

POUŽITÍ NOVĚ VYVINUTÝCH HNOJIV V LESNÍCH POROSTECH



Ing. RADEK NOVOTNÝ, Ph.D.

Ing. JIŘÍ VALENTA

Ing. VĚRA FADRHOŇSOVÁ



4/2020

Použití nově vyvinutých hnojiv v lesních porostech

Certifikovaná metodika

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Ing. Jiří Valenta

Ing. Věra Fadrhonsová

Strnady 2020

Lesnický průvodce 4/2020

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-204-5

ISSN 0862-7657

USE OF NEW TYPES OF FERTILIZERS IN FOREST TREE PLANTATIONS

Abstract

The methodology summarizes experiment results with a new type of fertilizer for forestry, and the recommendations of its applications in forest tree plantations. The newly developed fertilizer is a source of important nutrients (N, P, Ca, K, Mg, S) and basic trace nutrients (B, Zn, Mo) in balanced ratio. Its positive effect has been proved in the efficiency tests. The fertilizer is suitable in areas, where no fertilizing was applied, in the pit or on the surface, during planting. It should be applied before the new cultures are stabilized, and the symptoms of nutrient deficiency and growth retardation etc. are visible.

Key words: forest fertilizer; point/targeted fertilization of young plants; nutrient deficiency; forest soils

Adresy autorů:

Ing. Radek Novotný, Ph.D.¹⁾

Ing. Jiří Valenta²⁾

Ing. Věra Fadrhonsová¹⁾

¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136

252 02 Jíloviště

e-mail: novotny@vulhm.cz

fadrhonsova@vulhm.cz

²⁾ Lovochemie, a. s.

Terezínská 57

410 02 Lovosice

e-mail: jiri.valenta@lovochemie.cz

Obsah:

1 CÍL METODIKY	7
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
2.1 Úvod – stav lesních půd	7
2.2 Praktické zkušenosti s aplikací nově vyvinutého hnojiva	10
2.2.1 Složení hnojiva	11
2.2.2 Půdní chemismus na pokusných plochách	14
2.2.3 Půdní voda na pokusné ploše	20
2.2.4 Růst sazenic na pokusných plochách	23
2.3 Výběr ploch pro přihnojení výsadeb	25
2.3.1 Odběr půdní vzorků	26
2.3.2 Odběr vzorků asimilačního aparátu	27
2.3.3 Rozhodování o potřebě přihnojení	28
2.3.4 Aplikace hnojiva	30
2.3.5 Vyhodnocení účinnosti hnojení	30
3 SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	32
4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	33
5 EKONOMICKÉ ASPEKTY	34
6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	35
7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	38
8 OPONENTI	39
9 DEDIKACE	39
10 DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE	40
SUMMARY	42
PŘÍLOHA	44

1 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout návod pro použití hnojiv vyvinutých v rámci projektu TA ČR (projekt č. TH02030785 Hnojiva pro lesní hospodářství) pro aplikaci v lesních porostech. Metodika je určena pro lesnickou praxi, obsahuje popis praktických zkušeností získaných v průběhu řešení projektu při testovacích aplikacích hnojiva a dále zahrnuje problematiku aplikace hnojiv v lesních porostech, kritéria výběru ploch, způsob aplikace, kontrolní činnost a vyhodnocování účinnosti.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1 Úvod – stav lesních půd

Jako lesní půdu označujeme zpravidla svrchní vrstvu zemské kůry, která je osídlena a využívána živými organismy – rostlinami a živočichy. Sahá od povrchu porostlého vegetací až po matečnou horninu a její tloušťka je značně proměnlivá. Její vznik je velmi pomalý, jeden centimetr půdy se tvoří až sto let a kromě základních fyzikálních a chemických procesů je pro stav půdy zásadní také půdní biota – živé organismy, které zpracovávají organickou hmotu, zpřístupňují živiny pro růst rostlin i pro půdní život, provzdušňují půdu a přispívají k promíchávání organické hmoty s minerální půdou. Lesní půda je proto právem označována za základní složku ekosystému a její stav zásadním způsobem ovlivňuje a formuje růst, vývoj i stabilitu rostlinného společenstva (bylinné, keřové i stromové patro), které se na ní utváří.

Lesní ekosystém je charakteristický dlouhodobostí produkce, průměrné obmýty přesahovalo v roce 2018 věk 115 let (MZe 2019). Tato dlouhodobost vede často k domněnce, že odběr organické hmoty a živin, ke kterému dochází především těžbou dřeva (hroubí), popř. i využíváním těžebních zbytků (nehroubí) pro různé účely, je přirozeně v průběhu více než stoletého obmýty nahrazován zvětráváním matečné horniny, půdní biologickou činností (zpracování organických zbytků z povrchu půdy) a vstupem prvků z atmosféry prostřednictvím suché a mokré depozice.

V minulosti však došlo ke změnám, které přirozenou rovnováhu v lesním ekosystému narušily a s jejichž následky se potýkáme i na počátku třetího desetiletí 21. století.

Mezi vlivy, které narušují rovnováhu lesních ekosystémů, patří faktory přirozené, přírodní, zahrnující především vliv klimatu, tj. dlouhodobé a postupné změny srážkových a teplotních poměrů, případně dalších faktorů, které mění podmínky pro růst a vývoj rostlinných a živočišných druhů, a dále vlivy způsobené přímo nebo nepřímo činností člověka. Vliv člověka na lesy trvá řádově stovky až tisíce let. Zpočátku se jednalo především o změnu ve způsobu využívání krajiny a půdy – původní lesní, lesostepní nebo stepní ekosystémy byly postupně využívány pro zemědělskou produkci, později se dřevo stalo nejvýznamnějším stavebním materiálem, a bylo používáno i v průmyslu, což vedlo k dalšímu odlesnění krajiny, a tím i ke změnám v původně lesních půdách. V posledních přibližně 150–200 letech hovoříme o významném imisním působení látek, pocházejících z intenzivní průmyslové a zemědělské činnosti.

Zpočátku byly dokumentovány především přímé škody na vegetaci, působené emitovanými sloučeninami do ovzduší. Např. šlo o poškození vegetace fluorem (Mayrhofer 1893, Rhode 1895) nebo oxidem siřičitým (Singer 1916, Stoklasa 1923, Hönig 1964), který byl na území Česka dlouho hlavní imisní látkou (Šrámek 1998, Zapletal 2014). Následně (po odsíření velkých průmyslových zdrojů) je zvýšená pozornost věnována vlivu dusíku (Thimonier a kol. 2005, Waldner a kol. 2015). Později se pozornost obrátila také k lesní půdě a k dlouhodobým a postupným změnám, které byly vyvolány desítky let trvajícím vstupem kyselých sloučenin (De Vries a kol. 2000, 2014; Lomský a kol. 2011, 2012; Novotný a kol. 2017).

V souvislosti s lesními půdami bylo, a také v současné době je, na území Česka řešeno několik projektů zaměřených na plošný průzkum a vyhodnocení stavu lesních půd. Mezi ty větší patřil projekt Evropské komise BioSoil (2005–2008), projekt NAZV č. QI112A168 ForSoil (2011–2014), který s daty projektu BioSoil dále pracoval, projekt NAZV č. QI112A201 KOLEP (2011–2014) a patří sem také průzkumy stavu lesních půd prováděné Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ) nebo Ústavem pro hospodářskou úpravu lesa (ÚHÚL). Informace o stavu lesních půd doplňuje řada dalších projektů a činností – průzkumy prováděné v souvislosti s chemickou meliorací acidifikovaných půd, šetření LOS, monitoring stavu lesa a další.

Výsledky všech těchto průzkumů a hodnocení stavu lesních půd mají jedno společné – koncentrace hlavních živin zdaleka nenaplnují očekávání a předpoklady, které jsme si o lesních půdách v naší republice vytvořili a stále s nimi pracujeme (např. typologický systém). A nejedná se přitom pouze o výsledky chemismu nadložní

humusové vrstvy a svrchní minerální půdy, ve které mají dřeviny nejvíce sorpčních kořenů. Nepříznivé podmínky nejsou výjimečné ani v hlubších půdních vrstvách, v hloubkách půl metru až jeden metr. Neboli zjednodušeně řečeno – situaci zhoršeného stavu lesní půdy nelze vždy vyřešit pouze tím, že vysázíme hlouběji kořenící druhy dřevin, které po čase zmobilizují a do koloběhu porostu přitáhnou živiny z hlubších vrstev půdy.

V lesích Česka převažují silně kyselé a středně kyselé půdy, ve kterých jsou nízké až velmi nízké koncentrace hlavních živin (vápník, hořčík, draslík, fosfor) především ve svrchní minerální půdě, a to až do hloubky 40 cm. Nedostatek uvedených prvků se projevuje v nízkém až velmi nízkém nasycení sorpčního komplexu půd bázemi. Zatímco u koncentrace prvků typologický systém žádné konkrétní hodnoty podle ekologických řad nebo edafických kategorií neuvádí, pro kationtovou výměnnou kapacitu, resp. pro nasycení bázemi takové údaje publikovány byly, a tak lze alespoň z tohoto pohledu předpoklady s realitou porovnat.

Současný typologický systém např. předpokládá u edafické kategorie „K“ nasycení sorpčního komplexu bázemi 10–20 %, u kategorie „S“ 20–30 % a u kategorie „B“ pak více než 30 %. Získané výsledky přitom ukazují, že i v bohaté edafické kategorii má většina analyzovaných vzorků až do hloubky 40 cm nasycení bázemi nižší než je předpoklad, tedy než 30 %. V bohaté edafické kategorii až do hloubky 40 cm polovina až dvě třetiny vzorků mají koncentrace bazických prvků (Ca, Mg, K) nedostatečné až výrazně nedostatečné a téměř polovina vzorků jejich nedostatek vykazuje i v hloubce 40–80 cm (Šrámek a kol. 2013).

