

VYHODNOCENÍ VÝVOJE CHEMISMU PŮDNÍHO PROFILU NA PLOCHÁCH ZDÍKOV V OBLASTI ŠUMAVY

EVALUATION OF DEVELOPMENT OF SOIL PROFILE CHEMISTRY ON PLOTS ZDÍKOV IN THE AREA OF THE ŠUMAVA MTS.

VÁCLAV LOCHMAN - MILAN BÍBA - VĚRA FADRHONSOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

Research plots Zdíkov are situated into the experimental catchment U Lizu in the Šumava Mts. Foothills at Zdíkov. Research in this area was focused on water management influence of spruce and beech stands. Plot spruce I was established in 1986 in the older stand that was felled in 1997. In the same year plot spruce II was established in the vicinity of the plot beech established in 1989. Sampling of humus and soil was provided during plot establishment and repeated in irregular time periods, and fallout of substances in throughfall was investigated. In the 1990s deposition of H^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Fe , Al and NH_4^+ decreased in the observed stands, after 2000 marked fallout drop of Na , Mg , Ca appeared as well as growth of K fallout and also of Mn in throughfall under spruce. Changes were in deposition of observed substances also in concentration of substances in soil water caught under humus horizon. Between years 1993 and 2000 pH increased in forest floor of spruce and content of exchangeable cations Mg , Ca and Mn (already on felling) enhanced. In mineral soil pH as well as content of exchangeable basic cations decreased. In 2000 increased content of exchangeable cations was found in beech stand in the layer H of forest floor in comparison with the year 1993 and this state lasted until 2006. In mineral soil sudden fallout of exchangeable cations appeared in 2000. Zone of higher content of cations in adsorption complex occurs in soil profile under spruce (II) already from depth of 50 cm, while in beech stand first from 70 - 100 cm.

Klíčová slova: chemismus lesních půd, změny depozice prvků, Šumava

Key words: chemistry of forest soils, changes in deposition of elements, Šumava Mts.

ÚVOD

Výzkumné plochy Zdíkov byly založeny na povodí U Lizu pro studium vlivu porostů smrku a buku na vodní režim půdy, jejich vlivu na odtok vody do zdrojů a vztahu k přírůstu dřevní hmoty (MRÁZ et al. 1990). Sledování vodního režimu půd bylo ukončeno v roce 1994 (BUCEK et al. 1994). Vedle vodního režimu půd v porostech smrku a buku byla měřena depozice látek a chemismus půdní vody. Měření pokračovalo do konce roku 2007 (LOCHMAN et al. 2003). Při založení výzkumných ploch zde byly odebírány vzorky humusu a půdy pro analýzy, odběry a analýzy humusu a půd na plochách byly opakovány a je možné vyhodnotit vývoj chemismu půdy, který je předmětem tohoto příspěvku.

Oblast Zdíkov v předhůří Šumavy (CHKO Šumava) byla relativně méně zasažena spadem imisních látek ve srovnání s dalšími horskými oblastmi České republiky (LOCHMAN 1993), přesto se i zde zřetelně projevil pokles znečištění ovzduší a spadu kyselých imisních látek, především SO_4^{2-} i Cl^- v 90. letech a komponentů tuhého spadu po roce 2000. Po snížení spadu imisních látek však stále klesá zásoba výměnných kationtů v rhizosféře minerální půdy. Vývoj chemismu půdy je podstatný nejen pro ovlivňování koncentrací látek v odtékající vodě do zdrojů, ale též pro výživu porostů lesních dřevin.

METODIKA

Popis ploch

Výzkumné plochy v porostech smrku a buku leží na výzkumném povodí U Lizu nedaleko Zdíkov. Jeho správcem je Ústav pro hydrodynamiku Akademie věd ČR. Plocha v porostu smrku I byla v zimě 1996/97 zrušena smýcením porostu a v dubnu 1997 přenesena do smrkového porostu II, poblíž plochy v porostu buku. Bližší údaje o porostech jsou v tabulce 1. Podle TESAŘE (1990) zde dosahovaly v letech 1976 až 1989 průměrné roční srážky 840,6 mm, podle Atlasu ČSSR (1966) leží srážky v pásmu 800 až 900 mm. Pro jednotlivé roky jsou k dispozici srážky volné plochy na stanici České geologické služby. Průměrná teplota se v minulosti pohybovala mezi 5 a 6° C (Atlas ČSSR, 1966). Humusovou formou v porostu na ploše smrk I je morový moder, v porostu smrk II a v porostu buku typický moder. Půdním typem na všech třech plochách je dystrická kambizem, na ploše smrk I se pomístně objevují i znaky podzolizace (NĚMEČEK et al. 2001). Půdy se vyvinuly na svahovinách ruly (biotitická a sillimanit-biotitická plagioklasová pararula).

Popisy prací

Na výzkumných plochách je instalováno zařízení ke sběru srážkové vody (koryta) a beztlakové lyzimetry pod pokryvným humusem. Na ploše smrk I byly umístěny roku 1986 a na plochu ve smrku II byly přemístěny v roce 1997.

V porostu buku byla instalována sběrná zařízení na podkorunové srážky a stok vody po kmenu i lyzimetry na jímání půdní vody pod pokrývným humusem v roce 1989. Vzorky vody byly odebírány v měsíčních intervalech, v mrazivém zimním období byly odběry nepravidelné.

První vzorky půdy jsme odebírali ze sond při zakládání ploch, na ploše smrk I roku 1986 a dále roku 1993 a 2000, na ploše smrk II až v roce 2006. V porostu buku byly odebrány první vzorky půdy v roce 1989 a dále v roce 1993, 2000 a 2006.

Metodiky rozboru

Rozbory vod i půd prováděly zkušební laboratoře VÚLHM Strnady. Celkový organický uhlík (Cox) byl ve vodách zjišťován jodometrickou titrací po mineralizaci kyselinou chromsírovou. Hodnoty pH byly měřeny na pH přístroji ION Meter pMX 2000. Koncentrace F⁻ a Cl⁻ byly stanoveny do roku 1993 na stejném přístroji pomocí iontových selektivních elektrod. Do konce tohoto roku byl měřen obsah NO₃⁻, NH₄⁺ a SO₄²⁻ kolorimetricky na Auto-Analyzeru Technicon II a fosfáty kolorimetricky při použití molyb-



Obr. 1.
Půdní profil v sondě na ploše Zdíkov
Soil profile in the probe on plot Zdíkov



Obr. 2.
Popis půdní sondy na ploše Zdíkov v roce 2006
Description of soil probe on plot Zdíkov in 2006

Tab. 1.
Plocha Zdíkov
Plot Zdíkov

Plocha/ Plot	Dřevina/ Tree species	Věk/ Age	Zakmenění/ Stocking	Bonita/ Yield class	Lesní typ/ Forest type	Nadm. výška/ Elevation m
smrk I/spruce 1 1987 - 1996	smrk 92/spruce 92 buk 5/beech 5 jedle 3/fir 3	126	10	6	6 K1	835
smrk II/spruce II od/since 1997	smrk 100/spruce 100	97	10	5	6 S1	870
buk/beech od/since 1989	buk 100/beech 100	97	10	5	6 S1	880

denátu amonného. Od roku 1994 byly měřeny koncentrace Cl^- , F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} na chromatografu Thermostepparation a NH_4^+ na přístroji SAN Plus Autoanalyzer. Kationty Na, K, Mg, Ca, Zn, Mn, Al byly do roku 1993 ve vodách stanoveny na spektrofotometru Varian Techtron. Od roku 1994 jsou koncentrace těchto prvků a P měřeny na spektrofotometru ICP OES LIBERTY.

