Academic Press: 338 s.
- ŠRÁMEK V., VEJPUSTKOVÁ M., NOVOTNÝ R., HELLEBRANDOVÁ K. 2008. Yellowing of Norway spruce stands in the Silesian Beskids – damage extent and dynamics. *Journal of Forest Science*, 54: 55–63.
- ŠRÁMEK V., SOUKUP F., SLODIČÁK M. (eds.) 2009. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. *Lesy České republiky*: 99 s. Edice Grantové služby LČR, č. 5.
- ŠRÁMEK V., VORTELOVÁ L., FADRHOŇSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ K. 2011. Výsledky výzkumu lesních půd v rámci programu BioSoil v České republice – zajištění výživy dřevin základními živinami. In: Sobocká, J. (ed.): Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd. Monografia. Bratislava, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy: 182–190. Societas pedologica slovacica.
- ŠRÁMEK V., FADRHOŇSOVÁ V., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. 2012. Development of chemical soil properties in the western Ore Mts. (Czech Republic) 10 years after liming. *Journal of Forest Science*, 58: 57–66.
- ŠRÁMEK V., JURKOVSKÁ L., FADRHOŇSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektů EU „BioSoil“. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 314–323.
- TURČÁNI M. 2001. Podiel podkorneho hmyzu na hynutí smrekových porastov postihnutých žltnutím. In: Zúbrik, M. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2001. Zborník referátov z celoslovenského seminára, ktorý sa konal 10. – 11. apríla 2001 v Banskej Štiavnici. Zvolen, Lesnícký výskumný ústav: 56–60.
- UNECE. 2006. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IIIa. Sampling and analysis of soil. 130 s.
- VÁCHA Z., LOCHMAN V., BÍBA M. 2012. Depozice dusíku v lesních porostech a jejich vliv na obsah nitrátů v odtékající vodě a na okyselování půdy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 352–360.
- WILCZYŃSKI S., FELIKSIK E. 2005. Disturbance in variation of the annual ring width of Norway spruce in the Polish Western Beskids Mountains. *Journal of Forest Science*, 51: 539–547.
- YELPATYEVSKY P.V., ARGHANOVA V.S., LUTSENKO T.N. 1995. Heavy metals in polluted ecosystem of an oak forest. *Science of the Total Environment*, 162: 13–18.
- ZAPLETAL M. 2006. Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur in relation to critical loads of nitrogen and acidity in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 52: 92–100.
- ZÖTTL H.W. 1985. Die Rolle der Närelementerversorgung bei der Entwicklung „neuartiger“ Waldschäden. In: Waldschäden. Einflussfaktoren und ihre Bewertung. Kolloquium Goslar, 18. Bis 20. Juni 1985. Düsseldorf, VDI Verl.: 887–896. VDI-Berichte, 560.

DECAY OF NORWAY SPRUCE STANDS AND QUALITY OF FOREST SOILS IN THE REGION OF NORTHERN MORAVIA AND SILESIA

SUMMARY

Yellowing and decay of Norway spruce stands has been reported in the region of Northern Moravia and Silesia since the end of the 1990s. Drought periods and the origin of stands artificially planted in lower vegetation zones are considered to be the trigger phenomena of these damages, fungal pathogens (*Armillaria* sp.) and bark beetle attack as the final deteriorating factors. Although the yellowing of spruce needles is connected with strong magnesium deficiency, the soil conditions are not often assumed to be problematic and the lack of nutrient is usually interpreted as a result of insufficient water transport. Forest site classification indicate majority of declining stands as nutrient rich (B, H) or nutrient medium categories (S). The soil conditions of nine ICP Forests plots within the region (Fig. 1, Tab. 1) are discussed in the article. Tab. 2 and Fig. 2 present the basic properties of soil chemistry. Soil profile is strongly acidified with median of $\text{pH}(\text{CaCl}_2) < 4$ in organic layer and upper 30 cm of mineral soil. Strong deficiency of exchangeable calcium in mineral soil ($< 140 \text{ mg.kg}^{-1}$) has been found down to the depth of 50 cm, magnesium deficiency ($< 40 \text{ mg.kg}^{-1}$) even to the depth of 60 cm. Potassium content is deficient in the depth of 10–40 cm. Total nitrogen content, on the other hand, is sufficient or good within the soil profile. Extractable contents of potential risk elements (Tab. 3) in organic layer is increased for cadmium, lead and zinc, which could be ascribed to high anthropogenic deposition in this industrial region. Our results are in accordance with other soil surveys in the area. Soil condition is certainly the stress factor that plays important role in the Norway spruce decline. Change of tree species composition and preference of broadleaves is generally accepted as the only solution for forests in lower and middle vegetation zones. From this perspective, the presented data raise some new questions, e.g.: i) Can we prolong the survival of currently young (20–40 years) Norway spruce stands by liming or fertilizing? ii) Is the stock of nutrients sufficient for sustainable production of broadleaved species, which are usually more demanding on base cations than conifers? iii) What will be the fate of risk elements that are now bound in thick organic layer under spruce?