

STAV A VÝVOJ LESNÍCH PŮD NA TVP V KRKONOŠÍCH V LETECH 1980–1998

State and dynamics of forest soils on PRP in the Giant Mountains in the period 1980–1998

VACEK STANISLAV¹, PODRÁZSKÝ VILÉM², MATĚJKA KAREL³

¹ VŮLHM VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, CZ, e-mail: vacek@vulhm.opocno.cz

² ČZU LF Praha, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, CZ

³ IDS Praha, Na Komořsku 2175, 143 00 Praha 4 - Komořany, CZ

Příspěvek dokládá stav a vývoj chemizmu lesních půd v letech 1980–1993–1998 v bukových, smíšených (smrko-bukových) a smrkových porostech v Krkonoších. Výzkum probíhal v síti 32 trvalých výzkumných ploch (TVP) Výzkumné stanice VŮLHM Opočno. Byly studovány následující pedochemické charakteristiky: pH aktivní i výměnné, vlastnosti sorpčního komplexu, obsah celkového uhlíku (humusu) a dusíku, výměnná acidita a obsah přístupných živin. K vyhodnocení byly využity moderní matematické metody, dokumentovány jsou pouze významné výsledky. Ty potvrdily změny půdního chemizmu: vzestup půdní reakce aktivní ve smrkových a smíšených porostech, pokles reakce potenciální v bukových porostech, snižování nasycení sorpčního komplexu bázemi v hlubších horizontech ve smrkových a smíšených porostech, vzestup obsahu přístupných živin.

Paper documents the state and development of soil chemistry in the years 1980–1993–1998 in beech, mixed spruce-beech and spruce stands of the Giant Mts. Research was provided on 32 permanent research plots (PRP) of the Research Station Opočno. Padochemical characteristics (pH, sorption complex characteristics, total C and N content as well as exchangeable acidity and available nutrients content) were studied and evaluated using recent mathematical techniques, from which only the relevant results are presented. Results confirmed, that the active pH raised in spruce and mixed stands, potential pH decreased in beech as well as lower horizons of all stands, base saturation decreased in lower horizons as well, nutrient contents increased in most studied horizons.

Klíčová slova: lesní půdy, půdní chemizmus, vývoj půd, imise, acidifikace, Krkonoše
Keywords: forest soils, soil chemistry, soil dynamics, immissions, acidification, Giant Mts.

ÚVOD

Vliv vegetace patří k základním faktorům pedogeneze a druhové složení lesních porostů do velké míry určuje i vývoj lesních půd. V souvislosti s imisně ekologickou kalamitou se pak naskytá otázka, jak půdy lesních ekosystémů s různou dominantní dřevinnou složkou vzdorují předpokládané degradaci a jaké jsou hlavní vývojové trendy v tomto období, kritickém z hlediska dalšího vývoje půd. Předkládaný příspěvek má doložit stav holorganických vrstev a dále pak změny půdního chemizmu během uplynulých 18 let v porostech s různým druhovým složením. Studie zahrnuje období maximálního imisního zatížení a postupu chřadnutí lesů od počátku 80. let a následnou periodu snížení znečištění ovzduší i spadu polutantů. Důležitým cílem pak bylo zdůraznit příznivý vliv listnatých dřevin, v první řadě buku lesního, na půdní složku lesních ekosystémů a poskytnout tak další argument pro jejich větší zastoupení v další generaci krkonošských lesů.

MATERIÁL A METODIKA

Šetření bylo provedeno na souboru 32 trvalých výzkumných ploch VÚLHM VS Opočno, které jsou popsány např. v práci VACEK, MATĚJKA (1999). Na těchto TVP probíhá intenzivní výzkum dynamiky zdravotního stavu porostů, dendroekologický, fytoocenologický a pedologický. Po založení ploch v letech 1976–1980 na nich byl na podzim r. 1980 proveden základní pedologický průzkum. Na něj pak bylo navázáno v roce 1993 při rozsáhlém šetření půdních podmínek v souvislosti s výzkumným programem nadace Face a v r. 1998 v rámci grantů MŽP (cf. VACEK, PODRÁZSKÝ 1994a, 1994b, 1995, 1999, PODRÁZSKÝ 1996).

