

VYUŽITIE CHEMICKÝCH ANALÝZ PRE MONITOROVANIE ZDRAVOTNÉHO STAVU LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

Danica Krupová • Pavel Pavlenda

Úvod

Vzťahy medzi vlastnosťami pôdy, klimatickými faktormi a lesnou vegetáciou boli sledované už dlhú dobu a príslušné poznatky sú základom klasifikácie lesníckej typológie. Rovnováha medzi stanovišťom a lesnou vegetáciou je podstatným prvkom moderného lesníctva. Produkcia emisií z priemyslu a dopravy s následným imisným účinkom na ekosystémy však mohla na lokálnej i regionálnej úrovni výrazne zmeniť chemické vlastnosti stanovišťa, čo viedlo k podrobnejšiemu sledovaniu vlastností stanovišťa a intenzívnemu monitorovaniu lesných ekosystémov. Od začiatku deväťdesiatych rokov 20. storočia síce došlo k výraznej redukcii znečisťujúcich látok, avšak lesné ekosystémy sú naďalej ovplyvňované antropogénnymi vplyvmi. V popredí záujmu je najmä dopad klimatickej zmeny na lesné ekosystémy, hodnotenie vodného režimu a schopnosti lesov adaptovať sa na meniace sa fyzikálne podmienky prostredia, pozornosť je však potrebné stále venovať aj vývoju chemických vlastností, či už vo vzťahu k pretrvávajúcemu pôsobeniu imisných účinkov z minulosti, ale aj vo vzťahu k intenzifikácii odberu lesnej biomasy. Pre praktický manažment pôd sú dôležité mnohé chemické vlastnosti, ktoré je možno určitými opatreniami upravovať a tým zachovať úrodnosť pôdy v lese.

Prehľad a význam používaných analýz

Medzi najdôležitejšie chemické vlastnosti pôd patria: pôdna reakcia, obsah humusu, dusíka, zrnitosť a obsah prvkov a minerálnych látok (obsah makroživín, mikroživín, ale aj kontaminujúcich prvkov). Súčasné drevinové zloženie lesov na Slovensku je ešte stále do značnej miery prirodzené, teda jednotlivé dreviny „obsadili“ stanovišťa, ktoré im vyhovujú klimaticky, ale aj edaficky. Lesné dreviny sú schopné rásť pri veľmi širokej škále pôdnych vlastností, a teda interpretácia chemického stavu pôd závisí od dreviny a jej nárokov, ale aj od spôsobu manažmentu daného lesného pozemku. Pri škôlkárskej výrobe je prístup k hodnoteniu pôd iný ako pri bežnom lesnom poraste.

Pôdna reakcia je veľmi dôležitou vlastnosťou pôdy, ktorá ovplyvňuje iné vlastnosti pôdy a odráža sa aj na väzbách, v ktorých sú viazané minerálne prvky, a tým aj na ich využiteľnosti rastlinami. Za optimálne sa považujú pre listnáče hodnoty pH (aktívnej reakcie) v rozpätí 5,5 až 6,8, pre ihličnaté dreviny 5,5 až 6,2. Vo všeobecnosti možno povedať, že dreviny škôr znášajú o niečo kyslejšie pôdy než alkalické pôdy.

Pri vyšších hodnotách pH je potrebné stanovenie ekvivalentu karbonátov, resp. uhličitanu vápenatého. Táto hodnota je dôležitá pre výpočet organického uhlíka, ktorý významne vplyva na obsah humusu v pôde. Táto položka má vplyv na fyzikálne, chemické (sorpcia iónov, zásoba dusíka) i biologicko-fyziologické vlastnosti pôd. Optimálne sú pôdy stredne humózne až humózne. Ľahšie pôdy by mali obsahovať 3 – 7 % humusu, ťažšie pôdy 5 – 10 % humusu.

Obsah celkového dusíka úzko súvisí s obsahom humusu. Väčšina dusíka v pôde je viazaná v organických väzbách v humuse, len veľmi malá časť je v iónovej forme. Obsah celkového dusíka v lesných pôdach býva zvyčajne nízky optimálny obsah by bol aspoň 0,20 % v ľahkých pôdach.