Na tato zjištění lze nahlížet z různých úhlů a je zřejmé, že se nevyhneme přemýšlení a diskuzi mimo jiné i nad těmito tématy:

- Současný stav lesních půd v řadě oblastí zřejmě nemůže garantovat dlouhodobou udržitelnost lesního hospodaření, respektive pokrýt ztráty živin vznikající odběrem biomasy (hroubí, popř. i nehroubí). Je otázkou, zda tyto ztráty mohou být nahrazeny současnými vstupy – zvětráváním a atmosférickou depozicí. S chemickou meliorací a citlivou volbou dřevinné skladby je nutno počítat v dalším větší míře, než dosud bylo běžné.
- Velké riziko mohou představovat rozhodnutí, která jsou připravována na základě současného typologického systému s využitím předpokládaných vlastností lesních půd, které ovšem neodpovídají skutečnosti. Jako typický případ je možno uvést např. využívání těžebních zbytků pro energetické účely či pěstování rychle rostoucích dřevin bez doplnění živin do lesních půd kompenzačním hnojením. Tyto postupy je nutné přehodnotit a v podobných případech rozhodovat podle konkrétních dat pocházejících z aktuálních půdních průzkumů, nikoliv podle kategorií lesnické typologie. Pro lesnickou typologii jako

takovou by bylo vhodné přinejmenším zvážit úpravu interpretace jednotlivých kategorií.

- Z dosažených výsledků vyplývá mj. zásadní význam vrstvy nadložního organického horizontu pro výživu současných i budoucích lesních porostů. V této vrstvě je obsaženo velké množství živin a při současném vážném nedostatku živin v povrchových minerálních horizontech to přináší řadu rizik. Uchování funkčního organického horizontu by mělo být zohledňováno při hospodaření v lesích i při dalších způsobech využívání lesních ekosystémů. Spoléhat při pěstování lesů pouze na živiny z nadložního organického horizontu je ovšem dlouhodobě i střednědobě neudržitelné. Tato skutečnost ukazuje na významnou roli chemické i biologické meliorace lesních půd pro zachování principu trvalé udržitelnosti lesního hospodářství.

Podrobně jsou získané výsledky diskutovány např. v publikacích Šrámek a kol. (2015, 2014, 2013), Fiala a kol. (2019, 2017, 2009). Průzkum stavu půd a výživy lesa podle jednotlivých přírodních lesních oblastí (PLO) je prováděn Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ) a je zveřejněn na jeho webových stránkách (www.ukzuz.cz).

2.2 Praktické zkušenosti s aplikací nově vyvinutého hnojiva

Předložená metodika vychází ze zkušeností získaných při pokusných aplikacích nově vyvíjených hnojiv určených pro lesní porosty, především pak pro přihnojení sazenic lesních dřevin. Jako tzv. lesnická hnojiva se zpravidla označují produkty s pozvolným uvolňováním živin, přičemž cílem je, aby toto uvolňování probíhalo alespoň jeden rok nebo déle. Nejčastěji se tato hnojiva aplikují současně s výsadbou na povrch půdy (v tabletované, granulované nebo práškové formě), možná je také aplikace do výsadbové jamky. Aplikace do jamky a promísení s půdou na stanovišti zajišťuje přítomnost živin v minerální půdě, a zároveň tedy v kořenové zóně hned od výsadby, a není třeba čekat na postup živin od povrchu půdy. Lze ji proto označit za vhodnější pro vitalitu, výživu a vývoj sazenic lesních dřevin. Tato forma aplikace hnojiv při výsadbě je pracnější, časově a také finančně náročnější, a proto je při upřednostnění ekonomického krátkodobého hlediska málo využívaná.

Lesnická hnojiva mají sazenicím dodávat živiny po dobu 1–3 roky od výsadby. Tím je podporováno zakořeňování a růst sazenic především na chudých stanovištích, na

kterých panují podmínky, které se značně liší od situace v lesních školkách, kde byly sazenice produkovány.

Větší část současné nabídky hnojiv s postupným uvolňováním živin neřeší případy, kdy po provedené výsadbě bez aplikace hnojiv dojde v následujících 2–4, případně i více letech po výsadbě, ještě před plnou adaptací sazenic na nové podmínky, k vyčerpání zásob živin, které sazenice získaly při pěstování v lesní školce. V takových situacích se mohou objevit příznaky nedostatku živin, může dojít ke zpomalení nebo zastavení růstu a vzniklý stres oslabuje sazenice a snižuje jejich šanci na přežití. Vývoj a testování nového typu hnojiva pro využití v lesních porostech bylo tedy reakcí na poptávku lesnického provozu právě pro výše uvedené situace, kdy výsadby bez přihnojení zpomalí nebo zastaví růst, popř. se u nich objeví symptomy nedostatku živin a je ohroženo včasné dosažení fáze zajištěné výsadby v zákonem stanovené lhůtě, popř. hrozí ztráty v důsledku odumírání oslabených sazenic a nutnosti vylepšování výsadeb.

2.2.1 Složení hnojiva

Návrhu složení hnojiva, jeho výroby a pokusné aplikaci v lesních porostech předcházelo vyhodnocení výsledků analýz půdních vzorků, které byly odebírány pro potřeby lesního provozu v případech, kdy vlastník nebo správce lesa uvažoval o přihnojení výsadeb. Chemická analýza půdních vzorků měla v těchto případech sloužit jako podklad pro rozhodování o potřebě přihnojení. Zároveň byli osloveni lesníci z vybraných lokalit a byly s nimi diskutovány otázky hnojení výsadeb – forma hnojiva, lokality vybírané pro přihnojení, důvody hnojení, co od hnojiva očekávají, kdy ho potřebují aplikovat atd. Tento průzkum pro zjištění potřeb provozu byl prováděn osobními rozhovory s lesníky, součástí rozhovoru zpravidla byly také terénní pochůzky na vybraných lokalitách s ukázkou typických případů, pro které by bylo nové vyvíjené hnojivo vhodné.

Pro odběr půdních vzorků pro potřeby testování nově vyvíjeného hnojiva byly vybrány porosty ve třech regionech – Vysočina (vlastník Arcibiskupství pražské, SM prostokořenná sadba), střední Čechy (vlastník Město Příbram, BK prostokořenná sadba, SM obalovaná sadba), Krušné hory (vlastník stát – Lesy ČR, LS Litvínov, SM prostokořenná sadba). Jedná se o výsadby na chudých a kyselých stanovištích a existují zde problémy s odrůstáním sazenic (krnění, karenční jevy). Hnojení zde připadá v úvahu jako podpůrné opatření, které by mělo přispět k dobrému růstu sazenic (kořenů i nadzemní části), ke zlepšení úrovně výživy, a tím k zajištění dostatečné vitality a odolnosti až do dosažení fáze zajištěné kultury, jak ji požaduje lesní zákon. Přehled vzorkovaných míst je uveden v tabulce 1, termíny aplikace, termíny

měření sazenic a počet pokusných ploch jsou uvedeny v tabulce 2. Aplikace hnojiva proběhla na každé pokusné ploše pouze jednou, použitá dávka hnojiva byla 50 g granulátu na sazenici. Hnojivo bylo aplikováno na povrch půdy kolem kmínku, na ploše odpovídající přibližně průmětu korunky sazenic. Základní informace o výsadbách na pokusných plochách jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 1: Přehled vzorkovaných/pokusných lokalit

bod	N	E	nadmořská výška	datum vzorkování	vlastník / lokalita
TA CR 1	49°38,691´	15°50,454´	656 m n. m.	16. 5. 2017	Arcibiskupství pražské, Vepřová
TA CR 2	49°17,590´	15°20,169´	620 m n. m.	16. 5. 2017	Arcibiskupství pražské, Horní Cerekev
TA CR 3	50°42,075´	13°36,175´	779 m n. m.	18. 7. 2017	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 4	50°42,481´	13°34,986´	749 m n. m.	18. 7. 2017	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 5	49°41,808´	13°58,429´	566 m n. m.	18. 8. 2017	Městské lesy Příbram

Tab. 2: Přehled aplikace hnojiva a měření růstu sazenic

plocha	počet ploch	datum hnojení	datum 1. měření	datum 2. měření	vlastník / lokalita
TA CR 1	2 (SM)	21. 5. 2018	15. 3. 2019	29. 10. 2019	Arcibiskupství pražské, Vepřová
TA CR 2	2 (SM)	25. 5. 2018	15. 3. 2019	29. 10. 2019	Arcibiskupství pražské, Horní Cerekev
TA CR 3	1 (SM)	9. 5. 2018	14. 5. 2019	22. 11. 2019	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 4	1 (SM)	9. 5. 2018	14. 5. 2019	22. 11. 2019	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 5	2 (SM, BK)	20. 5. 2019	20. 5. 2019	8. 1. 2020	Městské lesy Příbram

Tab. 3: Informace o výsadbách na pokusných plochách

plocha	počet ploch	termín výsadby	spón sazenic při výsadbě	velikost sazenic	vlastník / lokalita
TA CR 1	2 (SM)	IV. 2017	1,4 x 1,4 m	25-36 cm	Arcibiskupství pražské, Vepřová
TA CR 2	2 (SM)	V. 2016	2,0 x 1,0 m	36-50 cm	Arcibiskupství pražské, Horní Cerekev
TA CR 3	1 (SM)	IV. 2016	1,8 x 1,8 m	25-36 cm	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 4	1 (SM)	IV. 2016	1,6 x 1,6 m	25-36 cm	Krušné hory, LS Litvínov, revír Český Jiřetín
TA CR 5	1 (SM)	XI. 2018	1,5 x 1,6 m	36-50 cm	Městské lesy Příbram
TA CR 5	1 (BK)	IV. 2018	1,4 x 0,9 m	36-50 cm	Městské lesy Příbram

Pro testovací hnojení bylo vyrobeno více dávek/šarží hnojiva. Přehled parametrů vyrobených dávek/šarží hnojiva pro pokusy ve vybraných lesních porostech je uvedený v tabulce č. 4. Výroba probíhala na ručním talířovém granulovacím zařízení. Pro tyto pokusy byly připraveny čtyři šarže granulátu. Připravené hnojivo mělo velikost frakce granulí 2,0–6,3 mm, jednalo se o minerální hnojivo typu NPK + MgO s přidávkou mikroprvků (B, Zn, Mo). Zdrojem prvků pro výrobu pokusného hnojiva byl kieserit, chlorid draselný, magnezit, síran amonný, amofos, jednoduchý superfosfát, síran zinečnatý, kyselina boritá, molybdan amonný a ureaform.

