

VLASTNOSTI PÔD A ICH VPLYV NA ZDRAVOTNÝ STAV SMREČÍN

Pavel PAVLEND A

Vlastnosti pôd sú považované za jeden z určujúcich faktorov stavu lesných porastov. Odráža sa to aj v tom, že popri vegetačných stupňoch, daných klimatickými charakteristikami (klimatop), sú ekologické rady, dané vlastnosťami pôdy (edatop), základom lesníckej typológie. Aj prirodzené rozšírenie lesných drevín je okrem iného odrazom procesu prispôsobovania sa lesných spoločenstiev vo vývoji vegetácie v postglaciáli pôdnemu prostrediu podľa nárokov jednotlivých drevín na vlastnosti pôd. Predpokladom vitality stromov a dobrého zdravotného stavu lesných porastov sú primerané vlastnosti pôd. Zároveň je však známe, že veľa lesných drevín má pomerne širokú ekologickú amplitúdu. V prípade smreka je toho dôkazom aj fakt, že smrek prirodzene rastie na rôznych stanovištiach od silne kyslých, na živiny chudobných, až po alkalické, s nerovnovážnymi pomermi báz a nadbytkom vápnika.

V druhej polovici dvadsiateho storočia, najmä od začiatku osemdesiatych rokov, sa na veľkých územiach západnej a strednej Európy prejavila výrazná destabilizácia lesných porastov. Prejavila sa zvýšenou defoliáciou, čiastočne aj zmenami sfarbenia ihlíc a listov lesných drevín a ich postupným odumieraním. Boli vypracované viaceré hypotézy príčin chradnutia lesov. K faktorom, ktoré boli považované za príčinu tohto stavu, boli zaradené aj zmeny vo vlastnostiach lesných pôd v dôsledku imisného pôsobenia a zmenách v kvalite atmosférickej depozície. Všeobecne sa akceptuje, že k zmenám pôdných vlastností, ktoré sa spolupodieľajú na poškodzovaní lesných porastov na menej tmivých pôdach v silnejšie zaťažených oblastiach, patrí predovšetkým acidifikácia pôd, zvýšené vymývanie bázických katiónov (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+), uvoľňovanie hliníka v iónovej forme a zvýšenie mobility ťažkých kovov. Zvýšená dostupnosť dusíka podnecuje k zvýšenému prírastku stromov, čo vedie k zvýšenému odčerpávaniu báz z pôdy a následnému zvýšeniu nerovnováhy bilancie živín a k zvýšeniu relatívneho deficitu báz v pôde. Takýto mechanizmus je však iba zjednodušeným modelom, ktorý samozrejme nemá univerzálnu platnosť bez ohľadu na konkrétne pôdne vlastnosti.

Diagnóza deficitu živín podľa vizuálneho hodnotenia

Za viditeľné ukazovatele nepriaznivého zdravotného stavu smrečín sa zvyčajne považuje zmena sfarbenia ihličia (najčastejšie žltnutie), zvýšený predčasný opad starších ročníkov ihlíc, zvyšovanie defoliácie a následné odumieranie stromov.

Symptómy deficitu konkrétnych živín sú známe. V prípade deficitu horčíka dochádza k žltnutiu starších ročníkov ihlíc, najmä výraznému žltnutiu druhého ročníka ihlíc. Žltnutie je najvýraznejšie na špičkách ihlíc a postupne smerom k báze ihlice sa zmiernuje.

Pri deficite draslíka dochádza taktiež k žltnutiu ihlíc. V mladších porastoch sa žltnutie prejavuje čiastočne aj na poslednom ročníku ihličia, v starších porastoch je zvyčajne posledný ročník bez diskolorácie. Príznaky sú teda podobné ako pri deficite horčíka, pri silnom deficite však dochádza až k hnednutiu ihlíc.

Deficit fosforu sa neprejavuje výraznou zmenou sfarbenia (žltnutím) a je ťažšie rozoznateľný. Prejavuje sa skôr zmenšením veľkosti ihlíc a predčasnou stratou.

Nedostatok dusíka sa zvyčajne prejavuje najskôr stratou sýtosti zelenej farby – ihlice sú svetlejšie v dôsledku redukcie tvorby chlorofylu. V dôsledku toho, že dusík je v rastlinách relatívne ľahko mobilný, dochádza v prípade jeho nedostatku k jeho premiestňovaniu z nižšie

položených a starších ihlíc do najmladších a vyššie položených. Pri nedostatku dusíka, a to aj latentnom, bez prejavov zmeny sfarbenia, dochádza k výraznému zníženiu rastovej intenzity.