Jednou z dôležitých vlastností pôdy sú zrnitosť a skeletnatosť, s ktorými sú spojené viaceré fyzikálne vlastnosti pôd: špecifická a objemová váha zeminy, kapilárna vzlínavosť ako i pôdna vlhkosť. Zrnitosť pôdy je určená zrnitostným zložením minerálnych častíc, teda zastúpením ílovej, prachovej a pieskovej frakcie. Zásadne ovplyvňuje vodným a vzdušným režimom štruktúru pôdnych agregátov, sorpciu živín i podmienky pre biologickú aktivitu pôdy.

Dôležitý je samozrejme obsah minerálnych prvkov, a to nielen ich celkové obsahy, ale i prístupné formy pre rastliny. Pre optimalizáciu podmienok pre dreviny sú dôležité nielen obsahy prvkov, ale aj ich vzájomné pomery.

Interpretácia výsledkov závisí samozrejme od metódy laboratórnej analýzy, preto je potrebné hodnotiť konkrétne výsledky podľa použitej metódy stanovenia. Analytická technika sa vyvíja, používajú sa nové metódy prípravy výluhov i samotného stanovenia prvkov, a to môže komplikovať aj hodnotenie vývoja vlastností.

Pri hodnotení výsledkov analýz je samozrejme potrebné rozlišovať použitú metodiku. Otázka vhodnej metodiky pre stanovenie danej vlastnosti pôdnej vzorky je všeobecným problémom nielen lesníckej pedológie. V minulosti, keď neboli laboratória vybavené v takej miere prístrojovou technikou sa používali najmä klasické metódy založené na princípoch, potenciometrie, destilácie, titrácie prípadne fotometrické metódy. Boli to metódy pre stanovenie prístupného dusíka metodika podľa Pázlera, pre stanovenie prijateľného fosforu metóda podľa Égnera-Rheima (stanovenie v extrakte mliečnanu vápenatého) a pre stanovenie prijateľného draslíka metóda podľa Schachtschabela (stanovenie v extrakte octanu a šŕaveľanu amónneho). Pre analýzy totálnych obsahov minerálnych prvkov i toxických ťažkých kovov boli používané výluhy pre maximálne potenciálne prístupné 2 M HNO₃ a pre potenciálne mobilné formy 0,05 M EDTA.

Po roku 1990 sa začali viac používať spektroskopické metódy pre stanovenie prvkov vo výluhoch. Ich zavedenie viedlo k rozšíreniu rozsahu minerálnych prvkov o ťažké kovy. Mnohé prvky ako ortuť, dusík, uhlík a síra možno stanoviť priamo na jednocelových elementárnych prístrojoch. Používaním nových výluhov došlo k unifikácii a rozšíreniu škály meraných prvkov. Pre zistenie celkových, ako i prístupných obsahov minerálnych prvkov, je potrebné vzorky previesť do kvapalného stavu. Pre stanovenie celkového obsahu prvku sa využíva mikrovlnný alebo tepelný rozklad za prítomnosti minerálnych kyselín. Obsahy prvkov v matriciach sú potom analyzované technikou atómovej absorpčnej spektrometrie AAS alebo atómovej emisnej spektrometrie ICP-AES. Pre určenie prístupných foriem prvkov je v posledných rokoch široko využívaná metodika stanovenia živín vo výluhu Mehlich II, Barón, respektíve Mehlich III. Tieto metodiky sú z praktického hľadiska efektívne najmä v tom, že nie je potrebné pre každý prvok pripraviť iný výluh, ale je možné stanoviť všetky požadované prvky z jedného výluhu vrátane najdôležitejších mikroživín (Mehlich III.)

Pre analýzy ďalších vlastností (reakcia, obsah organického uhlíka, obsah celkového dusíka) sú používané metódy priameho stanovenia z upravenej vzorky pôdy.