Pro stanovení celkového obsahu prvků v humusu byly vzorky mineralizovány žiháním a k výluhu popela použita koncentrovaná HCl. Od roku 1994 jsou vzorky vyluhovány lučavkou královskou. Do roku 1989 byl pro stanovení přístupných prvků používán 1% výluh kyselinou citronovou a od roku 1990 výluh 1M NH_4Cl .

Při použití kyseliny citronové přejde do výluhu méně sorbovaných bazických kationtů (Na, K, Mg, Ca) než do výluhu 1M NH_4Cl , ale více kovů Al, Fe, Mn, protože kyselina vytváří rozpustné cheláty s oxidy (hydroxidy) těchto kovů přítomných v půdě (LOCHMAN 1996, LOCHMAN et al. 1998).

Celkový oxidovatelný uhlík (Cox) v půdách byl stanoven též jodometrickou titrací po mineralizaci kyselinou chromsírovou, celkový dusík pomocí kjeldahlizace. Obsahy Ca, K, Mg, Na, Al, Fe, Mn, Zn ve výluzích půdy i po mineralizaci humusu byly stanoveny na spektrofotometru AAS Varian Techtron. Obsahy As, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb a P po mineralizaci vzorků byly v letech 1994 a 2006 určovány na přístroji ICP OES LIBERTY. Do roku 1993 byl používán ke stanovení těchto prvků též AAS Varian Techtron. Přístupný fosfor byl extrahován slabým roztokem kyselin (0,05 N HCl + 0,025 N H_2SO_4) a měřen na spektrometru Skalar. Hodnoty pH půdy v půdní suspenzi jsou měřeny na přístroji DIGI 520 WTW. Roku 2006 byl celkový C a N měřen v půdním vzorku spalovací metodou.

VÝSLEDKY

Vývoj depozice sledovaných látek a kontaminace vod

V tabulce 2 je uveden průměrný roční spad sledovaných látek zachycený s podkorunovými srážkami (throughfall) na plochách v porostech smrku. Na ploše smrk I klesal od roku 1987 do roku 1996 spad vodíkových iontů. V dalších letech, od roku 1997 se v podkorunových srážkách ve smrku na ploše smrk II pokles spadu H^+ iontů zastavil. U bazických kationtů je vidět pokles spadu Ca. Ve sledovaném období se snižoval spad Al, depozice Fe klesala především do roku 1997. Dále je patrný pokles spadu sloučenin N a zřetelný pokles spadu SO_4^{2-} , F^- , $\text{P}(\text{P}/\text{PO}_4^{3-})$ ve srážkové vodě zachycované v porostech smrku na ploše I i na ploše II. V letech 2001 - 2005 zůstával stejný spad K a zvyšoval se spad Mn, oproti předchozímu období.

V tabulce 3 se prezentují průměrné celkové spady v porostu buku, které jsou součtem spadu látek s podkorunovými srážkami (throughfall) s látkami ve stoku vody po kmeni (stemflow). Mezi roky 1990 a 2005 se projevil na ploše pokles spadu H^+ iontů. U bazických kationtů je patrné zřetelné snížení depozice Ca, u kovů především Al a také Fe a Zn. Posuzujeme-li celé období let 1990 až 2005, je vidět pokles spadu SO_4^{2-} , F^- a $\text{P}(\text{P}/\text{PO}_4^{3-})$. Naopak zvýšení depozice s podkorunovými srážkami se projevilo u K a Mn. Tyto prvky jsou však v korunách stromů intenzivně vymývány z listů.

Celkové spady látek mohou být ovlivněny výší srážek. Změny znečištění ovzduší ukazují hodnoty koncentrací. Vývoj jejich koncentrací ve srážkové vodě pod korunami buku a ve vodě stékající po kmenech buku ukazují údaje v tabulce 4. V období let 2001 až 2005 se oproti období let 1990 - 1993 snížila kyselost vody

(poklesl obsah H^+), dále poklesly koncentrace Na, Mg a především Ca. Zřetelný byl i pokles koncentrací Al, Fe, Zn a aniontů zejména SO_4^{2-} a F^- , méně Cl^- . Snížení se projevilo i u sloučenin N a P. Naopak ve srážkové vodě narostl obsah K.

Změnu znečištění ovzduší dokladuje voda stékající po kmeni, která v prvním hodnoceném období (1990 - 1993) byla více kontaminovaná než voda okapová a v druhém období 2004 až 2005 je již méně znečištěná většinou prvků.

Půdní voda zachycovaná pod humusovým horizontem v buku v letech 1990 až 1993 vykazovala vyšší koncentrace téměř všech sledovaných látek oproti podkorunovým srážkám, s výjimkou H^+ , Cl^- a Na. V období let 2001 až 2005 humusový horizont také obohacoval odtékající okapovou vodu ionty, s výjimkou K a Cl^- , ale koncentrace sledovaných látek byly většinou nižší, až na H^+ , Mn a Fe, jejichž průměrné koncentrace ve vodě odtékající z pokryvného humusu se v těchto letech naopak zvýšily.

Vývoj chemismu půdy v porostech

U vzorků humusu odebíraných v porostu smrku I mezi roky 1986 a 2000 se v celkovém obsahu projevuje pokles Na, Al, Pb a Cr a také Fe ve vrstvě L (tab. 5). Vyšší obsahy byly zjištěny v roce 2000 u K a Ca. Údaje z roku 2006 se týkají nové plochy, kde je analyzován i vzorek organominerálního horizontu Ah.

