

PŮDNÍ CHEMICKÉ VLASTNOSTI ROZPRACOVANÝCH VALŮ A HOLOSEČNÝCH PLOCH IMISNÍ OBLASTI KRUŠNÝCH HOR

SOIL CHEMICAL PROPERTIES OF PREPARED WINDROWS ON CLEAR-FELLED AREAS IN THE ORE MOUNTAINS PLATEAU POLLUTION ZONE

DUŠAN VAVŘÍČEK¹⁾ - PAVLÍNA PANCOVÁ-ŠIMKOVÁ¹⁾ - PAVEL SAMEC²⁾ - GABRIEL BALÁŽ³⁾

¹⁾LDF MZLU Brno, ²⁾ÚHÚL Brandýs nad Labem, ³⁾LČR, s.p., LS Kláčevec

ABSTRACT

In immission zone of the Ore Mts. ecotopes (Czech Republic, Central Europe), large clear-felled areas were induced due to air pollution load. Methods of heavy mechanized site preparations for reforestation were used and windrows abundant in organic matter and strip fields with displaced or reduced forest floor were created. If pollution was significantly restricted, revitalization projects for windrowing areas were possible to realize successfully. After passing 20 to 30 years, variously decomposed mixture of soil and organic matter from windrows was spread out over the part of windrowed area. The aim of the work was to perform comparison of chemical and physically chemical properties by above mentioned way created and spread out substrate and by windrowing disturbed top (surface layer) soil on the same mountain sites (*Calamagrostio-villosae Piceetum* generally, *Sphagno-Piceetum* with a small-area distribution). The soil substrates with significantly lower values of soil acidity, higher cation exchange capacity and higher content of humus substances originated on sites with spread out windrows. Windrow spreading did not significantly change C/N ratio. However, in case that by windrow revitalization processes of humification can be supported, also preconditions for tree species propagation may occur and those are similar in availability of base elements (Ca²⁺, Mg²⁺ and K⁺) to zonal soils.

Klíčová slova: valy, příprava stanoviště, kationtová výměnná kapacita, humifikace

Key words: windrows, site preparation, cation exchange capacity, humification

ÚVOD

Krušné hory (338 – 1 244 m n. m.; +5,5 až +2,7 °C, 900 – 1 200 mm srážek) jsou příkladem výrazné tektonické elevace se zachovanou náhorní plošinou (CULEK 1996). Představují region, kde v důsledku imisního zatížení došlo k rychlému nárůstu ploch holosečí o 23,9 %. Odumírání lesních porostů v Krušných horách bylo zapříčiněno synergickým působením stresových faktorů, z nichž měly největší význam průmyslová depozice SO₂ a meteorologické extrémy (BRIDGES et al. 2002). Predisponované a odumřelé porosty většinou smrkových monokultur byly nahrazeny porosty břízy bělokoré (*Betula pendula*), modřínu opadavého (*Larix decidua*), smrku pichlavého (*Picea pungens*) a jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) (MAUER et al. 2005). Reliéf náhorní plošiny umožňoval při restaurování lesních ekosystémů používat těžkou mechanizaci. S její pomocí byl edatop postižených lesních stanovišť upraven nejčastěji do struktury nahrnutých liniových valů a k zalesňování připravených ploch mezi nimi.

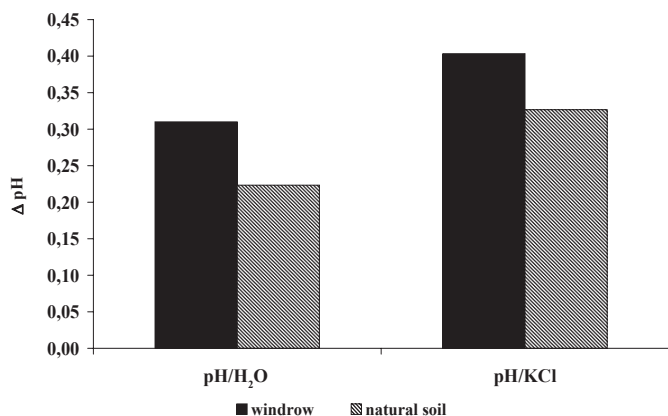
Prostředí liniových valů a mezi valy připravených ploch umožňovalo i opakovaný rychlý postup zalesnění a aplikaci chemické meliorace (PODRÁZSKÝ et al. 2001). Účinnost melioračních opatření lze dokumentovat mimo jiné na základě rychlosti obnovy nadložního humusu (PODRÁZSKÝ et al. 2003). Obnova nadložního humusu na rozpracovaných („urovnaných“) vales (i mezi valy) byla výrazně omezena především kvůli degradaci svrchní půdní vrstvy po mechanizované přípravě stanovišť. Svrchní půdní horizonty byly odstraněny především proto, že byly přímo vystaveny účinkům

imisní depozice. Následkem odtoku byly z těchto stanovišť vyplavovány organické látky i biogenní minerální prvky (JIRGLE 1983). Valy se postupně díky zapravené biomase někdejších zdevastovaných porostů staly růstovým prostředím s biologicky únosnou hodnotou C/N a obsahem biogenních prvků (VAVŘÍČEK 2003).

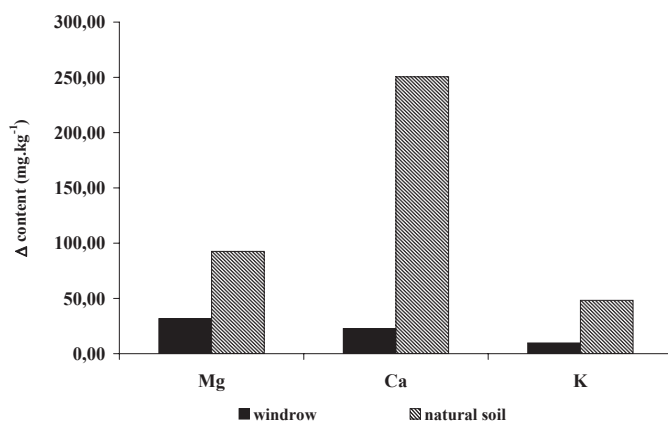
Průběhy dekompozice a humifikace se na imisních holinách staly důležitými aspekty revitalizace půdního prostředí. Jsou limitovány meteorologickými a klimatickými výkyvy stejně jako jednorázovým akutním nebo synergickým poškozením ekosystému imisemi. Základními postupy pro stimulaci procesů revitalizace půdního prostředí imisních holin v různých regionech se staly chemická a biologická meliorace (PODRÁZSKÝ et al. 2003). Jako jejich modifikace jsou rovněž uplatňovány různé technologické postupy rozpracování valů, pomocí nichž se fermentovaná organická hmota dostává do fyziologicky přístupné hloubky pro kořeny dřevin. Při humifikaci tohoto substrátu následně může být stimulován vznik prostředí s dostatečným obsahem minerálních živin a minimální imobilizací dusíku (VAVŘÍČEK et al. 2005). K tomuto účelu byly navrženy a hodnoceny technologické varianty revitalizace stanovišť s cílem doporučit k praktickému využití varianty optimální.