Aplikace hnojiva proběhla v jarním období roku 2018 a 2019 (květen), kdy je také podle zjištěných požadavků lesnického provozu potřeba hnojení výsadeb s projevy chřadnutí na chudých stanovištích provádět. Aby hnojivo splnilo plánovaný účel, je část dusíku v surovině vázána v urea formě, tedy ve formě s postupným pomalým uvolňováním dusíku do půdy. Podíl pomalu působícího dusíku k dusíku okamžitému (čpavkovému) byl plánován v poměru 3 : 1, nicméně v dodávkách pro aplikaci v roce 2018 se skutečný poměr pohyboval v tomto rozmezí:

- 2,04–2,15 : 1 pro první dodávku granulátů ještě na původní složení „NPK 10-5-5 + MgO + Mo“, přičemž fyzicky na navážky ureaform by to bylo cca 20 %.
- 2,15–2,23 : 1 pro druhou dodávku granulátů už na domluvenou úpravu složení „NPK 11-5-5 + MgO + Mo“, přičemž fyzicky na navážky ureaform by to bylo cca 21 %.

Tab. 4: Přehled vyrobených šarží hnojiva pro pokusy v lesních porostech

výroba	X. 2017	X. 2017	III. 2018	III. 2018
množství	5,4 kg	9,18 kg	5,07 kg	5,13 kg
šarže	G3	G1,2	DG2	DG1
N _c (%)	10	10	11	11
P ₂ O ₅ (%)	5	5	5	5
K ₂ O (%)	5	5	5	5
S (%)	5	5	5	5
MgO (%)	14	14	16	16
CaO (%)	6,5	6,5	7	7
B (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Zn (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Mo (%)	0,01	0,01	0,01	0,01
Cl ⁻ (%)	max. 5	max. 5	max. 5	max. 5

2.2.2 Půdní chemismus na pokusných plochách

Analýza půdních vzorků odebraných na pokusných plochách před hnojením potvrdila nedostatek bazických prvků (tab. 5), a použití hnojiva je zde proto opodstatněným opatřením.

V roce 2018 proběhlo na lokalitách v Krušných horách a na Vysočině přihnojení výsadeb dávkou ca 50 g hnojiva/sazenice (viz tab. 2). Granulované hnojivo bylo aplikováno po obvodu sazenice. V roce 2018 byla dávka hnojiva odměřována pomocí odměrných kelímků, jejichž objem odpovídal požadované dávce v gramech. Pokusné plochy s aplikací hnojiva byly v terénu vyznačeny geodetickými kolíky, výsadba mimo hnojené plochy sloužila pro srovnání stavu a růstu sazenic. Velikost pokusné plochy byla volena tak, aby se na ní nacházel dostatečně velký soubor sazenic a bylo možné statistické vyhodnocení měření. Počet sazenic na jednotlivých pokusných plochách se pohyboval od 40 do 120, kontrolní soubory zahrnovaly 30–50 sazenic. Vyšší počty byly zvoleny u smrku, který nebyl oplocený a hrozily tak škody zvěří, které snižovaly počet sazenic na plochách. Srovnání parametrů sazenic (výška sazenic a tloušťka kořenového krčku) bylo prováděno v jarním a v podzimním období roku 2019, viz kap. 2.1.4.

V roce 2019 bylo na ploše ve středních Čechách dne 21. 5. provedeno hnojení výsadeb roku 2018 (BK + SM) a opakované hnojení plochy s lyzimetry (odběr

půdní vody je prováděn lyzimetricky, zachytávána je pouze gravitační půdní voda, viz kap. 2.1.3). Hnojení bylo v roce 2019 uskutečněno speciálním zádovým aplikátorem granulátů.

Tab. 5: Koncentrace prvků v přístupné formě v půdě na pokusných plochách v roce 2017 (před hnojením)

porost	horizont (cm)	Al mg/kg sušiny	Ca mg/kg sušiny	Fe mg/kg sušiny	K mg/kg sušiny	Mg mg/kg sušiny	P mg/kg sušiny	Zn mg/kg sušiny	pH (KCl)
403 B0 (TA ČR 1)	FH	568	1348	414	373	359	6,84	17,6	3,23
	0-5	903	205	92,7	164	102	0,893	4,64	3,37
	5-10	754	101	3,69	71,5	65,0	0,926	1,92	3,60
	10-20	642	58	1,33	36,0	37,7	1,62	1,21	3,74
403 E0 (TA ČR 2)	FH	804	882	168	261	212	25,0	12,4	3,33
	0-5	568	276	11,7	164	96,4	1,14	4,55	3,53
	5-10	517	188	7,14	99,3	70,7	1,00	1,80	3,47
	10-20	446	192	3,82	84,3	72,5	0,936	1,78	3,52
103 F4 (TA ČR 3)	FH	155	2160	57,2	155	1161	13,5	5,25	3,60
	0-5	467	199	18,7	35,8	133	8,60	1,00	3,45
	5-10	536	77,8	17,1	29,4	56,6	5,39	0,661	3,57
	10-20	535	62,2	16,8	32,3	43,3	6,88	0,590	3,67
102 A3a (TA ČR 4)	FH	284	1873	18,4	153	513	33,6	8,79	3,38
	0-5	69	1941	11,2	81,5	826	16,2	2,93	3,80
	5-10	634	358	60,1	46,7	254	3,36	1,15	3,40
	10-20	692	183	32,1	38,0	144	2,91	0,842	3,59
29 e11 (TA ČR 5)	FH	193	3714	18,4	422	298	13,8	59,6	3,21
	0-5	513	147	29,3	68,2	22,5	2,81	6,01	3,18
	5-10	471	26,5	2,26	49,9	10,7	0,864	2,71	3,42
	10-20	373	26,0	0,659	55,9	8,92	0,849	2,09	3,56

Odběr půdních vzorků pro porovnání chemismu na kontrolních a hnojených plochách probíhal při podzimním měření sazenic v roce 2019 (29. 10., 5. 11. a 2. 12.). Vzorky byly odebírány za pomoci půdní sondýrky z definovaných hloubek (FH,

0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm) v blízkosti sazenic. Směsný vzorek byl vytvořen odběry z 10–15 míst pro každou plochu.

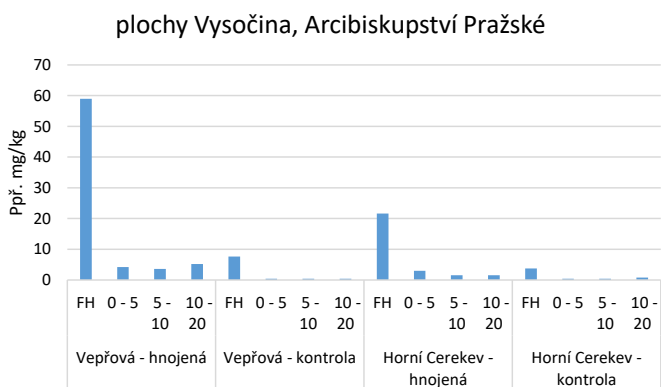
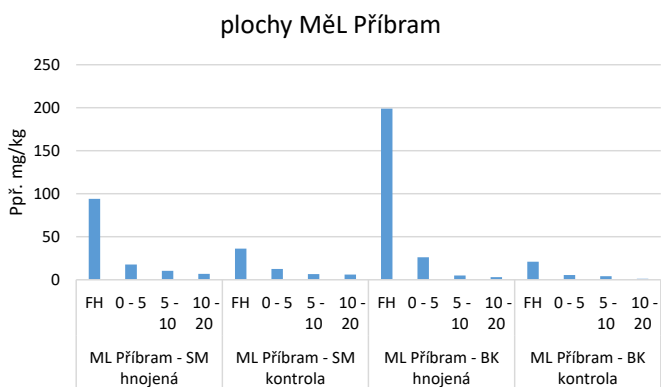
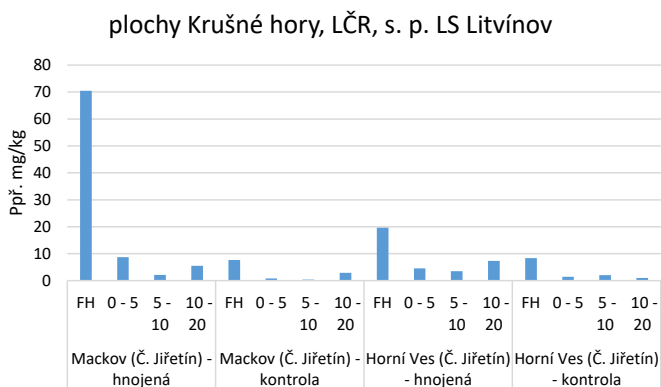
Výsledky chemické analýzy odebraných vzorků prokázaly pozitivní efekt hnojení na pH půdy (rozdíly v pH byly v řádu desetin pH), koncentrace živin v přístupné formě byly vyšší v celém hodnoceném profilu především u fosforu (obr. 1), vápníku a hořčíku (obr. 2).

Největší rozdíly byly zjištěny ve vrstvě povrchového humusu, protože aplikace hnojiva proběhla na povrch půdy. Výsledky přitom ukázaly, že prvky nezůstávají pouze na povrchu půdy, ale že po rozpuštění granulí postupují půdou hlouběji a rozdíly mezi hnojenými a kontrolními vzorky byly zpravidla patrné i v hloubce 10–20 cm i když s hloubkou rozdíly pochopitelně klesají.

Vliv na množství prvků uvolněných z aplikovaného hnojiva má také průběh počasí. V první řadě množství a rozložení srážek v průběhu vegetačního období, dále teplota a vlhkost vzduchu. Rovnoměrné srážky přispívají k průběžnému rozpouštění granulí, uvolňování živin a jejich postupu od povrchu půdy do kořenové zóny. Naopak vydatné deště po bezsrážkovém období vedou ke skokovému nárůstu koncentrace živin v půdní vodě a může docházet k úniku části živin z dosahu kořenů. Vliv těchto faktorů nebyl předmětem testování.