Na každé ploše byla v jednotlivých obdobích vykopána či obnovena pedologická sonda podle standardních zásad. Vzorky byly odebrány z jednotlivých genetických horizontů a bezprostředně dopraveny do laboratoře Výzkumné stanice v Opočně a zde byly zpracovány podle standardních metodik (Šmídová 1991). Bylo stanoveno: pH aktivní i výměnné, charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle Kappena (S-obsah výměnných bází, T- kationtová výměnná kapacita, H-hydrolytická acidita a V-nasycení sorpčního komplexu bázemi), dále obsah celkového uhlíku a dusíku metodou Springer-Klee a obsah makroelementů (P, K, Ca, Mg, Fe) ve výluhu 1 % kyselinou citrónovou. Z nich fosfor byl dále stanoven spektrofotometricky, draslík plamennou fotometrií, vápník a hořčík pomocí AAS.

Vzorky nadložního humusu byly odebrány pomocí ocelového rámečku 25x25 cm podle jednotlivých vrstev (L, F1, F2, H, Ah). Vzorky minerální zeminy (Ah horizont) nebyly odebrány kvantitativně. V laboratoři VS Opočno bylo u všech vorků provedeno stanovení hmotnosti sušiny (105°C), pH aktivního i výměnného (1N KCl), elektrické vodivosti, celkové výměnné acidity a jejich složek, tj. obsahu výměnného vodíku a hliníku. Kromě toho bylo provedeno stanovení obsahu celkového uhlíku (žiháním) a dusíku metodou Kjeldahla, pokud to množství vzorku ještě dovolovalo (Podrázský 1996).

Výsledky analýz jsou uváděny pouze u jednoznačně srovnatelných půdních horizontů. Ke zpracování výsledků analýz byl použit balík statistických programů ANOVA a procedury spojené s analýzou variance. Porosty byly rozděleny do 3 skupin: smrkové s výraznou převahou smrku, bukové s výraznou převahou buku a smíšené porosty.

VÝSLEDKY

Hodnocen byl vývoj půd na základě odběrů v půdních profilech prováděných v letech 1980, 1993 a 1998. Důležité je předem upozornit, že na plochách nebyla prováděna analýza ve více vzorcích a přiřazení ke genetickému půdnímu horizontu nebylo vždy přesně shodné. Z druhého důvodu byly půdní horizonty označeny číselnými indexy: L – 1, F – 2, H – 3, Ah – 4, Ae – 5, E – 6, B – 7 až 9, C – 10 až 14. Jednotlivé vzorky byly porovnávány pomocí těchto indexů.

Pro další podrobné hodnocení je důležité uvažovat zjištěné obecné vztahy jednotlivých charakteristik k obsahu organické hmoty vyjádřené jako obsah celkového uhlíku. Byly zjištěny následující regresní vztahy tvaru $y = a + b \cdot x$, kde x je Ctot. Vztahy se liší podle jednotlivých horizontů. Zahrnuty byly všechny lokality.

Charakter odebíraných půdních vzorků byl hodnocen na základě ordinační metody *standardized principal component analyse* (použité proměnné byly centrovány a standardizovány na jednotkovou normu v rámci každého zpracovávaného datového souboru, čímž bylo docíleno vyrovnání vlivu všech zahrnutých proměnných, jimiž byly Ctot, Ntot, aktivní pH, výměnné pH, charakteristiky sorpčního komplexu H, S, T, V, přístupné živiny P₂O₅, K₂O, CaO a MgO).

Hodnoceny byly jednotlivě tři soubory dat – pro smrkové, bukové a smíšené porosty. Použity byly osy 1 až 4. Výsledky jsou velmi podobné pro všechny tři soubory. Poloha vzorku v prostoru prvé osy (případně prvé a druhé osy) je určena především hloubkou odběru (půdním genetickým horizontem), přičemž největší rozdíly mezi vzorky byly zaznamenány u nejsvrchnějších půdních horizontů F a H (obr. 1.).