MATERIÁL A METODY

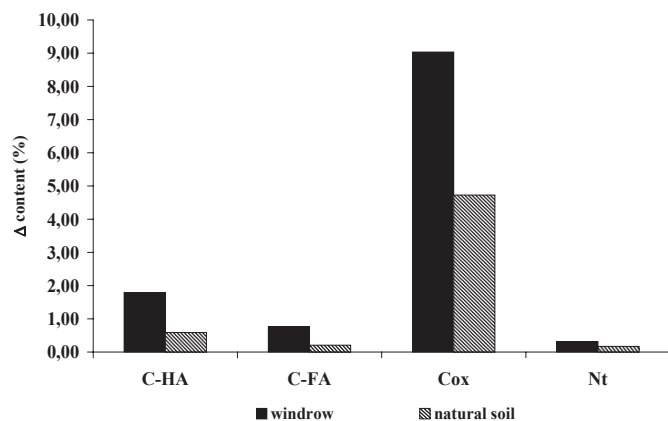
Byly posuzovány rozdíly v pedochemických vlastnostech vybraných vrstev rozpracovaných valů a ponechaných půdních jednotek s přirozenou stratifíci horizontů. Tato šetření byla prováděna na stanovištích náhorní plošiny v Krušných horách v nadmoř-



Graf 1.
Rozdíly hodnot pH v typových valech a minerálních horizontech podzolů
pH absolute value differences in typical windrows and Podzol horizons



Graf 2.
Rozdíly hodnot obsahů základních živin v typových valech a minerálních horizontech podzolů
Basic elements content in absolute values differences for typical windrows and Podzol horizons



Graf 3.
Rozdíly hodnot obsahů dusíkatých a uhlíkatých látek v typových valech a minerálních horizontech podzolů
C- and N-substances content in absolute values differences for typical windrows and Podzol horizons

ských výškách 880 - 890 m n. m., kde zonální půdy reprezentuje především podzol modální (ŠIMKOVÁ, VAVŘÍČEK 2004, VAVŘÍČEK 2003). Potenciální vegetace těchto území často odpovídá asociacím *Calamagrostio-villosae Piceetum* a *Sphagno-Piceetum* (CULEK 1996, NEUHÁUSLOVÁ et al. 1998). Byla zvolena tři výzkumná území (VÚ): LHC Špičák (VÚ 1); LHC Nádraží (VÚ 2) and LHC Suchdol (VÚ 3). Zde byly vybrány plochy lesní půdy a určeny referenční porosty (RP): 186A 2 (VÚ 1), 418B 2 (VÚ 2) a 403E 2 (VÚ 3). Terénní průzkum a odběry vzorků na všech lokalitách byly provedeny během léta 2004. Na vybraných plochách rozpracovaných valů byly odebrány vzorky charakteristických vrstev (tab. 1) H/A, A/H a A/B (Bs) (cf. VAVŘÍČEK et al. 2005), v RP 186A 2 bylo provedeno 14 opakování, v RP 418B 2 bylo provedeno 8 opakování a v RP 403E 2 bylo 5 opakování odběrů. V reprezentativních částech referenčních porostů na VÚ mimo valy byly odebrány půdní vzorky ze svrchního organo-minerálního horizontu (Ap), diagnostického horizontu (Bs) a přechodného substrátového horizontu (B/C). Odběrná místa byla volena s pravidelnou disperzí a vzorky organo-minerálního horizontu Ap byly odebrány metodou plošné preparace. Vzorky pro analýzy z ostatních horizontů byly odbírány uznanými metodami v rámci charakteristického půdního profilu jednotlivých ploch. Jako základní fyzikálně-chemické půdní vlastnosti byly stanoveny půdní reakce (pH/H₂O a pH/KCl) acidimetricky (poměr půda/H₂O nebo 1M KCl = 1/2,5) a potenciální kationtová výměnná kapacita (KVK) Mehlichovou metodou (ZBÍRAL 2002). Přístupné minerální živiny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺) byly zjištěny z výluhu Mehlich II (MEHLICH 1978) metodou atomové adsorpční spektrofotometrie. Obsah fosforu byl zjištěn spektrofotometricky z výluhu v kyselině askorbové, H₂SO₄ a Sb₃⁺. Humusové látky byly detekovány fotometricky podle míry absorpance v roztoku pyrofosfátu. Tak byly vyjádřeny procentické obsahy uhlíku huminových látek (C-HK), fulvokyselin (C-FK) a poměr HK/FK (UGOLINI, SPALTENSTEIN 1992). Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) byl vyjádřen retitrací oxidační směsí H₂Cr₂O₇ + H₂SO₄ Mohrovou soli. Celkový dusík byl stanoven kjeldahlizací (ZBÍRAL et al. 1997). Posouzení významnosti zjištěných rozdílů v hodnotách jednotlivých zjišťovaných veličin bylo provedeno vybranými statistickými metodami (WEBSTER 2001) lineárního modelování (GLM) při P < 0,05 v programu STATISTICA Cz. Výsledky analýzy rozptylu (ANOVA) byly pro ověření předpokladu robustnosti testu vůči porušení normálního rozdělení konfrontovány s výsledky neparametrického Friedmanova testu (cf. ZAR 1994, MELOUN, MILITKÝ 1994, SAMEC et al. 2005).

VÝSLEDKY

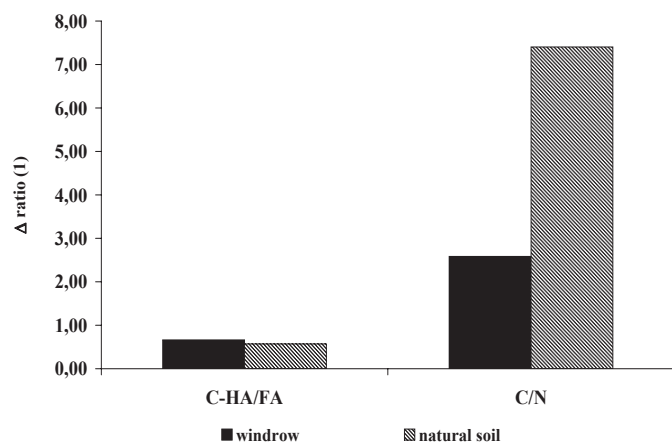
Půdní rozborů ukázaly heterogenitu zjišťovaných pedochemických vlastností mezi jednotlivými výzkumnými plochami i v jednotlivých půdních profilech. V půdních profilech skarifikovaných podzolů byly zjištěny změny hodnot půdní reakce (pH) s rostoucí hloubkou. Pokles pH s rostoucí hloubkou půdního profilu byl zjištěn na VÚ 1. V půdních profilech VÚ 2 a VÚ 3 byl naopak zjištěn růst hodnot pH s hloubkou. Obsah fosforu byl jako u jediného biogenního prvku zjištěn rostoucí s hloubkou podzolového profilu. U ostatních půdních vlastností byly zjištěny klesající trendy velikosti hodnot s rostoucí hloubkou odběru (tab. 3). Byly zjištěny analogické poklesy jejich průměrných hodnot (\bar{x}) i směrodatné odchylky (ρ). Na plochách rozpracovaných valů byly většinou nejvyšší hodnoty posuzovaných půdních vlastností zjištěny ve vrstvách A/H. Nejvyšší hodnoty pH

Tab. 1.