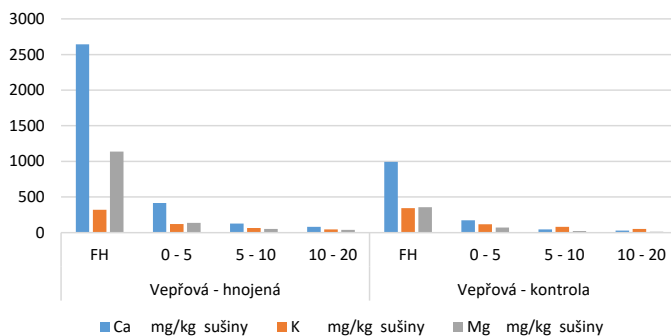
Rozdíly v koncentraci prvků na pokusných plochách jsou dány také tím, kolik na povrchu půdy zůstalo opadu a těžebních zbytků a v jaké formě, protože kůra, jehlice, listy a drobné větve mohou být při rozkladu zdrojem živin, v první řadě vápníku a fosforu. Draslík je naopak velmi aktivně využíván bylinným patrem, především různými druhy trav, které na pasekách rychle obsazují volný prostor, a tak se jeho koncentrace v půdě nemusí nijak výrazně měnit. Jsou-li ponechané těžební zbytky (ať už se jedná o veškeré těžební zbytky nebo jejich část) drceny nebo štěpkovány, poskytují na povrchu půdy kryt, který přispívá k tlumení teplotních a vlhkostních výkyvů a zpomalují růst buřeneš (viz např. Novotný a kol. 2011).

Také u dusíku byl zaznamenán mírný nárůst koncentrace na hnojených plochách, vzorky půdní vody ukazují, že uvolňování dusíku probíhá postupně a tento prvek je tak sazenicím k dispozici průběžně. To je velmi důležité v období rašení a prodloužovacího růstu sazenic (více viz také v kapitole 2.1.3).

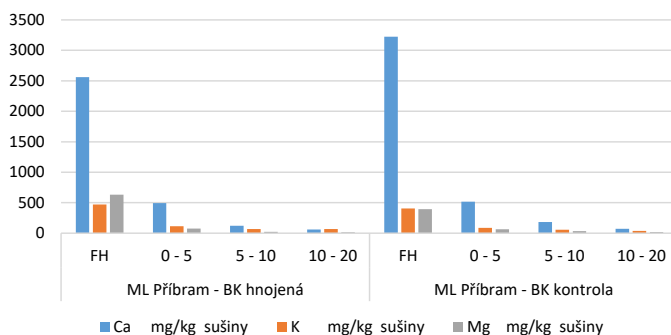


Obr. 1: Koncentrace fosforu v přístupné formě v půdě na hnojených a kontrolních plochách

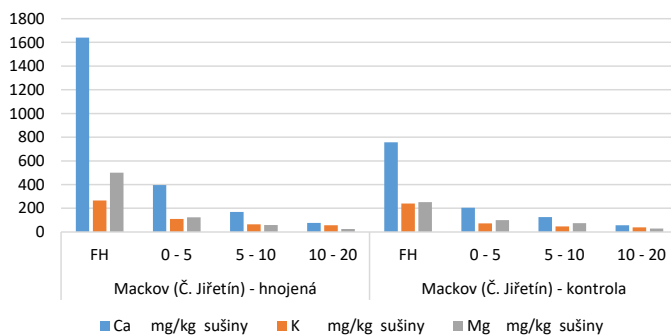
plochy Vysočina, Arcibiskupství Pražské



plochy MěL Příbram

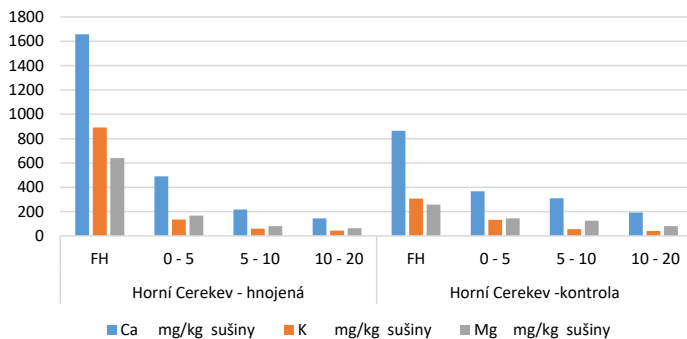


plochy Krušné hory, LČR, s. p. LS Litvínov

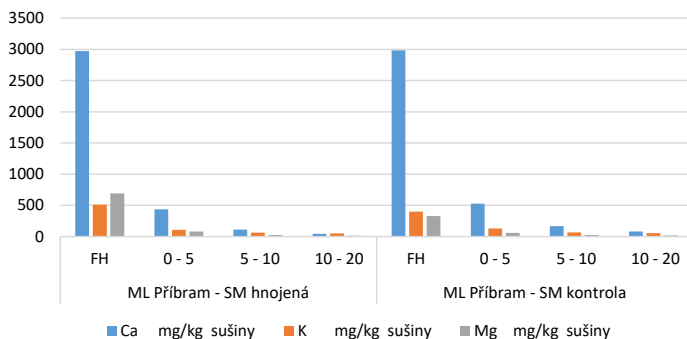


Obr. 2: Koncentrace vápníku, draslíku a hořčíku v přístupné formě v půdě na hnojených a kontrolních plochách

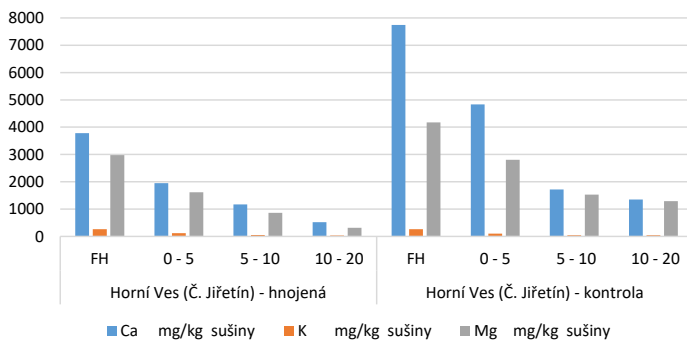
plochy Vysočina, Arcibiskupství Pražské



plochy MĚL Příbram



plochy Krušné hory, LČR, s. p. LS Litvínov



Obr. 2: Pokračování – Koncentrace vápníku, draslíku a hořčíku v přístupné formě v půdě na hnojených a kontrolních plochách

2.2.3 Půdní voda na pokusné ploše

Na plochách založených v porostech MĚL Příbram bylo odběrové zařízení pro sběr gravitační půdní vody instalováno na jaře roku 2018. Na obou plochách (varianty A – kontrola, B – hnojená) byly vykopány půdní sondy a vyhotoven popis půdního profilu. Následně byly na každé ploše instalovány tři gravitační lyzimetry pod horizont nadložního humusu (FH) a dva do hloubky 30 cm minerální půdy (počet snížen z důvodu vysokého podílu skeletu v profilu). Lyzimetry zachytávají gravitační půdní vodu, tedy vodu volně protékající danou částí půdního profilu. Vzorky půdní vody jsou odebírány v měsíčním intervalu vždy na konci měsíce, první odběr se uskutečnil 29. 5. 2018 po první aplikaci hnojiva. Další aplikace hnojiva proběhla 2. 5. 2019. Vzorky jsou odebírány podle metodiky manuálu ICP Forests, analýzy provádí zkušební laboratoř VÚLHM. Ve vzorcích se stanoví pH, KNK (alkalita – obsah karbonátů), vodivost při 25 °C, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, N-NH_4^+ , N-NO_3^- , TN, S-SO_4^{2-} , F⁻, Cl⁻, P-PO_4^{3-} a DOC (rozpuštěný organický uhlík).

Aplikace hnojiva proběhla v květnu 2018 a byl sledován vliv na chemismus půdní vody během vegetační sezony 2018. V květnu 2019 se aplikace opakovala na stejné místo s lyzimetry a vliv hnojení na chemismus půdní vody byl sledován i ve vegetační sezoně 2019.

Hodnoty pH se pohybují v rozmezí 3,3 a 4,7 v obou hloubkách a na obou plochách jsou obdobné. Pod horizontem FH (horizont nadložního humusu) jsou téměř stejné na hnojené i kontrolní ploše, v hloubce 30 cm minerální půdy je pH půdní vody na hnojené ploše o několik desetin stupně pH nižší ve srovnání s kontrolní plochou, jde však spíše o vliv stanoviště než aplikace hnojiva, která se v horizontu FH neprojevila.

Hnojení nemělo vliv pravděpodobně ani na koncentrace DOC v půdní vodě, po počáteční rozkolísanosti hodnot, způsobených narušením půdy při těžbě, jsou hodnoty během vegetačního období roku 2019 víceméně podobné na hnojené i kontrolní ploše v obou hloubkách. Na podzim a v zimě se koncentrace DOC pod humusovým horizontem na obou plochách zvýšily – na kontrolní ploše na 124 mg/l, na hnojené až na 198 mg/l, pravděpodobně v souvislosti s vyššími úhrny srážek ve srovnání s letním obdobím. Na jaře roku 2020 jsou již koncentrace DOC pod humusovým horizontem opět obdobné na obou plochách, ale během léta opět stoupají, více na hnojené ploše. V půdní vodě v hloubce 30 cm jsou koncentrace DOC také rozkolísané, není však zřejmý rozdíl mezi hnojenou a kontrolní plochou.