Obsah přístupných prvků stanovených v 1% kyselině citronové byl na ploše ve smrku I zjišťován v roce 1986 (tab. 7). Povrchové horizonty půdy na ploše byly kyselé, poměr C/N byl vysoký a obsahy přístupných kationtů Ca a Mg a $\text{P}/\text{PO}_4^{3-}$ velmi nízké. Vyšší obsahy Fe v hloubce 5 - 10 cm (s kyselinou citronovou vytvářejí cheláty) ukazují sklon k podzolizaci. Zóna obohacená sloučeninami Fe byla. Při stanovení výměnných sorpčně vázaných kationtů, ve výluhu 1 M NH_4Cl v roce 1993, s výjimkou humózního horizontu 0 - 10 cm, nebyly zjištěny vyšší obsahy Na, Ca, Mg než obsahy přístupných kationtů v roce 1986. U přístupného $\text{P}/\text{PO}_4^{3-}$ bylo stanoveno zvýšení obsahu (byla použita jiná metodika výluhu). Mezi roky 1993 a 2000 nastalo ve vrstvě H zvýšení hodnoty pH/ H_2O a zvýšení obsahu K, Mg, Ca, Mn. V minerální půdě proběhlo snížení pH a zásoby všech bazických kationtů a stupně nasycení sorpčního komplexu V. S výjimkou K byly zásoby výměnných bazických kationtů velmi nízké (BALCAR et al. 2000), nasycení sorpčního komplexu minerální půdy nedosahovalo 10 %.

Na nové ploše v porostu smrku II, založené v roce 1997, vykazovaly v roce 2006 humus a minerální půda příznivější pH a především v hlubší části půdního profilu vyšší zásobu výměnných bazických kationtů (tab. 8). Nasycení sorpčního komplexu od povrchu minerální půdy do hloubky 40 cm zde také nedosahuje 10 %. Zásoba P je v celém půdním profilu minimální (< 5,49 mg.kg⁻¹). V sorpčním komplexu pokryvného humusu převažuje Mn nad Al a Fe. Zásoba K, Mg a Ca i P je v rhizosféře půdního profilu velmi nízká.

V porostu buku ukazuje tabulka 6 celkové obsahy prvků. Zásoby všech bazických kationtů, fosforu i těžkých kovů (Cd, Cu, Pb, Zn) jsou střední (FABIÁNEK et al. 2004) Maximální obsahy byly zjištěny u většiny prvků v roce 2000.

Při prvním odběru vzorků půdy v roce 1989 byla zjišťována zásoba přístupných prvků v 1% kyselině citronové. U vzorků půdy odebraných v roce 1993 se oproti roku 1989 zvýšilo pH hlubších horizontů. Poměr C : N se podstatně neměnil. V pokryvném humusu se obsah výměnných bazických kationtů ve vrstvě H rovnal přibližně obsahu přístupných forem zjištěných v roce 1989. Obsah přístupného P poklesl.

V minerální půdě byla v roce 1993 stanovena poněkud vyšší zásoba výměnných bazických kationtů než přístupných v roce 1989. Při rozbořech vzorků odebraných v roce 2000 bylo ve vrstvě H zjištěno zvýšení obsahu výměnných bazických kationtů a tento stav přetrvával do roku 2006. V minerální půdě se projevil pokles obsahu výměnných iontů Na, K, Mg, Ca na velmi nízké hodnoty. Při analýzách vzorků z roku 2006 byly v hloubce 70 až 100 cm zjištěny poněkud vyšší obsahy výměnných kationtů Na, K, Mg, Ca. Zásoba přístupného P poklesla z nízkých a středních hodnot v roce 1993 na velmi nízké ($< 5,46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

DISKUSE

V 90. letech minulého století probíhalo v střední Evropě snižování spadu imisních látek v důsledku omezení jejich emise (FERRIER et al. 2001, PRECHTEL et al. 2001, WRIGHT et al. 2001). Toto snížení depozice imisních látek se projevilo i v České republice. Na výzkumných plochách VÚLHM to zaznamenal LOCHMAN et al. (2006), přímo na Šumavě KOPÁČEK et al. (2001) a LOCHMAN et al. (2003). Na výzkumných plochách v porostech smrku a buku na povodí U Lizu se v 90. letech projevil zásadní pokles spadu protonů, siranů i dalších aniontů silných kyselin a kovů. Současně se snižovala emise a imise tuhých látek. Pokles emise v České republice uvádějí ročenky ČHMÚ (Znečištění ovzduší 1999, 2002). Snižování spadu tuhých látek vyvolalo i pokles depozice Ca, Mg i Al. Předpokládáme, že pokles spadu bazických kationtů je spojen s poklesem pH srážek po roce 2000 a zvýšeným vymýváním kationtů z listů. Na sledovaných výzkumných plochách tím můžeme vysvětlit zvýšení koncentrací K a Mn v okapové vodě pod korunami porostů, jejich vymýváním jsou pufrovány vodíkové ionty. Ionty K a Mn podléhají intenzivnímu koloběhu mezi dřevinami a půdou, ale také silnému vymývání z listů, takže jejich koncentrace se v podkorunových srážkách oproti srážkám z volné plochy mohou zvyšovat více než dvacetinásobně nebo třicetinásobně (LOCHMAN 1981, 1983).

Rozdíl v koncentracích látek v okapové vodě zachycované pod porostem buku na počátku 90. let minulého století (1990 - 1993) a v prvních letech tohoto století (2001 - 2005) jsou v tabulce 4. Koncentrace látek mají zhruba stejné trendy jako celkové spady a projevují se i v půdní vodě odtékající z humusového horizontu. Pokles obsahu většiny sledovaných látek v půdní vodě je v druhém hodnoceném období (2001 - 2005) ovlivněn poklesem jejich přítomnosti v podkorunových srážkách. Půdní voda je též kyselější než voda podkorunových srážek. V prvním hodnoceném období působil humus pufrací na zvyšování pH protékající vody. Koncentrace organických látek (Cox) se v půdní vodě oproti prvním období nezvyšovaly, i přes zvyšování koncentrací Cox v podkorunových srážkách. Snižování množství K ve vodě zachycované pod humusovým horizontem O, oproti množství ve vodě okapové, svědčí o jeho intenzivním odběru kořeny již v tomto horizontu.

Při hodnocení celkového obsahu prvků v humusovém materiálu na povrchu půdy, v horizontu O, je zapotřebí vzít v úvahu stupeň humifikace a příměs minerálních částic ve vrstvě H. Se stupněm humifikace klesá celkový obsah K, Ca, Mn a větší příměs minerálních částic zvyšuje obsahy těch prvků, které jsou ve větší míře obsaženy v mateční hornině (Fe, Al, Mg).

Pro výživu porostů dusíkem má větší význam míra jeho uvolňování než jeho celková zásoba. Předpokladem pro rychlost rozkladu humusového materiálu je poměr celkového uhlíku k celkové-

mu dusíku (MATERNA 2003). Tyto hodnoty jsou příznivější (nižší) v humusu pod porostem buku.