Přehled genetických složek základního materiálu valů (%) (podle VAVŘÍČEK et al. 2005)

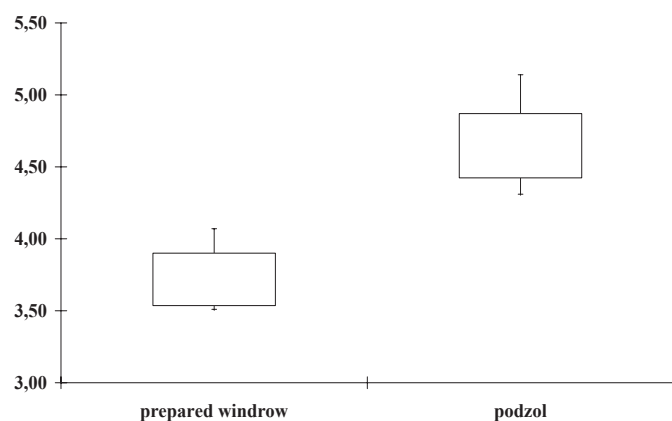
Survey of source compounds in basic windrow matter (%)

| Genetic component fraction | Work-plan area locality | | |
|----------------------------|-------------------------|---------|---------|
| | Špičák | Nádraží | Suchdol |
| H | 5 | - | - |
| A/H | 36 | 19 | 31 |
| H/A | 33 | 29 | 14 |
| A | 4 | - | - |
| A/B | 12 | 6 | 1 |
| B | 6 | 5 | - |
| H+A+B | 4 | 9 | 12 |
| B/A | - | 32 | 32 |

**Graf 4.**

Rozdíly poměrů HK/FK a C/N v typových valech a minerálních horizontech podzolů

HA/FA and C/N absolute value differences in typical windrows and Podzol horizons

**Graf 5.**Statistické rozdíly v hodnotách pH/H₂O
Statistical differences for pH/H₂O

byly zjištěny ve vrstvách A/B. Pro ostatní vlastnosti byly v těchto vrstvách naopak zjištěny nejnižší hodnoty posuzovaných půdních charakteristik (tab. 2).

Rozpracováním valů došlo ke změnám ve velikosti hodnot různých parametrů a ke změnám jejich rozdílů s rostoucí hloubkou. Posuzovány byly rozdíly v absolutních hodnotách zjišťovaných půdních vlastností na kontaktu organo-minerálních (A/H nebo Ap) a minerálních (A/B nebo Bs) horizontů. V substrátu valů došlo k vertikální homogenizaci K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (graf 2). Jako homogenní byly zjištěny i vertikální rozdíly v N_t (graf 3) a poměr HK/FK (graf 4). Rozpracováním valů nedošlo k významným změnám v hodnotách C/N, ačkoli rozdíly v C_{ox} detekované přirozeně v profilu podzolů byly v substrátu valů výrazněji (graf 3). Rozpracování valů se projevilo vyššími rozdíly mezi vrstvami substrátu pro pH (graf 1) i KVK vzhledem k jejich přirozené míře ve skarifikovaných profilech podzolu.

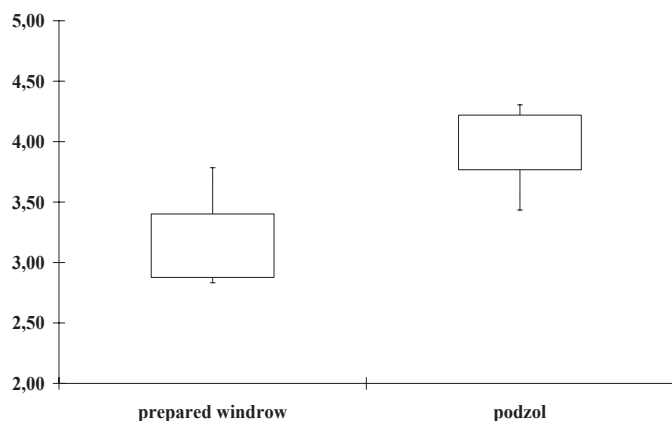
Statisticky významné rozdíly mezi profily podzolu a rozpracovaných valů byly detekovány pro pH, KVK, C_{ox}, N_t, C-HK, C-FK a HK/FK. Při hodnocení rozdílů v obsahu fosforu ve skarifikovaném půdním profilu a substrátu rozpracovaného valu se projevily vlivy porušené normality, proto jeho hodnoty byly posuzovány pomocí neparametrického testu.

Stav rozpracovaných valů na stanovištích krušnohorské náhorní plošiny byl vzhledem ke skarifikovanému půdnímu profilům specifický významně nižším pH (graf 5 a 6) a obsahem fosforu (graf 7). Naopak v substrátu rozpracovaných valů byly zjištěny významně vyšší hodnoty KVK, C-HK, C-FK, C_{ox}, N_t a HK/FK (graf 8 – 13). Analýza dat pomocí regresních modelů prokázala, že tento zjištěný stav půdních vlastností se vyznačuje lineárními vazbami (graf 14). Hodnoty KVK silně závislé na stavu pH byly zjištěny především v substrátech rozpracovaných valů (graf 15), zatímco jejich závislost na obsahu bazických kationtů byla zjištěná omezená jen na obsah Ca²⁺ (graf 16). V profilech skarifikovaných půd na náhorní plošině byla závislost KVK na hodnotách pH detekována pouze jako nevýznamná, zato byla detekována její významná závislost na obsahu výměnných bazických kationtů Ca²⁺ a Mg²⁺ (graf 17).

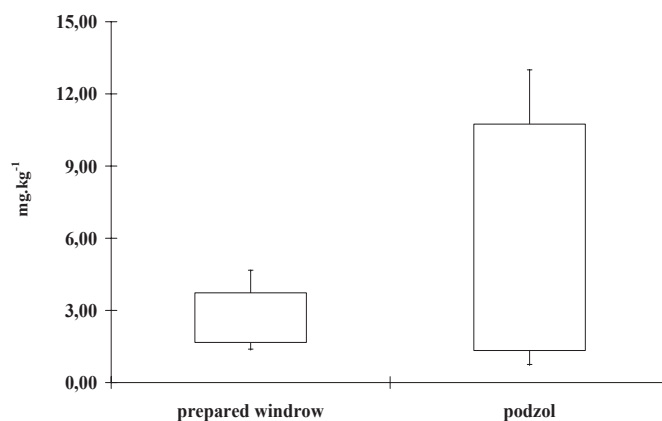
DISKUSE

Pedochemické vlastnosti substrátu rozpracovaných valů byly vzhledem ke skarifikovanému půdnímu profilům většinou zhodnoceny jako statisticky významně rozdílné. Interpretace pořízených výsledků jsou omezeny především diskretní povahou dat z přirozeného půdního profilu a antropogenního substrátu valů. Vzhledem k vysoké heterogenitě půdního prostředí v horských podmínkách Krušných hor (VAVŘÍČEK, ŠIMKOVÁ 2004) nebyla jako třídící kritérium pro půdní vzorky uvažována hloubka konkrétní vrstvy nebo horizontu. Geneze podzolů se obecně projevuje značnou heterogenitou a variabilitou horizontů i jejich vlastností (HUNT 1972, JANSEN 2003), která bývá vysvětlována pomocí předpokladů deterministické neurčitelnosti (PHILIPS et al. 1996).