Koncentrace Ca, Mg a K v půdní vodě jsou na kontrolní ploše v obou horizontech obdobné, dosahují u Ca 10–15 mg.l⁻¹, u Mg 2 mg.l⁻¹, výjimečně až 4 mg.l⁻¹, u K se dosahují 6 mg.l⁻¹, ojediněle až 12 mg.l⁻¹. Na hnojené ploše se po aplikaci hnojiva koncentrace těchto prvků výrazně zvýšila až na 25 mg.l⁻¹ v případě Ca, na 7–9 mg.l⁻¹

v případě Mg a 20–25 mg.l⁻¹ v případě K, přičemž v půdní vodě pod horizontem FH se projevila již první aplikace hnojiva. V hloubce 30 cm se první aplikace hnojiva ještě neprojevila, druhá již ano. V první polovině následujícího roku, tedy rok po aplikaci hnojiva, jsou již koncentrace těchto prvků vyrovnané, nicméně u Ca i Mg jsou stále mírně vyšší na hnojené ploše, a to jak v humusovém horizontu FH, tak i v hloubce 30 cm minerální půdy. U draslíku jsou koncentrace v půdní vodě přibližně stejné na hnojené i kontrolní ploše.

Aplikace hnojiva se v půdní vodě výrazně projevila také v případě koncentrace síranů. Ve vodě protékající humusovým horizontem se koncentrace síranů zvýšila z 2–3 mg.l⁻¹ až na 37 mg.l⁻¹ a v půdní vodě v hloubce 30 cm až na 50 mg.l⁻¹. Ke konci vegetačního období 2019 ve vodě pod humusovým horizontem koncentrace síranů rychle klesají až na 4,5 mg/l, v hloubce 30 cm minerální půdy na 14–16 mg.l⁻¹. Pod humusovým horizontem se koncentrace síranů znovu zvýšily během zimního období 2019, ale během vegetačního období 2020 se pohybují opět na úrovni hodnot zjišťovaných na kontrolní ploše. Podobný trend je zřetelný i v hloubce 30 cm minerální půdy, kde jsou však koncentrace síranů na obou plochách vyšší než pod humusovým horizontem.

Hodnoty koncentrací dusičnanů (NO₃⁻) jsou hodně rozkolísané v čase, nicméně po druhé aplikaci hnojiva se v horizontu FH i v hloubce 30 cm mírně zvýšily. Během roku 2019 je patrný stoupající trend na kontrolní ploše, ještě zřetelnější je v půdní vodě v hloubce 30 cm, kde koncentrace NO₃⁻ stoupají až na 12 mg.l⁻¹ na kontrolní ploše, na hnojené ploše po druhé aplikaci hnojiva dokonce až na 25 mg.l⁻¹. Výraznější vzestup koncentrací je zřejmý u NH₄⁺ pod humusovým horizontem, ale po první aplikaci se rychle snížily na úroveň kontrolní plochy, po druhé aplikaci se hodnoty vyrovnaly zhruba po 4 měsících. V hloubce 30 cm se v půdní vodě první aplikace hnojiva neprojevila, koncentrace byly víceméně srovnatelné s kontrolní plochou, po druhém hnojení se po rychlém nárůstu během 4 měsíců opět snížily na hodnoty obdobné jako na kontrolní ploše. Tento stav trvá i v průběhu první poloviny roku 2020 na obou plochách v obou hloubkách.

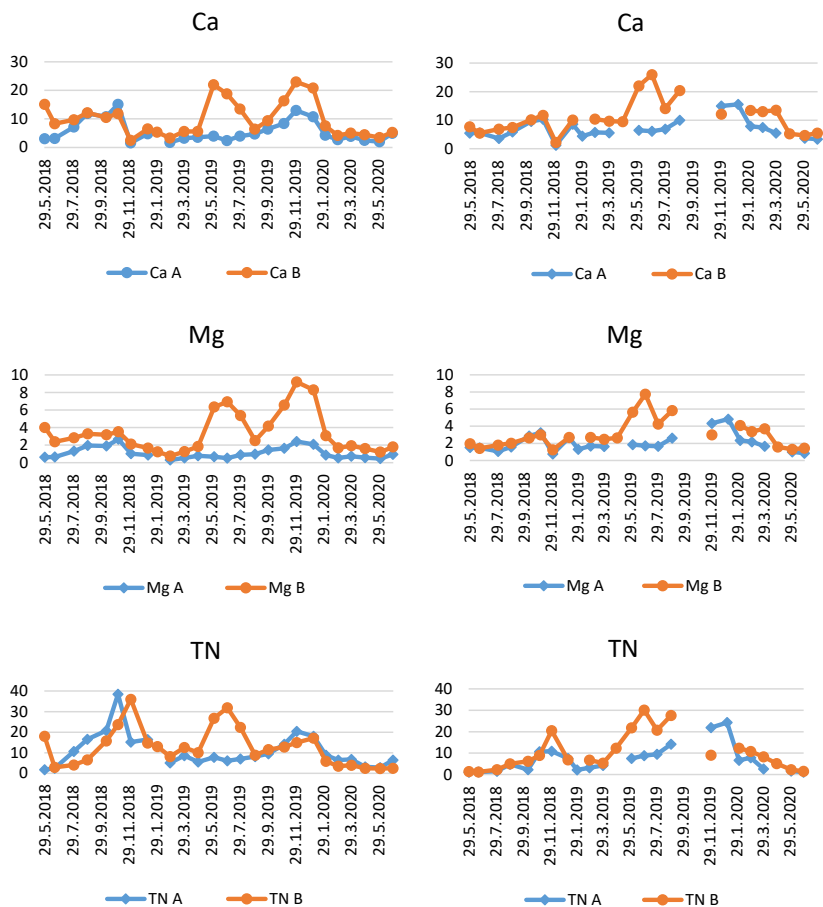
Po aplikaci hnojiva se zvýšily také koncentrace P-PO₄³⁻ v půdní vodě v obou hloubkách, po první aplikaci se koncentrace PO₄³⁻ ve vodě pod humusovým horizontem velmi rychle opět snížily, v hloubce 30 cm se první hnojení neprojevilo. Po druhé aplikaci hnojiva jsou koncentrace PO₄³⁻ v půdní vodě v humusovém horizontu výrazně vyšší, v hloubce 30 cm se vliv hnojení projevilo jen málo a koncentrace se rychle vyrovnaly na úroveň zjišťovanou na kontrolní ploše. V první polovině roku 2020 je tento stav podobný, vyšší koncentrace PO₄³⁻ jsou zjišťovány pod humusovým horizontem, ale není patrný rozdíl mezi hnojenou a kontrolní variantou.

Výsledky chemických analýz půdní vody odebírané během sledovaného období 2018–2020 ukazují, že aplikace hnojiva neměly vliv na půdní reakci a na koncen-

trace rozpuštěného uhlíku, v minerální půdě do 30 cm se první aplikace hnojiva neprojevila ani v případě dalších živin. V horizontu nadložního humusu (FH) došlo po aplikaci hnojiva ke zvýšení koncentrací živin v půdní vodě, avšak poměrně rychle se jejich koncentrace vrátily na úroveň srovnatelnou s kontrolní plochou.

FH

30 cm



Obr. 3: Koncentrace vápníku, hořčíku a celkového dusíku v půdní vodě (v mg.l⁻¹) pod organickou půdní vrstvou (FH, levý sloupec) a v hloubce 30 cm (pravý sloupec) A = kontrola, B = hnojené.

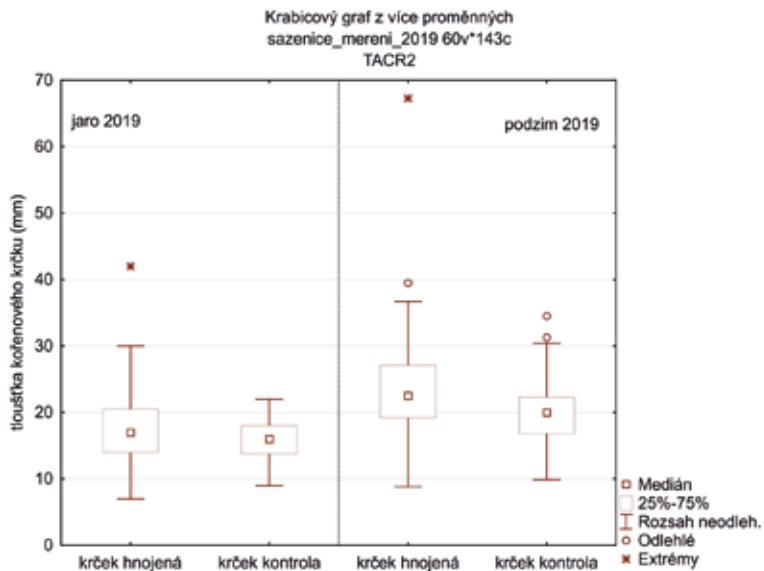
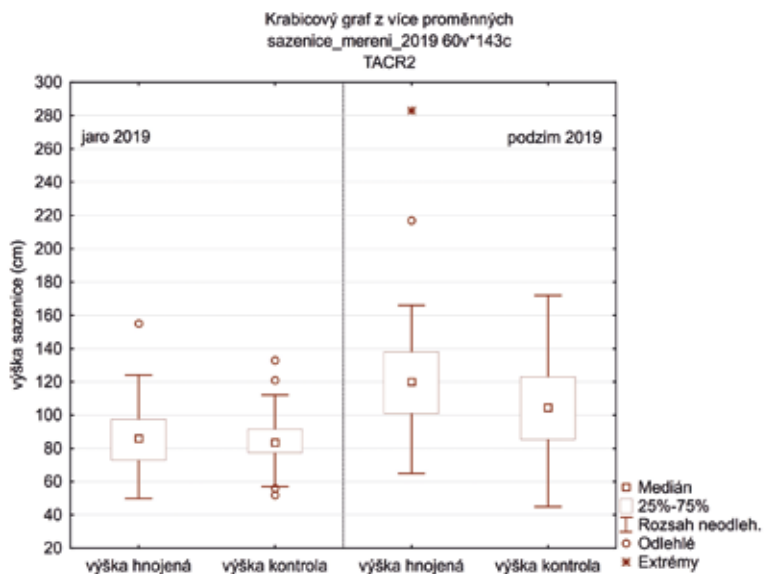
2.2.4 Růst sazenic na pokusných plochách

Sazenice hnojené v květnu 2018 byly měřeny v předjaří roku 2019, byla tedy zachycena změna za vegetační období roku 2018. Měřeny byly sazenice hnojené i bezprostředně sousedící kontrolní skupiny nehnojených sazenic pro zjištění rozdílů v růstu těchto dvou skupin. Měření se opakovalo také po ukončení vegetačního období roku 2019, termíny hnojení a měření sazenic na jednotlivých plochách jsou uvedeny v tabulce 2. Statistické rozdíly mezi hnojenými a kontrolními skupinami sazenic byly hodnoceny pomocí t-testu pro nezávislé vzorky v prostředí programu Statistica.