Z údajů v tabulkách 5 a 6 je patrný vyšší obsah bazických kationtů Na, K, Mg, Ca v materiálu vrstev L a F pokravného humusu v buku než v porostech smrku, vzhledem k příznivějšímu opadu. V porostu buku byly i nižší obsahy celkového Al, Fe, Pb i dalších těžkých kovů, jejichž zdrojem je atmosférický spad. Ve vrstvě H jsou hodnoty více ovlivněny příměsí minerálního materiálu půdy, probíhá zde i akumulace Pb. V časové posloupnosti je zřejmé snížení depozice Pb i dalších těžkých kovů v současnosti oproti 90. letům minulého století.

Posuzování vlivu porostu buku, oproti porostu smrku, na zásobu výměnných a přístupných kationtů (živin) v minerální půdě je obtížné. Plocha smrku I byla na chudším lesním typu 6 K (kyselá smrková bučina), než je plocha v buku na lesním typu 6 S (svěží smrková bučina), stejně jako nová plocha ve smrku II.

Dalším problémem je změna způsobu vyluhování bazických kationtů Na, K, Mg, Ca. Při použití 1% kyseliny citronové byly získány zpravidla nižší obsahy přístupných bazických kationtů než při výluhu 1 M NH_4Cl obsahy výměnných bazických kationtů. Jsou-li s odstupem času stanoveny stejné obsahy výluhem chloridu amonového jako předchozí obsahy získané ve výluhu kyselinou citronovou, pak lze předpokládat v půdě pokles sorbovaných kationtů.

Půda na ploše ve smrku I vykazovala nižší pH než plocha v buku a na počátku měření nižší obsahy výměnného Mg a Ca a vyšší poměr C/N v povrchových horizontech. V průběhu let pozorování se hodnoty pH a obsahy Ca a Mg vyrovnaly stejně jako stupeň nasycení půdy bázemi V (na ploše smrku I byla od roku 1997 seč).

V roce 2006 byly odebrány vzorky půdy na ploše smrku II, která leží na stejném lesním typu jako plocha v buku. Hodnoty pH půdy a humusu jsou na této ploše podobné půdě a humusu plochy s porostem buku. Ve smrku je o něco vyšší zásoba Ca. Poněkud vyšší zásoba výměnných bazických kationtů začíná v menší hloubce (od 50 cm) než v půdě pod bukem (od 70 cm), to se projevuje v nasycení sorpčního komplexu půdy V. Zásoby přístupného P jsou na obou plochách (v buku a smrku II) minimální. Přístupnost sloučenin fosforu v půdě je velmi závislá na pH půdního prostředí a způsobu extrakce (PAČES 1979).

Podle ULRICHA et al. (1981) probíhala pufrace protonů v půdě rozkladem jílových minerálů při uvolňování iontů Al, případně Fe jen na ploše smrku I ve svrchním horizontu minerální půdy (0 - 10 cm). Je zde patrný pohyb Fe. Hluběji probíhala pufrace iontů H^+ především výměnou bazických kationtů ze sorpčního komplexu ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O} > 4,2$). Takovéto poměry panují až do hloubky profilů asi 70 cm na ploše v porostu buku a na ploše v porostu smrku II ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O} > 4,2 - \leq 5,0$). V půdní spodině těchto ploch postačí k pufraci protonů pouze zvětrávání minerálů (silikátů) spojené s uvolňováním bazických kationtů ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O} > 5 - \leq 6,3$).

Podle WOLFFA et al. (1996) se v oblasti pufrace H^+ iontů výměnou kationtů ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O} > 4,2 - \leq 5,0$), při stejném pH, může velmi změnit nasycení sorpčního komplexu bázemi. Jsou-li přítomny silikáty (minerály), probíhá i při tomto pH jejich zvětrávání i uvolňování Al, který způsobuje výměnu a vymývání bazických kationtů ze sorpčního komplexu; přechod do oblasti pufrace H^+ iontů uvolňováním Al^{3+} ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O} \leq 4,2$) je pomalý i při silném poklesu stupně nasycení sorpčního komplexu. I malé snížení pH může v této oblasti pH být spojeno se skokovou redukcí podílu bází ve výměnném komplexu až do oblasti velmi nízkého nasycení ($V = < 5 \%$). Tyto procesy probíhaly zřejmě na plochách mezi roky 1993 a 2000.

Rychlost uvolňování bazických kationtů při zvětrávání je ovlivněna i jejich přítomností v primárních minerálech zvětralin matečné horniny. O poměru prvků v minerálech na ploše ve smrku II a buku svědčí výsledky totální analýzy horizontů Ah (0 - 10 cm) na plochách (tab. 5 a 6). I podle ULRICHA et al. (1989) můžeme předpokládat několikanásobně vyšší uvolňování Mg oproti Ca.

Z hlediska výživy porostů je v pokryvném humusu ploch obsah celkového Ca a Mg střední, obsah K ve smrku také střední, v buku až vysoký (FABIÁNEK et al. 2004). Obsah P a poměr C : P je také střední, rovněž i poměr C : N.

V minerální půdě musíme hodnotit obsahy výměnného Ca, Mg jako velmi nízké (BALCAR et al. 2000). Přítomnost K je s výjimkou nízkého obsahu v povrchových horizontech také velmi nízká. Obsahy přístupného P jsou též velmi nízké. Půdy jsou v povrchových horizontech silně kyselé, v hlubších horizontech středně kyselé (BALCAR et al. 2000).

ZÁVĚR

Šumava byla a je z hlediska čistoty ovzduší a spadu imisí, nejčistší horskou oblastí v České republice. I při nízkých spadech protonů (H^+) zde pokračuje ochuzování sorpčního komplexu půdy o bazické kationty, především o Ca. Největší pokles obsahu bazických kationtů (Mg a Ca) proběhl ve rhizosféře půdy. Ve stejném půdním typu proběhlo hlouběji snižování míry nasycení sorpčního komplexu půdy pod porostem buku s hlubším prokořeněním než pod porostem smrku.

V porostu buku je příznivější chemické složení opadu a pokryvného humusu. S tímto jsou spojeny vyšší nároky na výživu a intenzivnější příjem živin. Listové orgány v buku také podléhají většímu vymývání kationtů, dotýká se to především K. Tyto prvky musí být i ve větší míře přijímány kořeny z humusu a půdního prostředí.

Do budoucích let je jednou z možností jejich doplňování do půdního prostředí ze zvětrávání primárních minerálů matečné horniny. U Ca je tento zdroj omezen zpravidla nízkým celkovým obsahem v krystalických horninách oproti ostatním kationtům.