Tab. 1. Výsledky regresní analýzy půdních rozborů

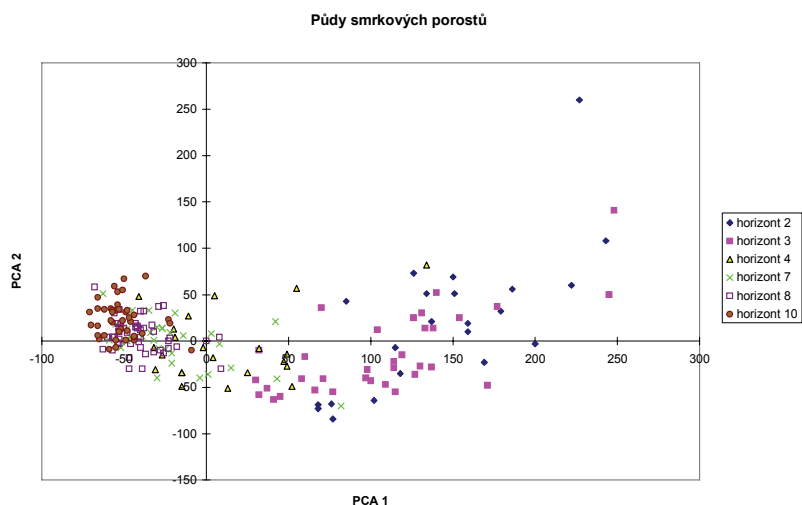
horizonty	1-3		4-6		7-9		>9	
	y	r	y	r	y	r	y	r
N _{tot}	0,8709+0,0166x	0,6195***	0,1457+0,0383x	0,7225***	0,0784+0,03583x	0,6370***	0,0580+0,0267x	0,8263*** ⁽³⁾
akt. pH	2,9810+0,0293x	0,6238***		ns		ns		ns
vým. pH	2,7529+0,0081x	0,2325*	3,2118+0,0136x	-0,3115***	3,7056+0,0255x	-0,2095*** ⁽¹⁾	3,8156+0,0127x	-0,2793**
S	3,5374+0,2618x	0,3181**	1,1921+0,2406x	0,5358***	2,1951+0,2086x	0,3733 ⁽¹⁾	2,3784+0,0459x	0,2152*
H	15,436+0,5232x	0,4003***	7,8978+0,7503x	0,5845***	7,0932+0,5316x	0,3978***	3,9907+0,6747x	0,8346***
T	26,677+0,6642x	0,3690***	7,0866+1,1250x	0,7222*** ⁽¹⁾	10,374+0,5858x	0,3527***	6,4777+0,7193x	
V		ns		ns		ns	27,454+0,2960x	-0,2151*
P ₂ O ₅		ns	13,862+0,3056x	0,2668**	13,620+0,3191x	0,1748*	11,572+0,5960x	0,4717*** ⁽³⁾
K ₂ O	-35,728+2,1792x	0,3346*** ⁽⁶⁾	1,3509+0,4138x	0,6685*** ⁽²⁾	2,5560+0,1384x	0,2117**	1,6026+0,1103x	0,6190*** ⁽³⁾
Fe ₂ O ₃		ns ⁽³⁾		ns	138,12+19,023x	0,3820*** ⁽⁴⁾		ns
CaO	-117,38+10,221x	0,3111*** ⁽⁶⁾	11,685+0,8577x	0,3234***		ns ⁽⁵⁾		ns ⁽⁵⁾
MgO	-15,903+1,6036x	0,2706*** ⁽⁶⁾	2,3003+0,4072x	0,4262***		ns ⁽⁵⁾	2,2595+0,1000x	0,2622 ⁽⁵⁾
N	0,7658+0,0176x	0,4820***						
P		ns						
K	0,4486+0,0050x	-0,4025***						
Ca		ns						
Mg		ns						

Poznámky:

⁽¹⁾ Tři nejodlehlejší body vyloučeny⁽²⁾ Pět nejodlehlejších bodů vyloučeno⁽³⁾ Jeden nejodlehlejší bod vyloučen⁽⁴⁾ Přes 40% chybějících údajů⁽⁵⁾ Hodnoty jsou shora omezeny klesající křivkou hyperbolického tvaru⁽⁶⁾ Hodnoty jsou shora omezeny vzrůstající křivkou exponenciálního tvaru

ns – statisticky nepřukázný vztah

r – lineární korelační koeficient



Obr. 1. Ordinance jednotlivých půdních vzorků z profilů ve smrkových porostech na TVP v Krkonoších (1. a 2. ordinační osa)

Dále je provedeno srovnání jednotlivých odběrových let (postupně jsou uváděny průměrné hodnoty pro roky 1980, 1993 a 1998 ze všech analyzovaných vzorků příslušné skupiny) pomocí analýzy variance. Poznámky jsou dále uvedeny jen u těch charakteristik, kde byly zaznamenány nějaké změny ($\alpha < 5\%$).

Smrkové porosty

Půdní horizonty 2 až 6

Ctot: Obsah celkového uhlíku je silně variabilní. Tento fakt velmi omezuje možnost srovnávat jiné výsledky. Kritická hodnota analýzy variance $\alpha < 0,1\%$.