Rozdíly mezi hnojenými a kontrolními sazenicemi byly zjištěny na všech pěti lokalitách, zpravidla byly hnojené sazenice vyšší, popř. měly silnější kořenové krčky, nicméně to neplatilo pro všechny sledované pokusné plochy. Statisticky významné rozdíly ve výšce sazenic nebo tloušťce kořenového krčku jsme zaznamenali pouze na ploše TA ČR 2, tedy na Vysočině mezi obcemi Horní Cerekev a Nová Ves a dále na ploše TA ČR 5 u sazenic smrku. Navíc záleží na tom, zda byly z hodnocení odstraněny hodnoty měření sazenic, u kterých byla zjištěna přítomnost náhradního terminálu nebo jeho úplná absence, nebo zda bylo hodnocení provedeno se zahrnutím všech živých sazenic, porovnání viz tabulka 6 a 7.

Tab. 6: Měření sazenic na konci vegetační sezony 2019, vyhodnocení rozdílů mezi hnojenými a kontrolními skupinami sazenic, hodnocení po odstranění sazenic s poškozeným nebo náhradním terminálem. Kód plochy (TACR1-5) odpovídá údajům uvedeným v tabulce 1, resp. 2 nebo 5. Výšky je uvedena v cm, tloušťka kořenového krčku v mm.

	průměr sk. 1	průměr sk. 2	p průměry	p rozptyly
TACR2 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	120,4756	103,6667	0,001269	0,014513
TACR2 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	23,81463	19,88167	0,000661	0,000109
TACR1 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	80,75258	74,63043	0,100989	0,002848
TACR1 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	17,70928	18,32174	0,447416	0,387551
TACR3 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	80,45570	75,64706	0,205533	0,261762
TACR3 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	17,93038	18,29412	0,757463	0,385183
TACR4 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	83,95181	79,87097	0,372567	0,376623
TACR4 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	20,33373	21,55484	0,346679	0,653967
TACR5 BK podzim výška hnojená vs. výška kontrola	37,57500	35,68000	0,146301	0,138154
TACR5 BK podzim krček hnojená vs. krček kontrola	6,837500	6,70000	0,648608	0,619481
TACR5 SM podzim výška hnojená vs. výška kontrola	42,90244	41,76316	0,388307	0,645998
TACR5 SM podzim krček hnojená vs. krček kontrola	7,451220	7,789474	0,257865	0,934311



Obr. 4: Krabicový graf měření sazenic na ploše TA ČR 2, hodnoty sazenic s poškozeným terminálem byly odstraněny

Tab. 7: Měření sazenic na konci vegetační sezony 2019, vyhodnocení rozdílů mezi hnojenými a kontrolními skupinami sazenic, hodnocení bez odstranění sazenic s poškozeným nebo náhradním terminálem. Kód plochy (TACR1-5) odpovídá údajům uvedeným v tabulce 1, resp. 2 nebo 5. Výšky je uvedena v cm, tloušťka kořenového krčku v mm.

	průměr sk. 1	průměr sk. 2	p průměry	p rozptyly
TACR2 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	118,7765	104,0476	0,004136	0,004376
TACR2 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	23,42824	19,92698	0,002106	0,000028
TACR1 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	76,86709	74,88750	0,443791	0,008568
TACR1 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	18,10823	19,18250	0,069624	0,696688
TACR3 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	79,76404	75,95122	0,276690	0,194315
TACR3 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	18,11798	18,29268	0,873497	0,297073
TACR4 podzim výška hnojená vs. výška kontrola	83,76923	82,14634	0,673731	0,567035
TACR4 podzim krček hnojená vs. krček kontrola	21,08462	22,47073	0,208324	0,893758
TACR5 BK podzim výška hnojená vs. výška kontrola	37,57500	35,68000	0,146301	0,138154
TACR5 BK podzim krček hnojená vs. krček kontrola	6,837500	6,70000	0,648608	0,619481
TACR5 SM podzim výška hnojená vs. výška kontrola	43,52830	40,67241	0,019856	0,555907
TACR5 SM podzim krček hnojená vs. krček kontrola	7,679245	7,758621	0,763579	0,313585

2.3 Výběr ploch pro přihnojení výsadeb

Hnojení lesních půd nebo přihnojování výsadeb je opatření, které má za cíl udržet, upravit nebo zlepšit stav půdy ve smyslu zajištění dostatečného množství živin jak pro půdní život, tak především pro výživu dřevin, které na této půdě rostou. Protože se jedná o vnější zásah do ekosystému, a také vzhledem k dlouhodobosti lesní produkce (viz kap. 2.1), přistupuje se k tomuto opatření zpravidla pouze v případech, kdy dřeviny vykazují viditelné symptomy nedostatku živin. Tím se můžeme dostat do situace, že hnojení je provedeno v takovém fyziologickém stavu dřevin, že zejména při použití hnojiv s pozvolným uvolňováním živin (v řádu několika let) může i přes provedené hnojení část výsadeb dále chřadnout nebo odumírat, jelikož efekt dodání živin se projeví s delším časovým odstupem.

Použití rychle rozpustných a rychle působících hnojiv je ovšem v lesních porostech vyloučeno (riziko kontaminace povrchových i spodních vod, vznik nerovnováhy ve

výživě, nadbytečný vstup dusíku do ekosystému apod.). Hnojiva se středně a dlouhodobým efektem naopak ovlivňují půdní prostředí a výživu dřevin řadu let, a proto je vhodné, resp. nutné, k hnojení v lesních porostech přistupovat s potřebnou opatrností a se znalostí půdních a živinových poměrů v konkrétních lokalitách. Pro aplikaci v lesních porostech se volí právě hnojiva s postupným uvolňováním živin, a to od doby v řádu několika měsíců až několika let (př. Kuneš a kol. 2007, 2011, 2014; Nárovec 2001, 2004; Remeš a kol. 2005).

Výše uvedenému je třeba věnovat pozornost při rozhodování o aplikaci hnojiv – základními vstupními parametry je aktuální stav půdy na konkrétní lokalitě (chemismus, základní fyzikální vlastnosti, vodní režim stanoviště) a stav výsadeb, resp. mateřského porostu (viditelné projevy nedostatku hlavní živin na listech nebo jehlicích dřevin, krnění, zpomalení či zastavení růstu, chemismus asimilačního aparátu apod.). Na základě této znalosti je možné realizovat rozhodnutí o složení hnojiva, aplikované dávce, formě a způsobu aplikace hnojiva. Je velmi důležité vyhodnotit vstupní údaje o půdě, výživě a lesním stanovišti komplexně a v souvislostech, protože tím ovlivňujeme výsledek, kterého můžeme nebo chceme aplikací hnojiv v lesních porostech dosáhnout.

2.3.1 Odběr půdních vzorků

Odběry vzorků jsou zpravidla směřovány do porostních skupin sdružených na základě stanovištních podmínek. To znamená, že odebrané a analyzované vzorky reprezentují i další porostní skupiny ve srovnatelných podmínkách vybraných lokalit (SLT, srážky, dostupnost vody, expozice, dřevina apod.) a lze je použít při posouzení stavu a rozhodování o přihnojení výsadeb i na dalších místech nebo v následujících letech. Půdní chemismus se nemění skokově z roku na rok a využitelnost provedených analýz trvá 3–5 let od vzorkování.

Lesní půda může být i v rámci jedné porostní skupiny značně proměnlivá, proto půdní vzorek pro chemickou analýzu odebíráme vždy jako směsný vzorek. Směsný vzorek je vytvořený dílčími odběry z více míst rozmístěných po ploše, na které je podpora výsadeb formou hnojení plánována. Minimální počet dílčích odběrů jsou tři, optimální pět. Velké plochy (od ca 0,5 ha) je lépe rozčlenit na více částí a vzorkovat je odděleně i v případě, že předpokládáme stejné nebo podobné půdní vlastnosti po celé ploše. Odběry se provádějí zpravidla úhlopříčně, popř. středem vzorkované plochy.

Na každém dílčím odběrovém místě jsou odebrány odděleně vzorky povrchového humusu a vzorky minerální půdy do hloubky ca 25–30 cm. Pro základní průzkum

postačí rozdělení na humus (horizont FH) a minerální půdu bez dalšího dělení podle genetických horizontů (horizont AB).

V případě plánovaného použití dlouhodobě působících hnojiv (dolomit, vápenec, bazické moučky apod.) s očekávaným uvolňováním živin v řádu 5–10 (i více) let, je vhodné vzorkovat půdu podrobněji. Důvodem je možnost sledovat opakovaně na stejné ploše rychlost uvolňování živin a množství prvků prostupujících od povrchu půdy do minerálních horizontů, viz např. Šrámek a kol. (2014).

Nejčastěji se v takovém případě odebírá vzorek povrchového humusu (fermentační a humifikační horizont FH), vzorek svrchní minerální půdy humusem obohacené (organominerální horizont A) a dále vzorek minerální půdy do hloubky 25–30 cm (jde o označení pro minerální půdu, nikoli o genetický horizont).

Další možností je odebírat půdní vzorky podle pevně definovaných hloubek, bez ohledu na genetické horizonty, přičemž směrem od povrchu jsou vzorkované vrstvy slabší, pro možnost zaznamenat postup dodaných živin půdním profilem. Vzorkování je možné např. ve vrstvách FH, 0–2 cm, 2–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, > 20 cm. Toto členění ovšem závisí na tom, jak často budou odběry opakovány, jak rychlý postup živin půdním profilem očekáváme, jaká je zvolená metodika monitoringu vlivu hnojení a v neposlední řadě také na finančních možnostech – čím podrobnější vzorkování bude ve vertikálním směru naplánováno, tím více vzorků bude třeba analyzovat.