Poznámka:

Příspěvek byl zpracován s využitím výsledků, získaných v rámci výzkumného záměru MZE č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“, řešeného ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

LITERATURA

- Atlas Československé republiky. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1966.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V., LOMSKÝ, B. Příčiny poškození lesních ekosystémů a prognóza jejich dalšího vývoje včetně návrhu následných opatření v oblastech pod dlouhodobou imisní zátěží. Závěrečná zpráva projektu č. VaV/620/1/99. Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 2000. 77 s.
- BUCEK, J., BĚLE, J., BÍBA, M., ŠRÁMEK, V. Složky vodní bilance a vodní režim půd v porostech různých dřevin. Závěrečná zpráva za etapu dílčího úkolu 05: Zabezpečování pozitivních účinků lesního fondu v krajinném prostředí. Jiloviště-Strnady: VÚLHM 1994. 19 s., 252 příloh.
- FABIÁNEK, P. et al. Monitoring stavu lesa v České republice 1984 - 2003 [Forest Condition Monitoring in the Czech Republic.] Praha: MZe ČR, a Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 2004. 430 s.
- FERRIER, R. C., JENKINS, A., WRIGHT, R. F., SCHÖPP, W., BARTH, H. Assessment of recovery of European surface waters from acidification 1970 - 2000: An introduction to the special issue. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2001, vol. 5, no. 3, s. 274-282.
- KOPACEK, J., VESELÝ, J., STUHLÍK, E. Sulphur and nitrogen fluxes and budgets in the Bohemian Forest and Tatra Mountains during the Industrial Revolution (1850 - 2000). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2001, vol. 5, no. 3, s. 391-405.
- LOCHMAN, V. The influence of enriching the spruce ecosystems from atmosphere on the element dynamics in the soil. *Commun. Inst. For. Českoslov.*, 1983, vol. 13, s. 171-191.
- LOCHMAN, V. The effect of element dynamics in precipitation and gravitational soil water on the development of principal production characteristic of forest soils. *Commun. Inst. For. Českoslov.*, 1985, vol. 14, s. 147-172.
- LOCHMAN, V. Pollutant fall-out into forest ecosystems as related to changes in forest soils. *Lesnictví - Forestry*, 1993, vol. 39, no. 2, s. 58-72.
- LOCHMAN, V. Vývoj zatížení lesních ekosystémů na povodí Pekelského potoka (objekt Želivka) a jeho vliv na změny v půdě a ve vodě povrchového zdroje. *Lesnictví - Forestry*, 43, 1997, č. 12, s. 529 - 546.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., BUCEK, J., FADRHOŇOVÁ, V. Chemical composition of the throughfall and runoff water in the spruce and beech stands at Zdíkov (The Šumava Mts.) *Commun. Inst. For. Bohem.*, 2003, vol. 20, s. 101-118.
- LOCHMAN, V., MAXA, M., BÍBA, M. Vývoj chemismu půdy na výzkumných plochách VÚLHM v období poklesu spadu imisních látek. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2006, roč. 51, č. 2, s. 106-120.
- LOCHMAN, V. ŠEBKOVÁ, V. The development of air pollutant depositions and soil chemistry on the research plots in the eastern part of the Ore Mts. *Lesnictví - Forestry*, 44, 1998, č. 12, s. 549 - 560.
- MATERNA, J. Výsledky průzkumu výživy lesních porostů v lesích ČR. Brno: Ústřední, kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2003. 125 s. ISBN 80 - 86548 - 40 - 6.
- MRAZ, K., BUCEK, J., BÍBA, M. Vodní režim půdy, vztah k přírůstu dřevní hmoty a odtok vody v porostech různých dřevin. Závěrečná zpráva. Jiloviště-Strnady: VÚLHM, 1990. 51 s., 2 tab., 46 grafů.
- NĚMEČEK, J. et al. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: ČZU a VÚMOP, 2001, 79 s. ISBN 80-238-8061-6.

- PAČES, T. Geochemický oběh fosforu v exogenní zóně. Věstník Ústředního ústavu geologického, 1979, roč. 54, č. 6, s. 365-373.
- PRECHTEL, A., ALEWELL, C., ARMBRUSTER, M., BITTERSÖHL, J., CULLEN, J. M., EVANS, C. D., HELLIWELL, R. C., KOPÁČEK, J., MARCHETO, A., MATZNER, E., MESSENBURG, H., MOLDAN, F., MORITZ, K., VESELÝ, J., WRIGHT, R. F. Response of sulphur dynamics in European catchments to decreasing sulphate deposition. Hydrol. Earth Syst. Sci., 2001, vol. 5, no. 3, s. 311-325.
- TESAŘ, M. Basic network and experimental catchments. In Hydrology and Ecology of Šumava and Bayerischer Wald. Sborník referátů Inter. Nový Dvůr, October 15-18, 1990. Ústav pro hydrocynamiku ČSAV, s. 31-48.
- ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P. K. Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften. Forstl. Univ. Göttingen, 1981, vol. 58, 391 s.
- ULRICH, B., MAYER, H., JANICH, K., BÜTTNER, G. Basenverluste in den Böden von Haimsimsen - Buchenwäldern in Südniedersachsen zwischen 1954 und 1986. Forst u. Holz, 1989, vol. 44, s. 251-253.
- WRIGHT, R. F., ALEWELL, C., CULLEN, J. M., EVANS, C. D., MARCHETO, A., MOLDAN, F., PRECHTEL, A., ROGORA, M. Trends in nitrogen deposition and leaching in acid - sensitive streams in Europe. Hydrol. Earth Syst. Sci., 2001, vol. 5, no. 3, s. 299-310.
- WOLFF, B., RIEK, W., BARITZ, R., HENNIG, P. Deutscher Waldbodenbericht 1996. Band 1. Bonn: BMELF, 1997. 144 s.
- Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1999. Ročenka ČHMÚ. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2000. 198 s. ISBN 80-85813-77-7.
- Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2002. Ročenka ČHMÚ. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2003. 158 s. ISBN 80-86690-07-5.

Tab. 2.
Zdíkův - smrk - průměrné množství spadu s podkorunovými srážkami kg.ha⁻¹.rok⁻¹
Zdíkův - spruce - average amount of fallout with throughfall in kg.ha⁻¹.year⁻¹

Období/Period	Cox	H ⁺	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ^{3-/P}	Cu	N(NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺)	S/SO ₄ ²⁻
1987 - 1989	111,25	0,52773	2,71	15,98	3,8	18,79	0,355	0,702	0,332	1,463	9,49	25,61	0,540	18,63	80,05	0,33		13,15	26,74
1990 - 1993	39,8	0,35868	2,98	15,51	3,53	11,44	0,2	0,622	0,186	0,995	9,38	18,56	0,353	9,61	63,69	0,266		11,47	21,27
1994 - 1996	64,24	0,11683	3,86	17,4	4,43	14,19	0,218	0,614	0,155	0,506	5,22	12,83	0,463	13,44	54,83	0,548 *		6,95	18,31
1997 - 2000	67,18	0,06692	2,90	12,17	3,14	10,76	0,115	1,080	0,185	0,229	3,12	17,02	0,242	11,70	27,39	0,353 *	0,021	6,27	9,15
2001 - 2005	73,68	0,07010	1,91	12,47	1,89	6,04	0,082	1,523	0,207	0,150	1,69	14,72	0,167	7,35	17,72	0,212 *	0,010	4,64	5,92
2006		0,09490	2,91	17,71	2,59	8,77	0,125	1,800	0,180	0,160	8,09	18,54	0,167	13,00	21,87	0,81 *	0,010	10,46	7,11