Treba zdôrazniť, že pri silnom deficite K a Mg môže dôjsť k úplnému odumretiu stromov. Nedostatku N a P sa síce prejavuje znížením prírastku, ale spravidla ani výrazný deficit nevedie k odumretiu stromov.

Okrem hlavných živín je možný aj deficit mikroživín. Prejavom deficitu jednotlivých mikroživín môže byť taktiež žltnutie ihlíc, prípadne škvrnitosť a nekrózy, ale aj rastové deformácie.

Tieto symptómy, zvlášť pri miernom deficite konkrétnej živiny, alebo pri slabom zásobení viacerými živinami, sú pomerne podobné a jednoznačné určenie ich príčiny podľa vizuálneho hodnotenia väčšinou nie je možné. V našich podmienkach je však dosť zriedkavé, aby sa prejavili výrazné typické symptómy deficitu jednej zo živín. Analýzy ihličia potvrdzujú, že aj silná defoliácia nie je spojená s výraznejším deficitom konkrétnej živiny.

Podľa výsledkov hodnotenia zdravotného stavu lesov na Slovensku v rámci „Čiastkového monitorovacieho systému Lesy“ (ČMS Lesy) je v danom súbore trvalých monitorovacích plôch (TMP) vysoký podiel smrekov s výraznou defoliáciou, ale veľmi nízky podiel smrekov so zmenami sfarbenia ihličia. Podľa správy za rok 2000 (BUCHA *a kol.*, 2000) bolo v stupňoch defoliácie 2 až 4 (defoliácia nad 25 %) 43,3 % stromov, z toho v stupňoch 3 a 4 (defoliácia nad 60 %) 2,4 % stromov. Podiel stromov so zaznamenanou zmenou sfarbenia v stupňoch 2 až 4 bol len 0,8 %. Podobný stav možno konštatovať aj pre iné dreviny.

V posledných rokoch sa však častejšie a výraznejšie aj na Slovensku objavuje, lokálne alebo regionálne, fenomén žltnutia ihličia smrekov. Za jednu z príčin žltnutia smrečín sa považujú problémy výživy (TURČANI *a kol.*, 2000).

Diagnóza deficitu živín podľa analýz ihličia

Popri vizuálnom hodnotení je ďalšou možnosťou určenia deficitu živín chemická analýza ihličia. Ihličie drevín, tak ako iné rastlinné pletivá, má pomerne stabilný obsah jednotlivých prvkov. Existujú určité rozdiely medzi rôznymi drevinami, medzi ročníkmi ihlíc, ako aj určité sezónne kolísanie obsahu prvkov v ihličí. Preto je tu mimoriadne dôležitá metodická stránka odberu vzoriek.

Prirodzený obsah konkrétnej živiny v pôdach je však veľmi variabilný. Napríklad obsah výmenného draslíka v hĺbke 0–10 cm v pôdach súboru TMP kolísal podľa výsledkov monitoringu pôd Slovenska (PAVLENDA, 1999) od $0,03 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$ do $0,76 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$, obsah výmenného vápnika dokonca od $0,76 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$ do $75 \text{ cmol}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$.

Z tohto hľadiska má analýza vzoriek ihličia vyššiu diagnostickú hodnotu pre určenie deficitu než analýza vzoriek pôd.

Hoci rôzni autori udávajú čiastočne rozdielne limitné hodnoty, prípadne definujú rozdielne úrovne výživy (kritická, karenčná, deficitná, optimálna), podľa výsledkov analýz je možné pomerne jednoznačne určiť deficit živín. V takomto prípade analyticky preukážeme nízky obsah konkrétnej živiny v ihličí, ktorý je zvyčajne spojený s jej deficitom v pôde. Analýzy vzoriek ihličia sa tak stali štandardnou súčasťou diagnostikovania príčin deficitu živín v prípade vonkajších prejavov nerovnováhy živín.