Kým pri hodnotení lesných pôd pri monitoringu lesov v rámci programu ICP Forests sa zaviedli v Európe rovnaké metódy stanovenia vlastností pôd (Cools; De vos 2010) i vlastností asimilačných orgánov (Ratio; Fuerst et al. 2010), pre posudzovaní prístupných foriem živín lesných pôd, k takejto harmonizácii nedošlo.

Využívanie chemických analýz v lesníckej praxi.

Lesné pôdy väčšinou nie sú optimálne zásobené živinami, čím vzniká predpoklad potreby zvýšenia ich zásob oproti prirodzenému stavu. Prirodzeným výrazným prínosom živín v lesnom poraste je zložka opadu a častí rastliny.

V minulosti bolo zisťovanie stavu pôdnych pomerov podľa Technickej príručky HÚL (1984) viazané na obnovu LHP. V hospodársko-úpravníckom plánovaní sa zisťovanie pôdnych pomerov robilo súčasne s vypracovávaním LHP na všetkých plochách pre nasledujúce decénium. Boli vykonávané rôzne analýzy pre dva typy vzoriek (vzorky EKO a MO), pričom v rokoch 1995–2003 sa ročne v laboratóriách Lesoprojektu analyzovalo viac než tisíc vzoriek pôd a okolo 500 vzoriek asimilačných orgánov.

Popis rozsahu analýz pre dané vzorky:

- v pôdach u vzoriek EKO sa stanovovali hodnoty pH vo vode, v KCl, obsah uhličitanov, celkového dusíka, organického uhlíka a tiež hodnoty prístupného fosforu a draslíka podľa Mehlicha II a celkového obsahu minerálnych prvkov Na, K, Mg, Ca, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Mn, Fe, Zn,
- pri vzorkách MO pôdy (monitoring) boli vykonané len analýzy pH vo vode, zrnitosti a celkový obsah minerálnych prvkov Na, K, Mg, Ca, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Mn, Fe, Zn a Hg,
- u všetkých vzoriek asimilačných orgánov na plochách MO + EKO boli analýzy nasledujúcich prvkov Na, K, Mg, Ca, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Mn, Fe, Zn, Hg, a síra.

Vzorky MO boli pokračovaním Monitoringu zdravotného stavu, ktorý ako súčasť čiastkového monitorovacieho systému „Lesné ekosystémy“, bol koncipovaný pre účely sledovania lesa ako zložky životného prostredia a na les pôsobiacich vplyvov. Trvalé monitorovacie plochy (TMP) boli založené postupne v r. 1991–1992 v počte 1 189 na celej

porastovej ploche lesov Slovenska, okrem lesov Ministerstva obrany (Švec 1992). V rokoch 1995–2003 sa vykonávalo monitorovanie stavu lesov SR v sieti 4 × 4 km len v rámci obnovy lesných hospodárskych plánov (LHP) každý rok na cca 1/10 územia. Bolo zabezpečované Lesoprojektom Zvolen na základe „Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR – Lesnícka sekcia – Odbor lesného hospodárstva, zo dňa 4. 7. 1995 č. 371/95 – 710“.

Výsledky analýz vzoriek EKO tvorili podklady pre správy z prieskumu ekológie lesa (KZSL), boli zapracovávané do predpisov LHP a na ich základe boli vylišované imisné pásma. Vzorky boli odoberané počas celého vegetačného obdobia a vyhodnocované podľa dočasnej príručky EKO Lesoprojektu (1992).

V roku 1996 bol na základe poverenia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 5144/206/96 poverený funkciou Strediska ČMS Lesy Lesnícky výskumný ústav Zvolen (Bucha & Mindáš 2000). Monitoring na Slovensku sa od tohto roku vykonáva len v sieti 16 × 16 km v súlade s medzinárodným manuálom a projektom „Čiastkového monitorovacieho systému Lesy“ na dvoch úrovniach.

Na TMP I. úrovne je vykonávaný extenzívny veľkoplošný monitoring zdravotného stavu lesa, ktorý je charakterizovaný nízkou intenzitou monitorovania, zameranou len na každoročné hodnotenie stavu korún (defoliácie, zmeny sfarbenia), vývoja zdravotného stavu lesa, výskytu škodlivých činiteľov, vývoja a kvantifikácie zmien hrúbkového prírastku a zistenia stavu pôd vo väčšom časovom odstupe, asimilačného aparátu a zatiaľ jednorazového zistenia indikátorov biodiverzity.