* stanovení celkového P/determination of total P

Tab. 3.
Vývoj průměrných ročních spadů látek zachycovaných s vodou podkorunových srážek včetně stoku po kmenu v porostu buku v kg.ha⁻¹.rok⁻¹
Development of average annual fallout of substances caught with throughfall water including stemflow in beech stand in kg.ha⁻¹.year⁻¹

Období/Period	Cox	H ⁺	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ^{3-/P}	Cu	N(NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺)	S/SO ₄ ²⁻
1990 - 1993	30,52	0,09397	2,36	14,87	2,55	10,25	0,214	0,397	0,155	0,773	6,62	20,23	0,285	7,43	36,52	0,533		9,55	12,2
1994 - 2000	52,38	0,04153	3,17	16,27	2,93	10,02	0,156	0,294	0,149	0,202	4,09	18,57	0,294	11,61	24,94	0,531 *	0,024	6,35	8,33
2001 - 2005	63,67	0,03364	1,68	22,17	1,35	5,05	0,138	0,441	0,105	0,088	2,79	17,82	0,154	5,69	14,49	0,446 *	0,014	6,19	4,84
2006		0,08227	3,37	27,2	2,1	8,37	0,08	0,647	0,121	0,098	2,41	30,4	0,176	9,43	14,58	0,313 *	0,015	8,74	4,87

* stanovení celkového P/determination of total P

Tab. 4.
Rozdíly v kontaminaci vody okapové a vody stékající po kmenu a půdní vody v porostu buku v období let 1990 - 1993 a 2001 - 2005 v mg.l⁻¹
Differences in contamination of dripping water and stemflow and soil water in beech stand in years 1990 - 1993 and 2001 - 2005 in mg.l⁻¹

Voda/Water	Období	Cox	H ⁺	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ^{3-/P}	N(NO ₃ ⁻ +NH ₄ ⁺)
voda okapová ¹	1990 - 1993	5,56	0,0166	0,46	2,71	0,49	1,9	0,043	0,074	0,029	0,084	1,17	3,7	0,059	1,25	6,67	0,037	1,74
voda stoku ²	1990 - 1993	7,09	0,0321	0,39	3,72	0,51	2,43	0,033	0,091	0,038	0,238	1,92	5,02	0,109	1,14	9,14	0,047	2,62
půdní pod hor. ³ O	1990 - 1993	28,27	0,0132	0,43	3,38	0,91	4,22	0,054	0,192	0,168	0,484	1,21	5,56	0,064	1,06	12,46	0,087	2,82
voda okapová ¹	2001 - 2005	11,19	0,00591	0,295	3,90	0,237	8,87	0,024	0,077	0,018	0,015	0,49	3,13	0,027	1,00	2,55	0,078 *	1,09
voda stoku ²	2001 - 2005	11,36	0,00214	0,275	3,84	0,169	7,54	0,009	0,052	0,021	0,014	1,36	3,48	0,024	0,88	3,43	0,127 *	1,84
půdní pod hor. ³ O	2001 - 2005	28,94	0,01697	0,366	2,47	0,609	0,272	0,029	0,267	0,307	0,338	0,734	3,88	0,032	0,90	2,78	0,095 *	1,29

* stanovení celkového P/determination of total P; ¹dripping water; ²stemflow; ³soil under horizon⁰ O

Tab. 5.
Zdikov - porosty smrků; celkové obsahy prvků v humusovém materiálu na ploše smrk I a II
Zdikov - spruce stands; total contents of elements in humus material on plot spruce I and II

Vrstva/ Layer	Plocha/ Plot	Rok odběru/ Sampling	Cox %	N %	C/N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	mg.kg ⁻¹									
L	I	1986		1,18		47	972	622	4 000	1 637	1 560	418	1 200		10	82			35	57									
		1993		1,23		20	650	352	2 530	841	743	250	900	0,14	2,3	5,5			20,2	28,8									
		2000	37,3	1,82	20,5	34	1 537	889	5 480	527	932	782	1 203		3,6	7,5		4,7	8,4	59,3									
	II	2006	49,3	1,2	41,1	121	1 072	719	6 500	1 408	1 264	1 366	1 023	< 0,5	2,1	5,7		3,5	8,9	45,9									
F	I	1986		1,13		48	792	720	3 490	2 123	2 450	258	1 300		11	10,2			60	82									
		1993		0,96		44	624	399	1 858	2 157	2 684	152	1 000	0,35	3,1	9,2			50	31,3									
		2000	39,4	1,78	22,1	24	1 052	669	4 357	979	4 887	490	1 054		3,6	8,5		4,7	30,9	57,7									
	II	2006	47,5	1,88	25,3	27	1 163	906	5 003	3 424	3 530	1 683	1 258	< 0,5	6,5	7,9		6,6	26,7	58,7									
H	I	1986		1,34		54	605	468	1 630	3 232	3 680	115	900		16	11			90	39									
		1993	28,3	1,22	23,2	59	657	610	1 894	4 913	5 109	105	800	0,51	9,1	7,8			54,2	36,6									
		2000	37,3	1,59	23,5	39	731	500	2 268	2 538	5 045	179	741		6	9,5		7,6	88,5	48,8									
	II	2006	38,5	1,64	23,5	40	1 071	1 110	2 952	8 025	7 611	478	1 118	< 0,5	13,6	10,8		10,2	79,3	48,4									
0 - 10 cm	II	2006	5	0,27	18,5	54	2 175	4 457	379	27 566	32 342	519	505	< 0,3	44,4	15,4		18,3	38,4	105									

Tab. 6.
Zdíkov porost buku ; celkový obsah prvků v humusovém materiálu
Zdíkov beech stand; total content of elements in humus material