Ntot: Výsledek je obdobný předchozímu; $\alpha = 1,14\%$.

aktivní pH: 3,59 – 3,82 – 4,78 $\alpha < 0,1\%$.

výměnné pH: 2,94 – 3,18 – 3,02 $\alpha = 2,15\%$ (výsledek je možno hodnotit jako fluktuaci danou pravděpodobně zvláště rozdílným charakterem vzorků)

S: 7,2 – 3,1 – 6,4 $\alpha = 1,47\%$

H: 27,3 – 15,9 – 28,4 $\alpha = 0,77\%$

T: 34,4 – 19,0 – 34,8 $\alpha = 0,37\%$

K₂O: 9,1 – 4,6 – 31,1 $\alpha < 0,1\%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

CaO: 19,1 – 12,5 – 104,3 $\alpha < 0,1\%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

MgO: 6,9 – 5,9 – 16,5 $\alpha < 0,1\%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

Půdní horizonty 7 až 14

Ctot: 3,70 – 6,67 – 6,45 $\alpha = 1,82\%$

aktivní pH: 4,18 – 4,23 – 5,08 $\alpha < 0,1\%$ (významný vzrůst)

výměnné pH: 3,70 – 3,78 – 3,44 $\alpha < 0,1\%$ (významný pokles)

S: 3,3 – 3,3 – 1,7 $\alpha < 0,1\%$

H: 9,6 – 11,8 – 6,6 $\alpha < 0,1\%$

T: 13,1 – 15,1 – 8,3 $\alpha < 0,1\%$

V: 25,3 – 22,6 – 16,8 $\alpha < 0,1\%$ (významný pokles)

P₂O₅: 8,1 – 17,0 – 15,0 $\alpha < 0,1\%$

CaO: 7,4 – 8,0 – 16,9 $\alpha < 0,1\%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

MgO: 1,0 – 2,6 – 3,2 $\alpha < 0,1\%$ (významný vzrůst)

Ve svrchních horizontech smrkových porostů došlo k vzestupu půdní reakce aktivní, zatímco pH potenciální se drželo vyrovnané. Po poklesu v období 1980–1993 došlo k návratu hodnot charakteristik půdního sorpčního komplexu na výchozí hodnoty, obsah přístupných živin se v prvním sledovaném období snížil, poté opětovně zvýšil na mnohem vyšší úroveň. V hlubších horizontech byl vyrovnaný obsah humusu, pH aktivní se výrazně zvýšilo, potenciální naopak snížilo. Poklesly hodnoty půdního sorpčního komplexu, zejména obsah bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi. Obsah přístupných živin je stále vyšší.

Bukové porosty

Půdní horizonty 2 až 6

výměnné pH: 4,01 – 3,97 – 3,17 $\alpha < 0,1 \%$ (významný pokles)

Půdní horizonty 7 až 14

Ctot: Opět variabilní, rozdíly mohou ukazovat na rozdílný charakter vzorků ($\alpha = 4,94 \%$)

Ntot: Viz předchozí ($\alpha = 0,28 \%$)

výměnné pH: 3,85 – 3,92 – 3,24 $\alpha < 0,1 \%$ (významný pokles)

S: 3,7 – 4,1 – 5,3 $\alpha = 0,83 \%$ (významný vzrůst)

V: 33,6 – 32,7 – 44,6 $\alpha = 2,21 \%$

P₂O₅: 6,6 – 20,3 – 21,2 $\alpha = 1,57 \%$

V bukových porostech došlo k výraznému poklesu půdní reakce potenciální, stav sorpčního komplexu se mírně zvýšil, obsah přístupného fosforu stoupl výrazným způsobem.

Smíšené porosty

Půdní horizonty 2 až 6

Ctot: Opět variabilní, rozdíly mohou ukazovat na rozdílný charakter vzorků ($\alpha < 0,1 \%$)

Ntot: Viz předchozí ($\alpha = 3,58 \%$)

aktivní pH: 3,56 – 3,71 – 4,59 $\alpha = 0,83 \%$ (významný vzrůst)

výměnné pH: 2,83 – 3,17 – 2,87 $\alpha = 4,81 \%$

CaO: 56,5 – 18,9 – 378,7 $\alpha = 3,08 \%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

MgO: 13,7 – 6,0 – 36,1 $\alpha = 1,46 \%$ (nárůst v posledním odběrovém termínu)

Půdní horizonty 7 až 14

Ctot: 3,9 – 6,9 – 8,6 $\alpha = 1,03 \%$

Ntot: 0,23 – 0,52 – 0,24 $\alpha = 1,05 \%$

aktivní pH: 4,20 – 4,12 – 5,00 $\alpha < 0,1 \%$ (mírný vzrůst)

výměnné pH: 3,87 – 3,99 – 3,40 $\alpha = 1,16 \%$ (mírný pokles)

V: 32,4 – 28,2 – 26,4 $\alpha = 26,3 \%$ (statisticky neprůkazný pokles)

P₂O₅: 11,3 – 22,3 – 19,0 $\alpha = 0,68 \%$

CaO: 8,7 – 11,0 – 31,0 $\alpha < 0,1 \%$ (významný vzrůst)

MgO: 1,4 – 1,9 – 3,9 $\alpha = 0,68 \%$ (významný vzrůst)

Pro smíšené porosty byla ve svrchních horizontech prokázána dynamika blízka porostům smrkovým, hlouběji se zvyšoval obsah humusu (celkového uhlíku), stejně tak rostla i aktivní půdní reakce. Reakce výměnná jednoznačně klesala, stejně tak byl (neprůkazný) pozorován pokles nasycení sorpčního komplexu bázemi. Rovněž rostl obsah přístupných živin.