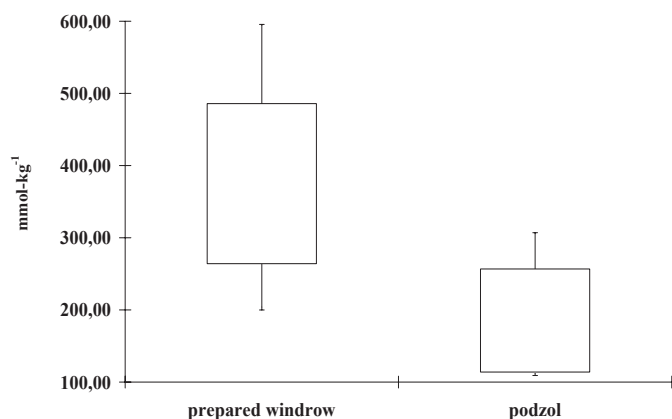
Půdní vzorky rozpracovaných valů byly srovnávány jednak podle odhadnutého zastoupení frakcí původních horizontů, jednak podle fyziologické dostupnosti a využitelnosti kořenovými systémy dřevin, na základě čehož je predikována jejich potenciální další geneze a analogie s půdními horizonty (VAVŘÍČEK et al. 2005). Při přípravě stanoviště před zalesněním došlo na území vybraných VÚ ke skarifikaci svrchních půdních horizontů. Na VÚ 2 byly takto odstraněny horizonty až na Bs, takže zde chybí i horizont Ep.



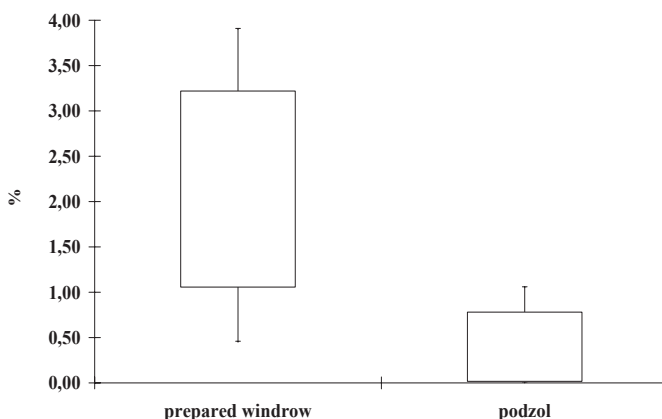
Graf 6.
Statistické rozdíly v hodnotách pH/KCl
Statistical differences for pH/KCl



Graf 7.
Statistické rozdíly v hodnotách fosforu
Statistical differences for phosphorus



Graf 8.
Statistické rozdíly v hodnotách KVK
Statistical differences for CEC



Graf 9.
Statistické rozdíly v hodnotách C-HK
Statistical differences for C-HA

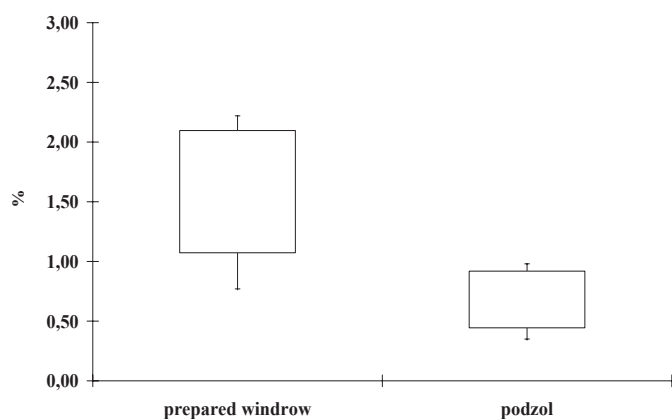
Na obnažené minerální půdě došlo ke genezi druhotného organominerálního horizontu Ap (tab. 3). Tento průběh geneze umožnil vytvořit půdní prostředí s kontinuální humifikací a tokem živin, které brání nekontrolovatelnému vyplavování produktů humifikace (cf. VAVŘÍČEK, ŠIMKOVÁ 2004).

Substrát rozpracovaných valů se vyznačuje zejména vyššími hodnotami KVK (průměrně 204,00 - 595,63 mmol.kg⁻¹), než jaké se vyskytují v profilu skarifikovaných půd (průměrně 111,33 - 307,00 mmol.kg⁻¹). Tento stav významně koreluje s obsahem fermentované a humifikované organické hmoty v substrátu (cf. VAVŘÍČEK 2003, VRANOVÁ, SAMEC 2005). Hodnoty KVK bývají zpravidla závislé na koncentracích výměnných H⁺, Ca²⁺ a Mg²⁺ v pedonu. To korelace s pH nezpochybňují. Průměrné hodnoty půdní reakce rozpracovaných valů byly zjištěny jako významně nižší (3,51 - 4,07 pro pH/H₂O; 2,92 - 3,71 pro pH/KCl) než pH podzolů na stejném stanovišti (4,31 - 5,14 pro pH/H₂O; 3,54 - 4,22 pro pH/KCl). Hodnoty C/N a obsahy výměnných bazických kationtů v posuzovaných vzorcích byly zjištěny jako analogické.

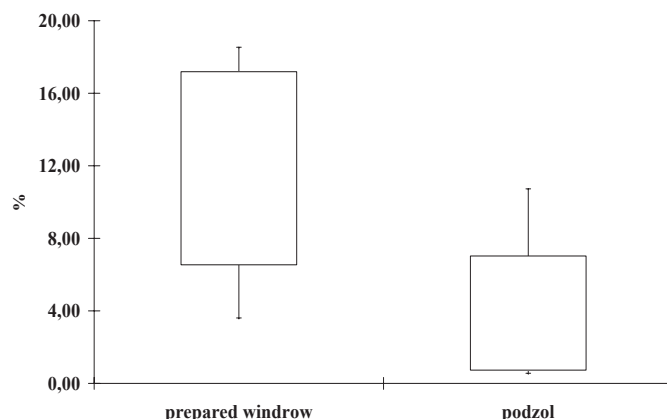
V prostředí valů se mohly bazické kationty stát v dostatečné míře součástí půdního roztoku i sorpčního komplexu teprve za předpokladu uskutečněné fermentace a částečné humifikace

zapravené organické hmoty. Jako znaky probíhající humifikace zapravené organické hmoty v někdejších valech lze považovat zvýšené hodnoty C-HK a C-FK. Protože se hodnoty výměnných bází vzájemně statisticky neliší a korespondují se stavem ve vybraných půdních profilech, mohou být považovány za optimalizované vzhledem k předpokládanému trofickému potenciálu stanovišť. Vyšší hodnoty C-HK, C-FK, C_{ox} i N_p, které odpovídají vyšším hodnotám KVK, mohou být považovány za faktory umožňující stimulaci sorpčních procesů a snazší dostupnost minerálních kationtů pro rostliny. Hodnoty C/N jsou ovšem stále při horní troficky únosné úrovni. Významně nižší poměr C/N nebyl zjištěn.