2.3.2 Odběr vzorků asimilačního aparátu

V některých případech je nutné, popř. vhodné, získat informaci o úrovni výživy dřevin na konkrétním stanovišti. Může se jednat o případy, kdy např. chceme mít informaci o tom, jaké množství živin z půdy jsou dřeviny schopné účinně přijmout pro zajištění výživy. V případech, kdy se na sazenicích již projevuje deficit živin viditelně (barevné změny, zpomalení růstu), podá chemická analýza informaci o tom, které prvky jsou v nedostatku a také velmi důležitou informaci o vzájemném poměru živin.

Vzorek listů odebíráme na konci vegetační sezony, ještě před začátkem barevných změn svědčících o přesunu části prvků do zásobních tkání. Koncentrace prvků se totiž během rašení a prodlužovacího růstu mění a stabilizuje se až po vyzrání letorostů a listů. Toto období nastává zpravidla od poloviny srpna do poloviny září a závisí na průběhu počasí během vegetační doby. Také u jehličnatých dřevin platí, že během rašení a růstu dochází ke změnám koncentrace živin a období vhodné pro stanovení úrovně výživy nastává až po vyzrání letorostů. Jehličnaté dřeviny proto

vzorkujeme zhruba od poloviny zříří a můžeme v něm pokračovat prakticky až do konce zimy.

Směsný vzorek listů nebo jehličí by měl být vytvořen odběrem nejméně z pěti různých stromů (mlaziny, tyčoviny, kmenoviny), optimálně z deseti různých stromů. V případě sazenic se počet odběrů řídí velikostí sazenic a velikostí listů, resp. tím, jak velkou část sazenice jej možné odebrat, aniž bychom ji vážně poškodili. Množství sazenic, ze kterých se směsný vzorek listů/jehličí vytváří, může dosáhnout i více než 25. Odběr asimilačního aparátu by měl probíhat v místech, kde vzorkujeme půdu. U jehličnatých dřevin mohou pro analýzu postačovat vzorky letorostů, zpravidla ale odebíráme část větvičky až za dvouletými jehlicemi a k analýze použijeme vzorek letorostů a předchozího ročníku jehličí odděleně.

2.3.3 Rozhodování o potřebě přihnojení

Základní informaci o trofnosti stanoviště podává typologická klasifikace lesních půd. Stanoviště řazené do ekologické řady kyselé, extrémní, oglejené, resp. do edafické kategorie kyselé, kyselé kamenité, chudé, skeletové, oglejené kyselé, popř. některých dalších, mohou zahrnovat stanoviště s nízkým pH, nízkou koncentrací bazických prvků (vyjádřeno např. parametrem kationtová výměnná kapacita nebo nasycení sorpčního komplexu bázemi), nepříznivou formou humusu s narušeným uvolňováním prvků do půdního roztoku i s dalšími vlastnostmi, které vedou k tomu, že zde dřeviny mohou mít problémy s dostatečným příjmem prvků. Na takových stanovištích vzniká deficit ve výživě jedním nebo více prvky, často vzniká nerovnováha mezi důležitými prvky a na dřevinách se nedostatečná výživa projevuje špatným růstem, barevnými změnami asimilačního aparátu, sníženou odolností k dalším působícím činitelům apod. Při rozhodování o potřebě přihnojení je tedy znalost trofnosti stanoviště první informací o tom, zda pěstovaným dřevinám hrozí riziko nedostatečné výživy.

Kromě půd přirozeně chudých existuje řada lokalit, kde byly půdní vlastnosti v různé míře změněny také vlivem lidské činnosti – imisně-depoziční zátěž trvající desítky let vedla k postupnému vyčerpání bazických prvků obsažených v lesní půdě. Bazické prvky (Ca, Mg, K) byly v lesních půdách využívány k neutralizaci kyselého vstupu a jejich zásoba je v současné době nízká, popř. úplně vyčerpána. O tom poskytují informaci například výše zmíněné půdní průzkumy prováděné různými institucemi (viz kap. 2.1). Jedná se o výsledky z většího území, které slouží jako vodítko k plánování dalších odběrů. Jejich cílem je zjistit aktuální stav půdního chemismu na lokalitách, kde se u výsadeb projevují poruchy růstu nebo se objevují příznaky nedostatku živin. Mohou být prováděny také v porostech, ve kterých jsou

v dalším období plánovány výsadby sazenic a nelze vyloučit nedostatek živin v půdě (na chudých a kyselých stanovištích). Chemická analýza půdních vzorků má podat informaci o aktuálním stavu půdy a slouží jako podklad při rozhodování o potřebě přihnojení výsadeb.

Analýzu vzorků provádějí specializované lesnické, popř. zemědělské laboratoře. Výhodou zadání analýzy do laboratoře zaměřené na analýzu lesních půd bývá přítomnost odborníků, kteří jsou schopni výsledky vyhodnotit a okomentovat, včetně posouzení vztahů mezi prvky, doporučení vhodných typů hnojiv a jejich potřebné dávky. A to jak ve vztahu ke stanovištním podmínkám, tak ve vztahu k pěstovaným dřevinám.

Základní kritéria pro hodnocení chemismu půd jsou uvedena v tabulce 8 a 9 (modifikováno dle Klimo 1998), a mohou sloužit pro první orientaci po obdržení výsledků chemické analýzy půdních vzorků. Pro nasycení sorpčního komplexu báze-mi (BS) slouží jako základní kritéria hranice <30 % (nízké nasycení) a <10% (velmi nízké nasycení).

Tab. 8: Kritéria pro hodnocení koncentrace hlavních živin v půdě. Tot = celková koncentrace, př. = přístupná forma prvku.

živina	minerální horizonty			
obsah živiny	velmi nízký	nízký	střední	dobrý
K _{pf.} (mg/kg)	<30	<50	50-100	>100
Ca _{pf.} (mg/kg)	<140	<350	350-700	>700
Mg _{pf.} (mg/kg)	<20	<40	40-90	>90
P _{pf.} (mg/kg)	<20	<35	35-70	>70
N _{tot} (%)	<0,03	<0,06	0,06-0,2	>0,2

Tab. 9: Kritéria pro hodnocení půdní reakce

pH	výměnné (pH-KCl)	aktivní (pH-H ₂ O)
velmi silně kyselé	2-3	2,5-3,5
silně kyselé	3-4	3,5-4,5
středně kyselé	4-5	4,5-5,5
mírně kyselé	5-6	5,5-6,5

2.3.4 Aplikace hnojiva

Představovaný nový typ lesnického hnojiva byl navržený a vyrobený tak, aby živiny v něm obsažené byly sazenicím k dispozici průběžně po dobu vegetační sezony, reálně se jedná o období od května do srpna. V nižších polohách, kde sazenice raší dříve, může být toto období duben–srpen. Velmi důležité je provádět aplikaci hnojiva až tehdy, kdy již sazenice raší. Důvodem je zamezení ztráty části živin, které se z hnojiva uvolňují. V první řadě se jedná o dusík – část dusíku obsažená v hnojivu tohoto typu je v dobře rozpustné formě a k jeho efektivnímu příjmu a využití by při aplikaci v době vegetačního klidu nedošlo.

Základní doporučení pro aplikaci jsou následující:

- Aplikace probíhá k rašícím sazenicím, v praxi půjde nejčastěji o květen.
- Základní dávka je 50 gramů hnojiva na jednu sazenici.
- Hnojivo je aplikováno kolem kmínku sazenice, přibližně na ploše pod průmětem korunky sazenice.
- K aplikaci lze využít odměrky, jejichž objem odpovídá požadované dávce hnojiva, druhou možností je využití zádového aplikátoru granulátů, při které je dávka odměřována použitým nástavcem na aplikační trubici.

2.3.5 Vyhodnocení účinnosti hnojení

Za účelem sledování účinnosti hnojení lze založit kontrolní plochy bez aplikace hnojiva. Tyto plochy je vhodné v terénu vyznačit, např. pomocí dřevěných kolíků nebo jiným vhodným způsobem.

První možnost je vyznačení čtvercových/obdélníkových ploch v rámci hnojené lokality. Druhá možnost je na menších plochách vynechat několik řad nehnojených sazenic. Pro výběr a následné sledování kontrolních míst platí následující základní doporučení:

- Počet kontrolních sazenic ve skupině by měl být v řádu několika desítek, optimálně 30–50 sazenic. Vyšší počet sazenic umožní opakovat měření i v odstupech více let – je nutné počítat se ztrátami, ať už budou způsobeny biotickými činiteli, vlivem počasí nebo poškozením sazenic při ožínání buřeně.
- Skupina kontrolních sazenic by měla být v místě s typickými, převažujícími podmínkami stanoviště. Je-li plocha větší, vyhýbáme se okrajům plochy (okrajový efekt na hraně dospělého porostu). Pokud jsou na ploše výrazněji odlišná

místa (zamokření, terénní deprese apod.), neumísťují se sem kontrolní skupiny sazenic.

- V případě kontrolních nehnojených řad je třeba zvažovat možnost vlivu hnojení na nejbližší sousední řadu. Tento okrajový efekt bereme v úvahu také u čtvercových/obdélníkových kontrolních skupin umístěných uvnitř hnojené plochy. Platí to zejména při sponu do jednoho metru.
- Sledování rozdílů v růstu sazenic je možné provádět i vizuálně, pro přesnější hodnocení by mělo proběhnout základní měření – zjišťujeme výšku sazenic a tloušťku kořenového krčku. Kontrolní skupina (nehnojené sazenice) se měří celá, stejný počet sazenic měříme i v hnojené části plochy.
- Je vhodné změřit sazenice již při aplikaci hnojiva, a to jak kontrolní skupinu, tak hnojené jedince. Druhá možnost je provést měření až po první vegetační sezoně. To je možné především v případě, že dodavatel sazenic je schopen zaručit vysokou kvalitu sadebního materiálu ve smyslu homogennosti jejich rozměrů a nehrozí tedy chyba měření způsobená výrazně rozdílnými rozměry sazenic na jedné ploše.
- Opakované měření se provádí po ukončení růstu, v době vegetačního klidu.
- Měření by mělo probíhat u stále stejné skupiny kontrolních i hnojených sazenic.
- Podrobněji lze vliv hnojení hodnotit pomocí opakovaných půdních analýz, případně i analýz asimilačního aparátu sazenic. Půda/asimilační aparát se analyzuje odděleně pro kontrolní a hnojené sazenice.
- Odběr půdy se provádí pomocí půdní sondy v blízkosti kmínků, popř. na okraji korunky sazenic.