Vrstva/ Layer	Rok odběru/ Sampling	Cox %	N %	C/N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
L	1989		0,99		47	1 463	834	8 780	789	915	1 173	900			9,5		22	42
	1993		1,33		40	1 255	1 177	8 320	1 732	1 964	1 392	1 100	0,25	2,5	7,6		6,1	32,7
	2000	35,1	1,58	22,2	32	2 106	1 324	10 006	2 144	2 628	1 620	1 173		4,1	9,7	4,7	8,1	46,7
	2006	48,8	1,47	33,2	35	1 567	1 084	9 306	247	254	1 408	1 261	<0,5	1,1	8,7	2,4	4,1	47,5
F	1989		1,09		94	1 189	893	9 050	1 136	1 370	1 427	1 000			22		28	60
	1993		1,6		43	919	973	8 089	2 585	2 988	2 247	1 200	0,5	3,9	9		30	44,5
	2000	33,7	1,75	19,3	55	2 107	1 574	8 415	3 091	3 471	1 852	999		6,6	10,7	5,1	16,4	68,9
	2006	48	1,87	25,7	25	1 701	953	6 499	1 267	1 607	1 424	1 123	0,58	2,9	9,9	4,1	10,9	61
H	1989	15,5	0,99	15,7	67	1 717	1 256	5 330	4 482	5 380	1 116	1 100			15		67	85
	1993	14	0,92	15,2	82	2 803	2 797	1 408	17 915	20 740	944	700	0,93	73	9,3		38,7	34,2
	2000	24,3	1,57	15,5	76	2 149	2 935	2 937	9 428	13 193	682	939		18,2	12	10,6	50,9	88,1
	2006	30,1	1,46	20,6	32	1 378	1 468	1 922	6 685	7 011	247	1 005	<0,5	16,3	12,5	11,4	39,8	52,5
0 - 10 cm	2006	3,6	0,23	15,5	78	3 854	4 501	694	16 801	20 861	324	470	<0,3	31,8	11,6	14,8	26,8	62,8

Tab. 7.
Zdikov - porost smrčku I; obsahy přístupných a výměnných prvků
Zdikov – spruce stand I; contents of available and exchangeable elements

Horizont/ Horizon	Rok/Year	pH	Obsah přístupných prvků ve výluhu 1% kyseliny citrónové/Content of available elements in leach of 1% citric acid		Cox	C : N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	T	V
			H ₂ O	KCl												
0 - 5	1986	3,4	2,7	6,88	28,6	7,9	33,4	24,5	59	1 059	1 552	20				
5 - 10		3,6	2,9	4,2	24,1	8,5	25,8	23,1	43	1 618	3 003	13				
10 - 25		4,1	3,6	2,43	22,5	5,4	19,9	12,5	36	2 470	1 643	6				
25 - 45		4,4	4,2	1,72	20,5	5,4	17,1	3	36	4 813	288	2,5	10			

Horizont/ Horizon	Rok/Year	Obsah výměnných prvků ve výluhu 1 M NH ₄ Cl/Content of exchangeable elements in leach 1 M NH ₄ Cl															
		H ₂ O	KCl	Cox	C : N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	T	V		
H	1993	3,5	2,8	28,3	23,12	26,9	305	277	1276	806	102	67	286	178,35	53,5		
	2000	3,77	2,52	37,26	23,45	19,6	541	380	1985	420	88	164	48	221,32	65,59		
0 - 10	1993	4	3,45	4,82	22,97	6,6	73,25	26,2	57,8	715	47,7	7,6	37	85,7	8,45		
	2000	4,07	3,19	5,26	22,81	3,4	33,7	16,4	72,6	730	88,5	3,2	38	90,89	6,7		
10 - 30	1993	4,45	4	2,2	16,09	4,8	48,3	10,7	24,5	241	1,3	5	192	30,95	11,47		
	2000	4,49	4,02	2,62	25,44	1,5	16,5	5	21,3	383	4,6	3,1	413	45,23	4,33		
30 - 60	1993	4,7	4,3	1,46	16,22	4,2	42,6	7,9	22,5	126	<1	2,7	413	17,39	17,48		
	2000	4,57	4,22	1,42	17,75	16,7	18,6	2,5	12,6	174	2	1,8	472	21,67	9,46		
60 - 80	1993	4,85	4,3	0,75	17,7	4,6	33,8	7,2	21,5	116	<1	2,2	472	15,92	17,09		
	2000	4,6	4,24	0,77	19,25	16,8	11,7	2,4	13,5	154	<0,6	2,3	128	19,32	9,83		
80 - 100	1993	4,9	4,2	0,27	18,88	6,8	53,4	52,4	64	126	<1	4,1	128	23,62	38,82		
	2000	4,9	4,12	0,31	15,5	16,3	6,7	3	15,8	167	<0,6	4,1	41	20,95	9,16		
100 +	1993	5,2	4,3	0,23	16,43	12,1	113,7	207,2	27,4	167		7,5	41				

Tab. 8.
Zdikov - porost smrku II; výměnné kationty stanoveny v 1 M NH₄Cl a přístupný P
Zdikov - spruce stand II; exchangeable cations determined in 1 M NH₄Cl and available P

Horizont/Horizon cm	Rok/Year	pH	Cox	C : N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	T	V
L	2006	4,47	3,88	41,08	10,7	401	231	1 695	<0,7	2,86	594	95,6	158,61	77,81
F		4,42	3,52	25,27	7,25	678	374	3 751	<0,7	15,1	1 294	74,4	314,33	75,21
H		4,16	3	23,48	25,4	414	322	2 416	340	134	390	32,9	240,03	66,13
0 - 10		4,21	3,58	18,73	5,1	40,8	27,1	37,4	918	14,9	49,6	<5,49	111,6	4,8
10 - 20		4,45	3,99	15,58	4,8	30,1	11,8	40,3	422	0,97	34,5	<5,49	53,04	7,47
20 - 30		4,48	4,04	14,74	3,76	25	7,78	40,4	355	0,39	20	<5,49	44,24	7,82
30 - 40		4,52	4,18	15,54	4,41	15,9	4,74	34,4	240	0,41	8,6	<5,49	30,9	9,01
40 - 50		4,69	4,24	17,12	3,41	17,5	4,26	43,6	188	0,36	4,09	<5,49	24,42	12,82
50 - 70		5,14	4,14	33,77	10,9	23,9	51,6	173	179	0,43	3,14	<5,49	34,11	40,9
70 - 100		5,26	3,73	33,9	26,7	61,1	93,8	470	176	0,54	3,27	<5,49	53,68	63,11

Tab. 9.
Zdikov - porost buku; obsahy přístupných a výměnných prvků
Zdikov - beech stand; contents of available and exchangeable elements