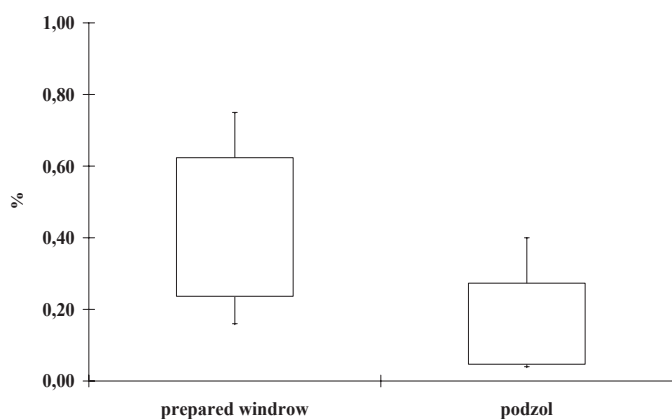
Obsah fosforu byl v rozpracovaných valech zjištěn v intervalu průměrných hodnot 1,39 - 4,67 mg.kg⁻¹. Tyto hodnoty korespondují s obsahem fosforu v horizontech Ap (1,33 - 3,33 mg.kg⁻¹) až Bs (2,50 - 3,17 mg.kg⁻¹). Teprve v podložních B/C-horizontech byly zjištěny jako výrazně vyšší (11,67 - 13,00 mg.kg⁻¹). I když Friedmanův test detekoval statisticky významně nižší úroveň obsahu přístupného fosforu v prostředí rozpracovaných valů, tento stav spíše koresponduje s předpoklady zvýšené mobility fosforu v horizontech Ap→Bs a s předpoklady absence mykorhiz na odlesněných plochách (TARAFDAR et al. 2001, HÝSEK, ŠARAPATKA 1998). V B/C-horizontu



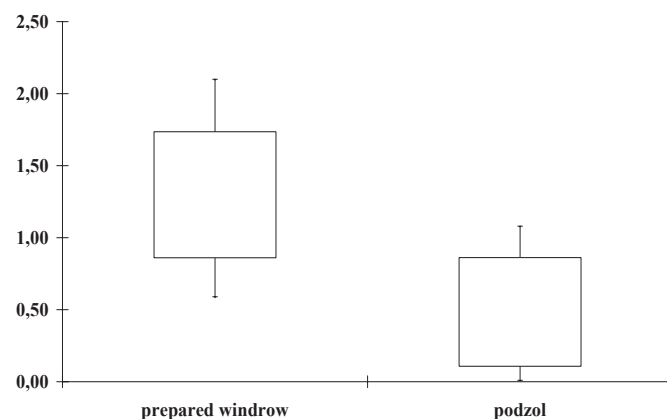
Graf 10.
Statistické rozdíly v hodnotách C-FK
Statistical differences for C-FA



Graf 11.
Statistické rozdíly v hodnotách C_{ox}
Statistical differences for C_{ox}



Graf 12.
Statistické rozdíly v hodnotách N_t
Statistical differences for N_t



Graf 13.
Statistické rozdíly v hodnotách HK/FK
Statistical differences for HA/FA

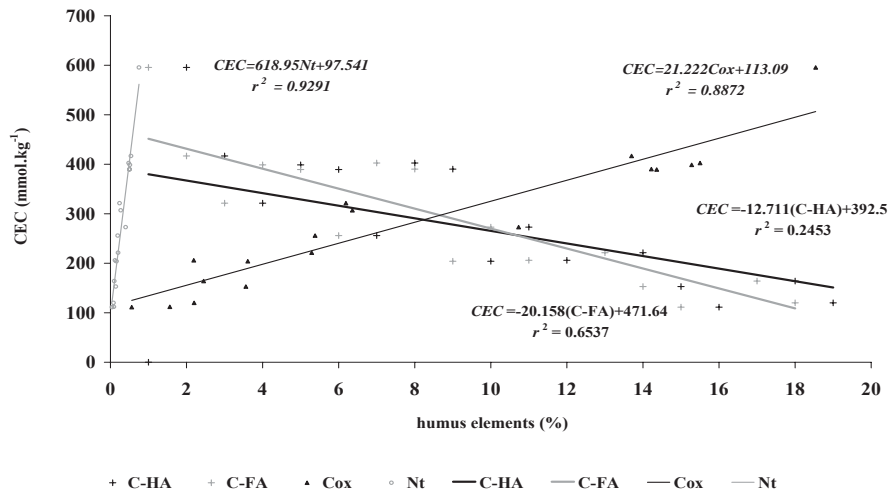
jsou koncentrace fosforu výsledkem především zvětrávacích procesů a jeho primárním zdrojem zde jsou zvětralinny půdotvorných hornin (SVOBODA 1960, 1961, ZAMARSKÝ et al. 1990).

Při dostatečně snížené imisní zátěži a kontinuálně probíhající fermentaci i humifikaci zapravené organické hmoty v substrátech rozpracovaných valů mohou na imisních holinách vznikat ekotopy schopné biologické meliorace. Náhradní lesní porosty následně mohou svým opadem sice poskytovat Ca^{2+} , avšak nedokáží účinně stabilizovat toky fosforu, hořčíku ani draslíku (HRDLIČKA, KULA 2001). Predispozice náhradních porostů působením imisních sloučenin se projeví mnoha symptomy chřadnutí a zvýšenou sensitivitou dřevin na výskytu extrémně nízkých teplot a poklesy půdní vlhkosti. Tyto jevy se odrážejí ve změnách biochemické aktivity rhizosféry a vedou k narušení procesů humifikace (CHAPPELKA, FREER-SMITH 1995). Na stanovištích, kde sice při přípravě půdy před zalesněním byla prováděna celoplošná orba a došlo k částečnému zapravení organické hmoty, ale kde se náhradní lesní porosty mohly udržet až do růstového stadia tyčkovin, umožnil ekologický kryt porostů genuzi různých subforem nadložního humusu, stabilizaci KVK a nárůst organického podílu ve svrchních půdních horizontech (BAJER et al. 2005,

MAUER et al. 2005, VRANOVÁ, SAMEC 2005). Proto kontinuální průběh humifikace je důležitým půdním procesem pro úspěšnou biologickou melioraci lesních stanovišť v imisních oblastech.