V Nemecku sa od počiatku výraznejšieho chradnutia lesných porastov sprevádzaných zmenami sfarbenia ihličia diagnostikovali problémy vo výžive popri vizuálnom hodnotení aj analýzami ihličia. Na základe získaných poznatkov sa definovali základné typy žltnutia (ZÖTTL, 1987; HÜTTL, 1987 a i.). K významnejším z nich zaradili poškodenie smrekových porastov vo vyšších polohách na chudobných a kyslých pôdach, kde bolo hlavným symptómom poškodenia stromov žltnutie ihlíc, spojené s deficitom Mg a čiastočne aj K, Ca a Zn. V stredných polo-

hách sa poškodenie prejavovalo výrazným presvetlením korún s menej výraznou zmenou sfarbenia ihlič, čo bolo sprevádzané najmä nižším zásobením K. Na karbonátových pôdach bolo výrazné žltnutie ihličia sprevádzané nízkymi obsahmi K a čiastočne aj Mn v ihličí.

Vzťah medzi vlastnosťami pôdy a obsahom živín v ihličí

V niektorých prípadoch však nízke zásoby živiny v pôde nemusia byť primárnou príčinou deficitu v ihličí. Môže dochádzať k zníženému príjmu živín z pôdy v dôsledku iných nepriaznivých procesov v strome, napríklad v súvislosti s poškodením biotickými škodlivými činiteľmi.

Vzťahy medzi zásobami živín a ich obsahom v ihličí teda nie sú také jednoznačné, ako by sme očakávali.

Vhodným príkladom z literatúry je vyhodnotenie vzťahov medzi koncentráciou prvkov v ihličí, resp. v listoch a v pôdach, ktoré sa vykonalo v Bavorsku (GULDER, KÖLBEL, 1993). Korelačnou analýzou sa nezistili významné vzťahy pre dusík a draslík, pre fosfor bola zistená kladná korelácia medzi jeho celkovým obsahom v pôde a koncentráciou v ihličí smreka. Štatisticky významné sú však korelácie medzi obsahom výmenného vápnika v pôde a jeho obsahom v asimilačných orgánoch. Najtesnejšie vzťahy z makroživín boli zistené pre horčík.

Výsledky jednoduchých korelačných analýz, ktoré sme vykonali v súvislosti so spracovaním metodického postupu vymedzovania imisných pásiem ohrozenia lesov v hospodársko-úpravníckom plánovaní (MINĐÁŠ *a kol.*, 1999) z údajov v databáze monitoringu ČMS Lesy, priniesli podobné závery. Najtesnejšia korelácia bola zistená medzi obsahom horčíka v asimilačných orgánoch a jeho celkovým obsahom vo všetkých hodnotených hĺbkach pôdy, ako aj medzi obsahom horčíka v asimilačných orgánoch a obsahom výmenného horčíka v hĺbkach 0–10 cm a 10–20 cm. Pre draslík bol vypočítaný významný korelačný koeficient len pre výmennú formu v hĺbke 10–20 cm, a to len pre buk. V prípade smreka takýto vzťah nebol významný. Podobne pre vápnik bol vypočítaný štatisticky významný korelačný koeficient len pre výmennú formu, pre hĺbky 0–10 a 10–20 cm, ale len pre buk. Pre ďalšie hodnotené prvky (Mn, N, S) sme zistili existenciu korelačných vzťahov iba medzi ich obsahom v asimilačných orgánoch a obsahom v pokryvnom humuse, korelácia medzi ich obsahom v asimilačných orgánoch a obsahom v hĺbkach 0–10 cm a 10–20 cm sa nepotvrdila.

Najvýraznejšie vzťahy sme teda zistili pre horčík. Horčík je typickým elementom, ktorého riziko deficitu na niektorých pôdach je pomerne vysoké, a možno ho dobre indikovať analýzou asimilačných orgánov i analýzou pôd, ale pri silnom nedostatku aj typickými prejavmi zmeny sfarbenia. Prípady takejto jednoznačnej indikácie deficitu sú však v konkrétnych podmienkach pomerne zriedkavé.

Popri chemických vlastnostiach pôd nemožno zabúdať ani na ich fyzikálne vlastnosti (zrnnosť, skeletnosť). V súvislosti s výskytom periód s mimoriadne vysokými teplotami a deficitom zrážok je potrebné počítať na málo vododržných pôdach aj v stredných až vyšších polohách so suchom ako stresorom pre lesné dreviny.