SOUHRN A ZÁVĚR

Příspěvek analyzuje stav a vývoj chemizmu lesních půd v letech 1980–1993–1998 na 32 výzkumných plochách ve smrkových, smíšených a bukových porostech v Krkonoších. Podle standardních metodik VÚLHM VS Opočno byly studovány následující pedochemické charakteristiky: pH aktivní i výměnné, vlastnosti sorpčního komplexu, obsah celkového uhlíku (humusu) a dusíku, výměnná acidita a obsah přístupných živin. Výsledky celkově dokládají poměrně zachovaný potenciál regenerace lesních půd Krkonoš, další výrazný trend acidifikace nebyl pozorován. Zvyšují se hodnoty charakteristik půdní reakce aktivní, ukazatelů sorpčního komplexu a obsahu živin. Půdní reakce výměnná (potenciální) však naznačuje potenciální možnost dalšího nepříznivého vývoje půd.

Obecné trendy lze shrnout v následujících bodech:

- Aktivní pH ve smrkových a smíšených porostech vzrůstalo.
- Výměnné pH klesalo v bukových porostech, mírně též ve spodních horizontech smíšených porostů, ve smrkových porostech byl pokles (pouze u nižších horizontů) ještě méně výrazný, jinak docházelo k fluktuacím.
- Nasycenost sorpčního komplexu (V) se snižovala u smrkových a smíšených porostů v nižších horizontech půdy.
- Obsahy oxidů vápníku a hořčíku (ve formě přístupných živin) vzrůstaly (zvláště v posledním odběrovém termínu) ve smrkových a smíšených porostech v povrchových i hlubších horizontech.
- Obsah přístupného fosforu se zvyšoval ve všech porostech v hlubších půdních horizontech.

LITERATURA

- PODRÁZSKÝ, V. (1996): Vývoj půdního chemizmu v bukových, smíšených a smrkových porostech Krkonoš. *Lesnictví – Forestry*, 42: 2: 92–99.
- ŠMÍDOVÁ, V. (1991): Metodiky používané při rozborech na VÚLHM VS Opočno. Ms., Depon in: knihovna VÚLHM VS Opočno, nestr.
- VACEK, S., MATĚJKA, K. (1999): The state of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976–1997. *Journal of Forest Science*, 45: 7: 291–315.
- VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V. (1994a): Půdy ochranných lesů Krkonoš. In: *Opera Corcontica*, 31: 5–21. Vrchlabí.
- VACEK, S., PPODRÁZSKÝ, V. (1994b): Změny chemizmu v lesních půdách Krkonoš. *Zpr. lesn. výzkumu*, 39: 4: 51–52.
- VACEK, S., PPODRÁZSKÝ, V. (1995): Development trends in forests of the Krkonoše Mts. under emission load. In: Flousek J. & Roberts G.C.S. (eds.), *Mountain National Parks and Biosphere Reserves: Monitoring and Management. Proc. Int. Conf. September 1993, Špindlerův Mlýn, Czech Republic.*, KRNP, s. 135–139.
- VACEK, S., PPODRÁZSKÝ, V. (1999): Soil chemistry changes in the Krkonoše Mts. during the last decade. In: Vančura K. – Šrámek V. (eds). *Effect of global climate change on boreal and temperate forests.* Forestry and Game Management Research Institute Jiloviště – Strnady, Praha, s. 85–88.

Poznámka: Referát vznikl v souvislosti a s řešením grantů MŽP: VaV/620/3/97 – Rekonstrukce lesních ekosystémů v KRNP, VaV/620/1/99 – Příčiny poškození lesních ekosystémů a prognóza jejich dalšího vývoje; GAČR č. 206/98/0727 – Zhodnocení a prognóza změn ekosystému na základě analýzy dlouhodobých sérií dat (Dr. Vacek, Ing. Matějka, Doc. Podrázský) a AV ČR, A3012905 – Magnetické mapování a analýzy kontaminovaných recentních půdních sedimentů (Doc. Podrázský).