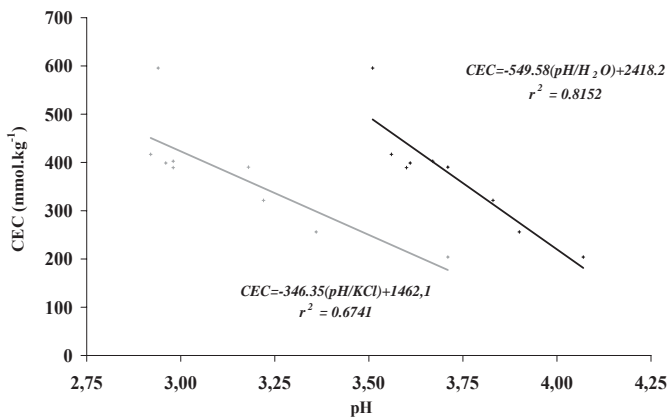
ZÁVĚR

V náhradních lesních porostech imisní oblasti severozápadních Krušných hor byly vybrány lokality rozpracovaných valů a jejich chemické a fyzikálně-chemické půdní vlastnosti srovnány s plochami, kde došlo ke skarifikaci svrchních půdních horizontů. Oba srovnávané subsystemy jsou v současnosti výsledkem půdotvorných procesů s různou dynamikou. Každý pro dřeviny poskytuje jiné růstové prostředí. Zapracování organické hmoty do těles valů umožnilo její uchování a podpořilo její fermentaci. Rozpracováním valů byly tyto produkty dekompozice a částečné humifikace zpřístupněny pro rostliny. Rozpracované valy mají vzhledem ke zbytkům přirozených půd na zkoumaných územích vyšší obsahy humusových látek a hodnoty KVK. Stav C/N a obsah fosforu ale naznačují, že procesy podzolizace jsou na rozpracovaných vales neodvratné.



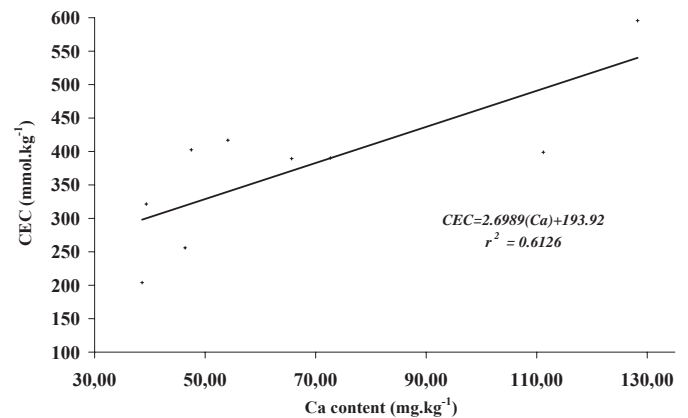
Graf 14.

Regresní funkce pro KVK a parametry humusových sloučenin
 Regression functions for CEC and parameters of humus substances



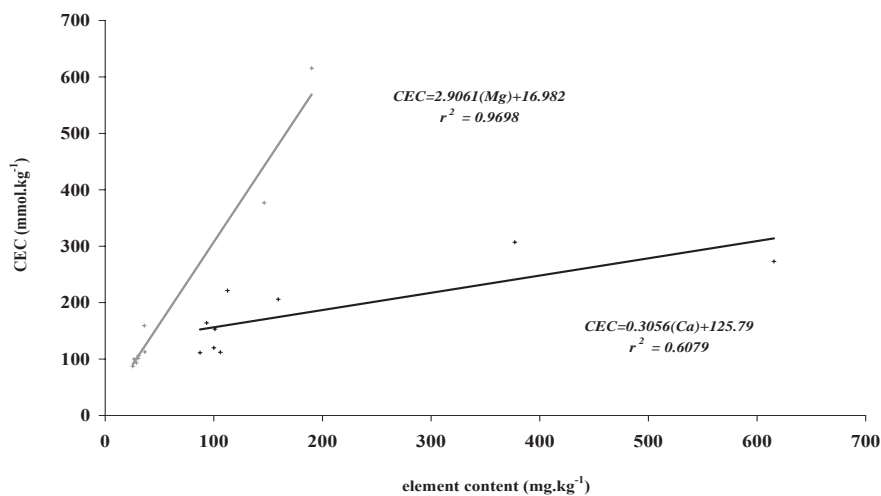
Graf 15.

Regresní funkce pro KVK a pH na rozpracovaných valech
 Regression functions for CEC and pH-values in the prepared windrows



Graf 16.

Regresní funkce pro KVK a obsah Ca na rozpracovaných valech
 Regression functions for CEC and content of Ca in the prepared windrows



Graf 17.

Regresní funkce KVK a základních výměnných bází ve skarifikovaných půdních profilech
 Regression functions for CEC and basic exchange bases in scarified soils

Tab. 2. Chemické charakteristiky ($\bar{x} \pm \sigma$) rozpracovaných valů: půdní reakce (pH), minerální živiny (P, Mg, Ca, K) (mg.kg⁻¹), KVK (mmol.kg⁻¹), C-sloučeniny a N_t (%)
 Chemical characteristics ($\bar{x} \pm \sigma$) of the prepared (graded) windrows: soil acidity (pH), mineral nutrients (P, Mg, Ca, K) (mg.kg⁻¹), CEC (mmol.kg⁻¹), C-substances and N_t (%)

| RL | Strata | pH/H ₂ O | pH/KCl | P | Mg | Ca | K | KVK/CEC | Cox | Nt | C-HK | C-FK | HK/FK | C/N |
|---------|-----------|---------------------|-----------|------------|--------------|---------------|--------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Špičák | H/A | 3,51±0,21 | 2,94±0,17 | 3,75±1,83 | 54,52±14,11 | 207,38±58,29 | 128,25±35,01 | 595,63±334,61 | 18,54±8,54 | 0,75±0,37 | 3,91±1,90 | 1,77±0,32 | 2,10±0,75 | 25,62±3,63 |
| | A/H | 3,56±0,13 | 2,92±0,14 | 4,67±3,61 | 67,67±18,29 | 371,67±139,95 | 54,11±11,96 | 416,80±59,16 | 13,70±4,78 | 0,54±0,16 | 2,77±0,88 | 1,76±0,34 | 1,56±0,37 | 25,15±3,09 |
| Nádraží | A/B (B) | 3,83±0,22 | 3,22±0,27 | 1,99±1,49 | 37,67±10,14 | 170,92±54,27 | 39,36±7,43 | 321,42±81,69 | 6,19±1,98 | 0,24±0,06 | 0,99±0,38 | 1,12±0,38 | 0,96±0,57 | 25,48±4,20 |
| | H/A | 3,61±0,06 | 2,96±0,08 | 1,80±0,76 | 61,20±16,71 | 278,60±106,35 | 111,20±9,34 | 398,83±47,67 | 15,28±4,37 | 0,51±0,21 | 1,99±0,83 | 2,22±1,37 | 1,11±0,60 | 31,21±5,88 |
| Suchdol | A/H | 3,60±0,07 | 2,98±0,06 | 2,67±1,15 | 55,33±12,66 | 246,33±62,17 | 65,66±7,51 | 389,33±45,00 | 14,36±5,75 | 0,50±0,20 | 2,42±0,74 | 1,63±0,58 | 1,49±0,08 | 28,97±2,63 |
| | A/B (B) | 3,90±0,12 | 3,36±0,21 | 2,43±2,37 | 34,63±4,98 | 123,50±30,39 | 46,38±13,56 | 256,00±44,47 | 5,38±1,46 | 0,19±0,04 | 1,22±1,09 | 1,01±0,35 | 1,09±0,52 | 27,73±4,94 |
| Suchdol | H/A | 3,67±0,01 | 2,98±0,09 | 3,25±3,18 | 64,00±7,07 | 328,50±122,33 | 47,50±4,95 | 402,50±26,17 | 15,50±2,40 | 0,48±0,04 | 2,64±0,06 | 2,20±0,05 | 1,20±0,00 | 32,53±2,64 |
| | A/H | 3,71±0,09 | 3,18±0,25 | 2,33±1,54 | 85,00±58,39 | 361,00±253,83 | 72,67±29,75 | 390,20±27,55 | 14,22±2,33 | 0,50±0,10 | 2,84±0,84 | 1,78±0,28 | 1,58±0,29 | 28,67±3,08 |
| A/B (B) | 4,07±0,08 | 3,71±0,11 | 1,39±0,56 | 40,60±8,05 | 159,20±74,39 | 38,60±9,18 | 204,00±31,69 | 3,61±1,26 | 0,16±0,05 | 0,46±0,27 | 0,77±0,31 | 0,59±0,27 | 22,49±3,85 | |