Hnojenie ako nápravné opatrenie

Určenie deficitu živín ako príčiny žltnutia smrečín je samozrejme iba prvým krokom, ktorý predchádza opatreniam pre elimináciu alebo aspoň zmiernenie deficitu živín. V prípade zistenia vplyvu nepriaznivých pôdných vlastností na žltnutie, prípadne až odumieranie stromov, by mala nasledovať ich úprava.

Najviac používaným prostriedkom korekcie vlastností lesných pôd je vápnenie. Výsledky podrobného hodnotenia účinkov vápnenia na lesné pôdy i na lesné porasty boli podrobne spracované najmä v Nemecku a Česku (HÜTTL, ZÖTTL, 1993; PODRÁZSKÝ, 1996 a i.). Aplikácia mletého vápenca (najčastejšie dolomitického vápenca) je prostriedkom, ktorý má dlhodobý

a pozvoľný účinok. Väčšinou je považované za preventívne alebo kompenzačné opatrenie. Jeho hlavným účinkom zvyčajne nie je priame doplnenie živín, ale skôr úprava pôdnej reakcie a posun mimo tlmivého rozsahu hliníka.

V prípade jednoznačne indikovaného deficitu niektorých živín, najmä horčíka a draslíka, sú však zo zahraničia známe viaceré úspešné pokusy, kde došlo k revitalizácii lesných porastov (napr. BAULE, HÜTTL, 1987). V tomto prípade však boli aplikované ľahkorozpustné hnojivá s rýchlym účinkom na báze síranov: síran draselný, kieserit – síran horečnatý, Patentkali (síran draselný so síranom horečnatým).

Je pravdepodobné, že v budúcnosti sa budú aj na Slovensku častejšie objavovať prípady chradnutia lesných porastov, na ktorých sa priamo podieľa deficit živín a ktoré si budú vyžadovať plošnú aplikáciu hnojív v lesných porastoch, nielen pri obnove lesa formou prihnojenia do jamky. Doterajšie skúsenosti však naznačujú, že iba ojedinele bude možné očakávať jednoduché riešenie – aplikáciu hnojiva s obsahom danej živiny v ľahkorozpustnej forme.

V súvislosti s hnojením lesných pôd treba pripomenúť, že na pôdu sa nemožno pozeráť ako na statický neživý substrát, ktorý sa „vylepší“ doplnením deficitnej zložky. Je potrebné zásadne rozlišovať prístup pri hnojení ornej pôdy a pri hnojení v lesoch. Lesnú pôdu je potrebné hodnotiť ako súčasť lesného ekosystému a minerálne živiny v pôde obsiahnuté ako jednu zo súčastí kolobehu živín (drevina – opad ihličia – depozícia – atmosférická depozícia – pokryvný humus – minerálna pôda – zvetrávanie – príjem živiny drevinou – vylúhovanie, resp. aj odber živín ťažbou stromov). Relatívny deficit živiny v koreňovej zóne pôdy môže súvisieť za určitých podmienok s blokováním zásob živín v povrchovom humuse napríklad v dôsledku zanedbaných pestovných zásahov a spomalenia jeho rozkladu. Analýza príčin deficitu živín a prípadné následné hnojenie teda musí rešpektovať časový faktor a musí tiež vychádzať zo širšieho lesohospodárskeho kontextu. Podľa Obra (In: PAVLENDÁ *a kol.*, 1993) je cieľom melioračných opatrení obnovenie autoregulačnej schopnosti lesných ekosystémov pri určitej konštelácii ekologických podmienok zmenených obhospodarovaním lesov ako aj negatívnymi zmenami chemickej klímy v posledných desaťročiach.

Hnojenie ako súčasť možných opatrení v prípade žltnutia smrečín nie je novým úplne novým fenoménom. Vápnenie, prípadne aj hnojenie (väčšinou formou bodovej aplikácie hnojív – k sadenici pri umelej obnove lesa) bolo často súčasťou realizácie ozdravných opatrení. Hoci tieto opatrenia si vyžadujú vysoké náklady, neprikladal sa dostatočný význam vyhodnoteniu ich účinkov (ČABOUN *a kol.*, 1997). Nutnosť systematického overovania ozdravných opatrení sa konštatuje už niekoľko rokov, zatiaľ nie je doriešený spôsob overovania vplyvu opatrení na lesné pôdy, na výživu lesných drevín a prejavy žltnutia, defoliácie a prírastku. Po prijatí zákona č. 136/2000 Zb. o hnojivách vyplývajú pre LVÚ vo Zvolene povinnosti v súvislosti so zisťovaním vlastností lesných pôd s aplikáciou hnojív. Aj táto skutočnosť by mala byť podnetom pre to, aby sa vypracoval a zaviedol funkčný a efektívny systém, ktorý by zahrňoval overovanie účinkov vápnenia a hnojenia ako súčasti ozdravných opatrení, vrátane finančného zabezpečenia.