Horizont/ Horizon	Rok/Year	pH	Obsah přístupných prvků ve výluhu 1% kyseliny citrónové/Content of available elements in leach of 1% citric acid														
			Cox	C:N	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	P	T	V			
cm		H ₂ O	%	mmol·kg ⁻¹													
H	1989	4,25	3,6	15,5	15,7	39,8	252	168	1 115	1 344	1 249	367	169				
0 - 10		4,35	3,75	3,32	12,8	10,5	58,4	47,4	185	1 466	1 443	88,4	64,2				
10 - 20		4,45	3,9	2,86	18,5	12,9	31,6	22,6	107	1 991	915	56,4	56				
20 - 30		4,5	3,9	1,71	17,5	9,2	19,5	18,4	89,5	1 605	966	32,8	32				
30 - 40		4,55	3,95	1,65	16,3	11,5	19,3	14,9	70,5	1 653	675	34,8	28,5				
40 - 55		4,7	4,15	1,25	12,6	16,8	23	16	60,3	1 891	877	63	31				
55 - 70		4,7	4,2	1,13	20,9	11,1	19,8	7,4	64	2 196	525	9,9	18				
Obsah výměnných prvků ve výluhu 1 M NH ₄ Cl/Content of exchangeable elements in leach of 1 M NH ₄ Cl																	
H	1993	4,2	3,6	14	15,2	19,6	263	195	1 154	923	3,5	82,7	42	191,09	30,14		
2000		4,54	3,3	24,3	15,5	21,7	634	307	1 985	240	54,6	418		204,96	73,2		
2006		4,16	3,14	30,1	20,6	26,6	662	485	1 947	170	146	325	32	208,86	74,27		
1993		4,35	3,7	4,54	12,5	11,1	81,8	34,3	200	530	7,5	51,2	37	78,55	19,58		
2000		4,58	3,59	2,93	11,7	4,2	41,6	20,6	45,5	464	10,3	38,4		60,05	9,61		
2006		4,43	3,57	3,6	15,5	6,1	65,2	24	21,9	438	17,4	52,4	9,5	61,22	8,17		
10 - 20		4,4	3,9	2,45	17,3	12	92,4	52,8	127	335	2,6	47,8	31	54,32	24,96		
2000		4,62	3,64	3,09	20,5	2,9	30	13,8	39,3	576	12,4	18,1		70,05	5,37		
2006		4,41	3,73	3,18	18,1	7,4	32,1	13	14,3	777	13,3	15,4	<5,46	91,36	3,2		
20 - 30		4,8	4,15	2,12	16,6	12,2	35,8	13,9	118	262	0,2	8,7	66	33,65	25,2		
2000		4,76	4,1	1,73	17,3	2,2	12,2	7,2	22	348	3,3	12,8		41,55	4,24		
2006		4,54	4,01	2,62	18,5	6,1	22,1	20,3	11,6	483	2,6	7,2	<5,44	56,51	3,36		
30 - 40		5	4,2	1,64	14,4	11,5	38,8	20,3	181	337	1,6	6,5	88	50,43	24,14		
1993		4,82	4,2	1,99	16,6	1,8	11,2	4,2	18	259	<2	7,7		31,03	5,13		
2000		4,58	4,08	2,1	18,8	5,8	19,1	4,9	14,5	393	2,4	3,8	<5,44	46,12	4,06		
2006		5,15	4,3	1,19	14,6	13,6	57,4	37,6	199	278	5,9	2,5	145	47,05	32,54		
40 - 55		4,85	4,22	1,88	18,3	<1,5	19,3	3,9	20,5	254	<2	8,2		30,93	6,18		
2000		4,59	4,1	1,2	18,9	4,8	18,1	3,8	14,7	203	1,5	2,7	<5,44	27,14	7,31		
1993		5,3	4,4	0,59	15,3	17,7	50,9	40,8	168	187	2,6	2,3		38,14	36,2		
2000		5,08	4,32	0,74	12,8	1,7		2,7	16,5	129	<2	4		17,55	15,38		
2006		4,61	4,08	0,69	19,3	2,9	14,7	3,2	8,3	164	1,6	1,3	<5,37	19,65	5,98		
70 - 100		5,6	4,6	0,32	12,8	19,2	48,7	123	433	100	16	16		46,61	72,52		
2000		4,84	4,19	0,28	9,33	1,5	16	2,5	14,4	160	<2	1,33		19,59	10,74		
2006		5,23	3,74	0,17	13,8	8,4	61,4	87,4	157	582	<0,1	3,07	<5,34	24,06	69,06		

EVALUATION OF DEVELOPMENT OF SOIL PROFILE CHEMISTRY ON PLOTS ZDÍKOV IN THE AREA OF THE ŠUMAVA MTS.

SUMMARY

Chemistry of throughfall, soil water as well as chemistry of soil profiles were investigated on experimental plots with mature stands of spruce (spruce I and spruce II) and beech. Plots lie in the experimental catchment of the Institute of Hydrodynamics of the Academy of Sciences „U Lizu“ in the Šumava Mts. Foothills at Zdíkov. Plot in spruce I was established in 1986 and plot in beech in 1989. Deposition measurement of substances and chemistry of soil water on plot spruce I was finished in 1997 and in the same year investigation began on plot spruce II.

Since the beginning of investigation deposition of SO_4^{2-} , F^- , Cl^- , Fe^- , Al and NH_4^+ had been decreasing in throughfall on both plots in stands spruce I and spruce II. After 2000 fallout of Na , Mg , Ca stopped and amount of K and Mn increased.

Total fallout of H^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Fe , Al , NH_4^+ decreased on plot in beech between years 1990 to 2005, and after 2000 also total annual fallout of Na , Mg and Ca was lower. Amount of K caught in throughfall was increasing.

Changes in deposition of observed substances were reflected also in concentrations of these substances in soil water caught under humus horizon.

Changes in total content of elements in forest floor during the investigation are concerning above all content drop of Pb and Cr .

Available elements in soil samples taken in stand spruce I in year 1986 were determined in 1% citric acid. During another sampling in 1993 with leach 1 N NH_4Cl for determining the content of exchangeable cations higher contents of exchangeable Na , Mg , Ca were found than contents of available forms of these elements in 1986. Between 1993 and 2000 pH in humus horizon increased and content of exchangeable cations K , Mg , Ca , Mn was higher. In mineral soil pH and content of basic cations decreased. Saturation of adsorption soil complex V (BS) did not reach 10 %. In 2006 contents of exchangeable cations were defined for the new plot in spruce II. Content of available elements was investigated in beech stand in 1% citric acid during the first sampling in 1989. Samples taken in 1993 showed the increased pH in deeper horizons. Content of exchangeable basic cations in forest floor (H) approached to the content of available forms from sampling in 1989. In 1993 a little higher content of exchangeable basic cations was found than of those in 1989. During analyses of samples from year 2000 enhanced content of exchangeable cations was found in the layer H of forest floor and this state continued until 2006. In 2000 content of exchangeable cations Na , K , Mg , Ca suddenly dropped to very low values. During analyses from year 2006 growths of exchangeable Na , K , Mg and Ca were found in the depth of 70 to 100 cm. Zone of enhanced content of these cations in adsorption complex occurs in soil profile on plot spruce II already from depth of 50 cm; thus being influenced by rhizosphere of the stands.

Solubility of phosphorus compounds shows great fluctuation depending on reaction of pH environment. This explains great differences in content of available P among individual samplings. In 2006 available phosphorus content was minimal on plot in stand spruce II and in soil of beech stand.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Václav Lochman, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 206; e-mail: admin@vulhm.cz