Tab. 3. Chemické charakteristiky ($\bar{x} \pm \sigma$) referenčních půdních profilů: půdní reakce (pH), minerální živiny (P, Mg, Ca, K) (mg.kg⁻¹), KVK (mmol.kg⁻¹), C-sloučeniny a N_t (%)
 Chemical characteristics ($\bar{x} \pm \sigma$) of the compared reference soil profiles: soil acidity (pH), mineral nutrients (P, Mg, Ca, K) (mg.kg⁻¹), CEC (mmol.kg⁻¹), C-substances and N_t (%)

| RL | Horizon | pH/H ₂ O | pH/KCl | P | Mg | Ca | K | KVK/CEC | Cox | Nt | C-HK | C-FK | HK/FK | C/N |
|---------|-----------|---------------------|------------|------------|---------------|---------------|-------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| Špičák | Ap | 5,14±1,43 | 4,22±1,69 | 1,50±1,32 | 190,00±60,51 | 615,53±229,19 | 67,00±38,69 | 273,00 | 10,73±3,53 | 0,40±0,29 | 1,06 | 0,98 | 1,08 | 38,13±28,09 |
| | Ep | 4,48 | 3,48 | 1,00 | 50,00 | 258,00 | 29,00 | 232,00 | 2,64 | 0,14 | - | - | - | 18,86 |
| Nádraží | Bs | 4,72±0,38 | 4,05±0,13 | 2,50±1,80 | 36,00±5,19 | 159,33±24,01 | 20,67±5,51 | 206,00 | 2,19±0,78 | 0,12±0,01 | 0,01 | 0,76 | 0,01 | 18,84±4,43 |
| | Bs(g) | 4,73±0,08 | 4,16±0,03 | 5,67±1,26 | 28,33±4,04 | 107,00±25,52 | 16,33±0,58 | 140,00 | 1,56±0,53 | 0,09±0,02 | 0,02 | 0,72 | 0,03 | 17,09±2,78 |
| Suchdol | B/C | 4,68±0,07 | 4,12±0,03 | 11,67±7,08 | 30,67±3,06 | 106,00±7,35 | 19,67±10,01 | 112,00 | - | - | 0,02 | 0,48 | 0,04 | - |
| | Ap | 4,31±0,18 | 3,54±0,22 | 3,33±0,58 | 36,33±9,07 | 112,66±18,04 | 67,00±17,58 | 221,33±29,48 | 5,29±0,66 | 0,20±0,03 | 0,67 | 0,87 | 0,77 | 27,01±1,97 |
| Suchdol | Bs | 4,48±0,14 | 3,94±0,34 | 3,17±1,26 | 30,33±2,08 | 101,00±6,08 | 40,67±22,30 | 153,00±9,54 | 3,56±1,97 | 0,14±0,06 | 0,55 | 0,85 | 0,65 | 24,34±5,04 |
| | Bs(g) | 4,51 | 4,17 | 6,00 | 21,00 | 83,00 | 21,00 | 126,00 | 1,47 | 0,08 | - | - | - | 18,38 |
| Suchdol | B/C | 4,65±0,05 | 4,09±0,11 | 12,33±5,69 | 25,33±3,79 | 87,33±5,86 | 18,00±2,65 | 111,33±6,43 | 0,56 | 0,04 | 0,09 | 0,35 | 0,26 | 14,00 |
| | Ap | 4,67±0,75 | 3,71±0,72 | 1,33±0,76 | 146,33±143,20 | 377,00±357,63 | 83,67±43,66 | 307,00±100,41 | 6,36±2,27 | 0,27±0,13 | 0,80±0,33 | 0,90±0,33 | 0,88±0,05 | 24,02±3,22 |
| Suchdol | Ep | 4,30 | 3,56 | 1,00 | 45,00 | 109,00 | 35,00 | 204,00 | 4,48 | 0,16 | 0,21 | 0,59 | 0,36 | 28,00 |
| | Bs | 4,59±0,12 | 4,12±0,09 | 2,91±1,77 | 28,67±3,21 | 93,33±11,59 | 28,67±9,71 | 164,00±15,55 | 2,45±1,52 | 0,10±0,04 | 0,21±0,19 | 0,52±0,12 | 0,36±0,29 | 23,77±4,82 |
| B/C | 4,58±0,05 | 4,15±0,04 | 13,00±3,61 | 26,67±3,79 | 100,00±14,93 | 23,33±1,53 | 120,00±2,83 | 2,20±1,75 | 0,08±0,06 | 0,18±0,23 | 0,42±0,26 | 0,31±0,37 | 27,04±1,07 | |

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl díky podpoře výzkumného záměru MŠMT ČR pro LDF MZLU v Brně č. MSM 6215648902.