Záver

Na základe vyššie uvedeného prehľadu je možné zhrnúť vplyv pôdnych vlastností na zdravotný stav smrečín a možnosti ich korekcie nasledovne:

- Pôdne vlastnosti sa môžu podieľať na chronickom aj akútnom žltnutí smrečín.
- Doteraz spracované výsledky z lokalít s prejavmi žltnutia smrečín na Slovensku nesvedčia o výraznom deficite niektorej z mikroživín, ktorý by bolo možné jednoducho riešiť hnojením.

- Vápnenie a hnojenie v lesoch si vyžaduje dobudovanie systému presného, pravidelného a dlhodobého overovania ich účinkov na pôdu, výživu drevín, defoliáciu, prírastok a stav lesa ako celku.

Literatúra

- BAULE, H., HÜTTL, R.F., 1987: *Neuartige Waldschäden und Restabilisierungsmassnahmen*. sterr. Forstztg., roč. 98, č. 5, s. 31 – 33.
- BUCHA, T. a kol., 1999: *Zdravotný stav lesov Slovenska*. Správa z monitoringu 1999. Zvolen, LVÚ, 48 s. + prílohy.
- BUCHA, T. a kol., 2000: *Zdravotný stav lesov Slovenska*. Správa z monitoringu 2000. Zvolen, LVÚ, 50 s. + prílohy.
- ČABOUN, V., PRIWITZER, T., 1997: *Zhodnotenie ozdravných opatrení v lesoch Slovenska postihnutých imisiami*. Zprávy lesníckého výzkumu, roč. 42, č. 4, s. 28 – 30.
- GULDER, H.J., KÖLBEL, M., 1993: *Waldbodeninventur in Bayern*. Forstliche Forschungsberichte München, 132, 256 s.
- HÜTTL, R.F., 1987: *"Neuartige" Waldschaden, Ernährungstörungen und Düngung*. Allg. Forstz, roč. 42, č. 12, s. 289–299.
- HÜTTL, R.F.– ZÖTTL, H.W., 1993: *Liming as a mitigation tool in Germany's declining forests – reviewing results from former and recent trials*. Forest Ecology and Management, roč. 61, s. 325–338.
- MINĎÁŠ, J. – MAŇKOVSKÁ, B. – PAVLEND, P. – MOLNÁROVÁ, H., 1999: *Metodický postup vymedzovania imisných pásiem ohrozenia lesov v hospodársko–úpravníckom plánovaní*. Záverečná správa referenčnej úlohy RÚ12/99. LVÚ Zvolen, november 1999, 42 s.
- PAVLEND, P. a kol., 1993: *Zalesňovanie a meliorácie pôdy v rôznych imisne ekologických podmienkach*. Výskumná správa. LVÚ, Zvolen, 80 s.
- PAVLEND, P., 1999: *Vlastnosti pôd trvalých monitorovacích plôch Slovenska a ich vzťah k zdravotnému stavu lesa*. Dizertačná práca. LVÚ Zvolen, 138 s. + prílohy.
- PODRÁZSKÝ, V., 1996: *Využití vápnění v lesním hospodářství*. Lesnická práce, č. 10, s. 356–357.
- TURČANI, M., LEONTOVYČ, R., JAKUŠ, R., 2000: *Žltnutie smrečín na Slovensku – možné príčiny*. In: VARÍNSKY, J. (Ed.) *Aktuálne problémy v ochrane lesa '2000*. Zborník referátov z celoslovenského seminára 17.–18. 4. 2000, s. 79 – 83.
- ZÖTTL, H. W., 1987: *Nährelementversorgung mitteleuropäischer Wälder*. Österr. Forstztg., roč. 98, č. 6, 46 s.

Ing. Pavel PAVLEND, PhD.
Lesnícky výskumný ústav Zvolen
T. G. Masaryka 22
962 92 Zvolen
e-mail: <pavlenda@fris.sk>