Od roku 1995 v súlade s Paneurópskym programom intenzívneho monitoringu bolo na Slovensku postupne založených 9 TMP II. úrovne. Predstavujú intenzívny monitoring zdravotného stavu lesov s podrobnejším prieskumom:

- inventarizácia stavu korún (defoliácie, zmeny sfarbenia) a poškodenia stromov,
- vykonávanie odberov a analýz vzoriek asimilačných orgánov (minimálne každé dva roky N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn),
- merania prírastkových zmien,
- merania kvantity a kvality atmosférickej depozície, (pH, EC, alkalinita, S-SO₄, N-NO₃, N-NH₄, N_{TOT}, DOC, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al, Zn, Cu, Pb, Cd, a Hg v podkorunových zrážkach a na voľnej ploche),
- merania pôdneho roztoku (pH, EC, alkalinita S-SO₄, N-NO₃, N-NH₄, N_{TOT}, DOC, Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al, Zn, Cu, Pb, Cd, a Hg),
- meteorologické merania (teplota, sila vetra, množstvo zrážok),
- hodnotenie vegetácie,
- meranie a hodnotenie kvality ovzdušia (ozónový analyzátor, pasívne metódy),
- hodnotenie viditeľného poškodenia ozónom (vizuálne) asimilačných orgánov porastov, stromov, a bylinnej vegetácie,
- fenologické hodnotenia,
- kvantitatívna a kvalitatívna analýza opadu drevín (N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Cd a Pb).

V rámci NLC boli riešené v minulosti rôzne projekty v rámci ktorých boli urobené rôzne chemické analýzy na plochách menšieho alebo väčšieho rozsahu. Medzi najvýznamnejšie patrí Národná inventarizácia a monitoring lesov (NIML), kde sú na plochách pokrývajúcich celé územie Slovenska po 10 rokoch vykonávané rovnaké chemické analýzy, čím bude možné vyhodnotiť stav a kvantifikovať prípadné zmeny za daný časový úsek.

Záver

Pre riadenie každej činnosti a rozhodovaní je potrebné mať príslušné informácie. Preto aj pri manažmente lesných pôd a pri prípadnom rozhodovaní o hnojení sú potrebné aktuálne informácie o vlastnostiach pôd. Sledovanie a hodnotenie vlastností pôd je nevyhnutné pri škôlkárskej výrobe, ktorá je z hľadiska manažmentu pôdy podobná ako poľnohospodárstvo, ako východisko pre hnojenie a optimalizáciu rastu sadeníc, ale nevyhnutné je získať spoľahlivé a reprezentatívne údaje o stave celého lesného pôdneho fondu. Prírodná rovnováha môže byť narušená nielen externými vplyvmi ako boli (a v menšej miere stále sú) imisie, ale aj vplyvmi v rámci lesného hospodárstva, napríklad používaním stromovej metódy a nadmerným vyžívaním biomasy na chudobnejších stanovištiach.

Literatúra

- Bucha, T., Mindáš, J., 2000: Projekt čiastkového monitorovacieho systému lesy. Zvolen, MŽP SR, MP SR, LVÚ, 20 s.
- Cools, N., De Vos, B., 2010: Sampling and Analysis of Soil. Part X. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, ICP Forests, Hamburg. ,208 p.
- Rautio, P., Fürst, A., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U., 2010: Sampling and Analysis of Needles and Leaves. 19 pp. Manual Part XII. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg, 19 pp.
- Švec, M. et al., 1992: EKO dočasná príručka pre prieskum ekológie lesa. Zvolen Lesoprojekt, 181 s.

Ing. Danica Krupová PhD., Ing. Pavel Pavlenda, PhD.

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, 960 92 Zvolen,
e-mail: krupova@nlcsk.org, pavlenda@nlcsk.org