LITERATURA

- BAJER, A., HOUŠKA, J., REJSEK, K., SAMEC, P., VRANOVÁ, V. Výzkum stanovištních poměrů v jednotlivých lesních oblastech ČR. In Kulhavý, J., Skoupý, A., Kantor, P., Simon, J. (eds.): Trvale udržitelné hospodaření v lesích a krajíně: od koncepce k realizaci. Brno: MZLU, 2005. s. 41-64.
- BRIDGES, K. S., JICKELLS, T. D., DAVIES, T. D., ZEMAN, Z., HUNOVÁ, I. Aerosol, precipitation and cloud water chemistry observations on the Czech Krušné hory plateau adjacent to a heavily industrialised valley. *Atmospheric Environment*, 2002, vol. 36, s. 353-360.
- CULEK, M. (ed.) Biogeografické členění České republiky. Praha: Enigma, 1996. 347 s.
- HRDLÍČKA, P., KULA, E. Macroelement content in leaves of birch. *Journal of Forest Science*, 2001, vol. 47, s. 97-104.
- HUNT, Ch. B. *Geology of Soils (Their Evolution, Classification, and Uses)*. San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1972. 344 s.
- HÝSEK, J., ŠARAPATKA, B. Relationship between phosphatase active bacteria and phosphatase activities in forest soils. *Biological Fertility of Soils*, 1998, vol. 26, s. 112-115.
- CHAPPELKA, A. H., FREER-SMITH, P. H. Predisposition of trees by air pollutants to low temperatures and moisture stress. *Environmental Pollution*, 1995, vol. 87, s. 105-117.
- JANSEN, B. The mobility of aluminium, iron and organic matter in acidic sandy soils. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 2003. 187 s.
- JIRGLE, J. Komplexní stanovisko k tzv. buldozerové (a bagrové) přípravě půdy v imisních oblastech. Závěrečná zpráva. Ústí nad Labem: VÚLHM, 1983. 76 s.
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., RYCHNOVSKÁ, A. Porosty náhradních dřevin a jejich kořenový systém. In Kulhavý, J., Skoupý, A., Kantor, P., Simon, J. (eds.): Trvale udržitelné hospodaření v lesích: od koncepce k realizaci. Brno: MZLU, 2005. s. 231-238.
- MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1978, vol. 9, s. 477-492.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J. Statistické zpracování experimentálních dat. Praha: Plus, 1994. 839 s.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z., BLAŽKOVÁ, D., GRULICH, V., HUSOVÁ, M., CHYTRÝ, M., JENÍK, J., JIRÁSEK, J., KOLBEK, J., KROPÁČ, Z., LOŽEK, V., MORAVEC, J., PRACH, K., RYBNÍČEK, K., RYBNÍČKOVÁ, E., SÁDLO, J. Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Praha: Academia, 1998. 450 s.
- PHILLIPS, J. D., PERRY, D., GARBEE, A. R., CAREY, K., STEIN, D., MORDE, M. B., SHEEHY, J. A. Deterministic uncertainty and complex pedogenesis in some Pleistocene dune soils. *Geoderma*, 1996, vol. 73, s. 147-164.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I. Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. - Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 2003, vol. 49, s. 141-147.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., MOSER, W. K. Ecological impact analysis of mechanised site preparation techniques. *Journal of Forest Science*, 2001, vol. 47, s. 146-149.
- SAMEC, P., URBAN, J., KISZA, L. Vybrané efekty biologické meliorace ve vztahu k půdním fyzikálním vlastnostem. In Neuhöferová, P. (ed.): Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Kostelec nad Černými lesy: ČZU, 2005, s. 67-76.
- SVOBODA, J. F. (ed.) *Naučný geologický slovník*. I. díl. Praha: ČSAV, 1960. 700 s.
- SVOBODA, J. F. (ed.) *Naučný geologický slovník*. II. díl. Praha: ČSAV, 1961. 827 s.
- ŠIMKOVÁ, P., VAVŘÍČEK, D. Změny geneze a fyzikálně chemických charakteristik diagnostických horizontů na základě antropogenních vlivů (Krušné hory – západ). In Novák, J., Slodičák, M. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 2004. s. 45-60.
- TARAFDAR, J. C., YADAV, R. S., MEERA, S. C.: Comparative efficiency of acid phosphatase originated from plant and fungal sources. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 2001, vol. 164, s. 279-282.
- UGOLINI, F. C., SPALTENSTEIN, H. Pedosphere. In Butcher, S. S., Charlson, R. J., Orians, G. H., Wolfe, G. V. (eds.): *Global Biogeochemical Cycles*. San Diego: Academic Press, 1992. s. 123-153.
- VAVŘÍČEK, D. Současný stav na stanovištích s celoplošnou dozeřovou a bagrovou přípravou půdy z aspektu jejich revitalizace v 7. LVS Krušných hor. In Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2002. Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 2003. s. 9-24.
- VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P. Komparace skarifikovaných ploch mezi valy a přirozeným edatopem 7. LVS Krušných hor. In Novák, J., Slodičák, M. (eds.): Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 2004. s. 29-44.
- VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P., FORMÁNEK, P., SAMEC, P. Revitalizace půdního prostředí valů v 7. LVS Krušných hor s návrhem dalších opatření pro obnovu lesa. II. díl. Brno: MZLU, 2005. 188 s.
- VRANOVÁ, V., SAMEC, P. State of soil sorption complex in substitute stands under decreased air-pollution load in submontane conditions of the Podkrkonoší region. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2005. vol. 8, <http://www.ejpau.media.pl/series/volume8/issue1/forestry/art-01.html>.
- WEBSTER, R. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 2001, vol. 52, s. 331-340.
- ZAMARSKÝ, V., KUDĚLÁSKOVÁ, M., SLIVKA, V. Mineralogie a petrografie. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 1990. 313 s.
- ZAR, J. *Biostatistical Analysis*. 2nd ed. Englewood Cliffs New Jersey: Prentice Hall Int., 1994. 584 s.
- ZBÍRAL, J. *Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy*. Brno: ÚKZÚZ, 2002. 197 s.
- ZBÍRAL, J., HONSA, I., MALÝ, S. *Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy*. Brno: ÚKZÚZ, 1997. 150 s.

SOIL CHEMICAL PROPERTIES OF PREPARED WINDROWS ON CLEAR-FELLED AREAS IN THE ORE MOUNTAINS PLATEAU POLLUTION ZONE

SUMMARY

The Ore Mts. (338 - 1,244 m a. s. l.; +5.5 to +2.7 °C, precipitation depth of 900 - 1,200 mm) are a region where in 1970 - 1977 air pollution caused a fast decrease of forest cover percentage (23.9 %). Temperature fluctuations during the winter 1978/1979 were the starting event for subsequent long-term forest decline and forest stand dieback on large areas in many European regions. The last extensive direct forest stand damage by SO₂ was observed in the Krušné hory Mts. on an area larger than 10,000 ha in 1996.

The forest dieback was followed by efforts aimed at forest restoration. The Ore Mts. Plateau provided ideal conditions for the application of forest site mechanized preparation. For the preparation of sites for forest regeneration soil scarification was done by diggers and bulldozers, soil horizons relatively unaffected by air pollution were denuded and the uniform relief of windrows was created. The environment of windrows enabled to make a fast progress of reforestation (and also repetitively) and to apply chemical amelioration. Mechanized devastation of the natural ecotope led to topsoil horizon degradation and risky humus losses. Changes in the substance fluxes resulting from chemical amelioration led to temporary progressive degradation of forest types.

On the selected plots we measured chemical and physically chemical soil properties for horizons of prepared (graded) windrows and scarified natural soil profiles (Haplic Podzol). Our results generally correspond with the theory about soil progressive degradation after windrow cultivation on these mountain localities. The statistical comparisons about soil properties of the graded windrows and scarified Podzols indicated that both units were results of different pedogenetic dynamics. Each observed soil body provides different growth conditions for forest tree species although site conditions seem still the same. The raking up of organic matter into windrow bodies provides its conservation and fermentation. After windrow grading the products of decomposition and partial humification were accessible for plants. Graded windrows have higher contents of humus substances as well as cation exchange capacity in contrast to fragments of natural soils. But C/N or phosphorus suggests that podzolization is inevitable in the graded windrows.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Doc. Dr. Ing. Dušan Vavříček, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: 545 134 187; e-mail: dusvav@mendelu.cz