3 SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Na trhu s lesnickými hnojivy lze nalézt produkty s podobným složením, jako má představovaný nový typ lesnického hnojiva. Ten se od současné nabídky lesnických hnojiv, kromě některých rozdílů v použitých vstupních surovinách a v chemickém složení, odlišuje ve vyráběné formě (granulát). Existující hnojiva jsou nejčastěji dodávána lisovaná v podobě tablet/pelet, popřípadě v práškové formě.

Nově je u tohoto typu hnojiva zaměřeno především jeho použití – těžiště využití je pro plochy, kde nebylo hnojení provedeno při výsadbě do jamky ani na povrch půdy a před dosažením lhůty pro zajištění kultury dojde k projevům nedostatku živin, zpomalení růstu apod. Nově vyvinuté hnojivo má potenciál zajistit sazenicím potřebné živiny ve chvíli, kdy začnou být odkázány pouze na živiny dostupné na lesním stanovišti a ještě nejsou ve stadiu zajištěné kultury. Lze jím přihnojit výsadby i více let po výsadbě (2–4 roky), přičemž je možné na velmi živinově nepříznivých stanovištích s odstupem 2–3 let přihnojení opakovat. Otevírá se tak možnost podpořit kultury i v období před dosažením stadia zajištění při přechodu k zapojeném porostu. Tím se vhodně doplňuje spektrum produktů určených pro lesní hospodářství a zvyšuje se výběr hnojiv použitelných v různých situacích, se kterými se lesnický provoz setkává.

Nově vyvinuté hnojivo je zdrojem potřebných živin, včetně dusíku. Ten je dodáván částečně ve formě pomalu rozpustné „ureaform“, a je tak sazenicím k dispozici především ve fázi rašení a prodlužovacího růstu pro podporu tvorby biomasy. Ostatní důležité živiny jsou dodávány ve vhodném vzájemném poměru a příměs mikroprvků doplňuje komplex živin důležitý pro potřebný růst nadzemní i podzemní části stromků. Rozpouštění hnojiva a uvolňování obsažených prvků probíhá postupně během celé vegetační sezony (květen–srpen).

4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Vlastníci a správci lesa mohou aplikovat získané výsledky a navržené postupy jako nástroj pro systematické a dlouhodobé zlepšování stavu lesních půd a výživy porostů hnojením. V systémech dlouhodobého udržitelného obhospodařování lesních půd a pro nastartování a podporu přirozených procesů probíhajících v lesních půdách představuje hnojení důležitý pomocný nástroj.

Pro zavádění nutričně náročnějších druhů listnatých dřevin do porostních směsí je užití jak existujících, tak i nově formulovaných hnojiv nezbytným předpokladem, a to nejméně po dobu nutnou ke zvýšení podílu hlouběji kořenících druhů dřevin, které později pomohou aktivovat živiny uložené v hlubších vrstvách půdy.

Cílené bodové hnojení výsadeb je důležitým doplňkovým a podpůrným opatřením pro zahájení a podporu biologické meliorace, a to v první řadě na antropogenně acidifikovaných a degradovaných půdách a dále také na půdách výsypek a dalších typech antropozemí, na kterých je prováděna lesnická rekultivace pro návrat těchto stanovišť do kategorie pozemků určených k plnění funkcí lesa.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Ekonomické přínosy aplikace těchto nových typů lesnických hnojiv lze hodnotit různými kritérii.

Vlastník lesa může ušetřit prostředky na nákup hnojiv používaných běžně při výsadbě sazenic, a to v případech, kdy vyhodnotí riziko nedostatku živin jako malé, hnojení při výsadbě neprovede a počká na reakci sazenic 1–3 roky od výsadby. Množství hnojiva, které vlastník lesa kupuje, pak může být nižší, protože k projevům deficitu živin nebo k problémům s růstem nemusí dojít u všech výsadeb, a to ani na chudých, acidifikovaných nebo degradovaných plochách.

Významným přínosem, obtížně kvantifikovatelným, je snížení množství hnojiv vnášených do ekosystému. Přestože použití hnojiv je směřováno především na problematická stanoviště, včetně antropogenně degradovaných, a přestože se jedná o cílené, bodové přihnojení, stále jde o vnější zásah do ekosystému. V zájmu vlastníka lesa, a přeneseně celé společnosti, je taková péče o lesy, která minimalizuje rizika poškození lesa a přispívá k vysoké stabilitě ekosystému. Z tohoto pohledu je hnojení opatřením jak pozitivním (snížení kyselosti půdy, zlepšení dostupnosti živin, podpora půdní bioty, stimulace růstu kořenů atd.), tak do jisté míry rizikovým (vnější, umělý zásah do ekosystému).

Další pohled na aplikaci nových typů hnojiv je vyzdvihnutí přínosu v podobě zlepšení kvality stanoviště (viz odstavec výše), a tím následně i lesních porostů, které na stanovišti vznikají. Nacházíme se v období, kdy jsou vlastníci lesa nuceni zakládat porostní směsi tvořené třemi, pěti i více druhy dřevin, a to díky nejistotě, jak se bude dále vyvíjet klima a které druhy dřevin a jaké kombinace dřevin budou ekologicky a ekonomicky udržitelné. Cílené hnojení založené na znalosti stanoviště a úrovně výživy může pozitivně ovlivnit budoucí lesní porosty a přispět v dlouhodobém horizontu ke zvýšení ekologické stability i ekonomické situace vlastníků lesa.

6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- De Vries W., Dobbertin M.H., Solberg S., Van Dobben H.F., Schaub M. 2014. Impacts of acid deposition, ozone, exposure and weather conditions on forest ecosystems in Europe: an overview. *Plant and Soil*, 380: 1-45. - doi: 10.1007/s11104-014-2056-2.
- De Vries W., Reinds G.J., Van Kerkvoorde M.S., Hendriks C.M.A., Leeters E.E.J.M., Gross C.P., Voogd J.C.H., Vel E.M. 2000. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe: 2000 technical report. EC, UN/ECE 2000, Brussels, Belgium and Geneva, Switzerland, pp. 191.
- Fiala P., Materna J., Reininger D., Samek T. 2009. Stav povrchových půdních vrstev a výživa smrkových porostů v přírodní lesní oblasti Český les. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (1): 1-11.
- Fiala P., Reininger D., Samek T. 2017. Chemismus půdního prostředí a jehlic smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.) ve vápněných a kontrolních porostech Krušných hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (1): 23-32.
- Fiala P., Reininger D., Samek T., Pospíchalová M. 2019. The changes of soil nutrient status after a 10y period in the Natural Forest Region of Český les. *Journal of Forest Science*, 65: 87-95.
- Hönig E. 1964. Poznatky o růstu a produkci smrkových porostů v Krušných horách. *Studie VÚLHM*, 80 s.
- Klimo E. 1998. *Lesnická pedologie*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 259 s.
- Kuneš I., Baláš M., Balcar V. 2014. Long-term influence of applied amphibolite powder on the chemistry of soil supporting Norway spruce plantation. *Journal of Forest Science*, 60 (2): 51-60.
- Kuneš I., Baláš M., Špulák O., Kacálek D., Balcar V., Šesták J., Millerová K. 2011. Stav výživy smrku ztepilého jako podklad pro zvážení potřeby přihnojení listnáčů a jedle vnášených do jehličnatých porostů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56, Issue Special: 36-43.
- Kuneš I., Balcar V., Vykypělová E., Zadina J., Šedlbauerová J., Zahradník D. 2007. Vliv jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (4): 316-327.

- Lomský B., Novotný R., Šrámek V. 2011. Změny ve výživě fosforem v mladých smrkových porostech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (2): 83-93.
- Lomský B., Šrámek V., Novotný R. 2012. Changes in the air pollution load in the Jizersa Mts.: effects on the health status and mineral nutrition of the young Norway spruce stands. *European Journal of Forest Research* 131: 757-771. doi: 10.1007/s10342-011-0549-6.
- Mayrhofer J. 1893. Über Pflanzenbeschädigung, veranlasst durch den Betrieb einer Superphosphatfabrik. (Freie Vereinigung d. bayr. Vertreter f. angew. Chemie, Bd. X, S. 127—129.). In: *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 3: 50-51.
- MZe 2019. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. Ministerstvo zemědělství 2019. 114 s. ISBN 978-80-7434-530-2.
- Nárovec V. 2001. Stokrát o hnojení v lese. Zásady zlepšování lesních půd a výživy lesních porostů hnojením. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 32 s.
- Nárovec V. 2004. Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. *Lesnická práce*, 83(3): 128-129.
- Novotný R., Buriánek V., Šrámek V., Hůnová I., Skořepová I., Zapletal M., Lomský B. 2017. Nitrogen deposition and its impact on forest ecosystems in the Czech Republic – change in soil chemistry and ground vegetation. *iForest*, 10: 48-54. – doi.org/10.3832/ifor1847-009 [online 2016-06-29].
- Novotný R., Fadrhonsová V., Kulhavý J., Lorencová H., Matějček J., Menšík L., Pešková V., Šrámek V. 2011. Vliv drčení klestu na půdu a na růst sazenic smrku, buku a jedle v podmínkách LS Leděč. Výzkumné projekty Grantové služby LČR, Závěrečná zpráva. 53 s. (<https://lesy.cz/wp-content/uploads/2016/12/vliv-drceni-klestu-na-obnovu.pdf>)
- Remeš J., Zahradník D., Podrázský V., Kubíček J., Nárovec V. 2005. Účinky pomalu rozpustných tableťovaných hnojiv. *Lesnická práce*, 84 (6): 312-314.
- Rhode A. 1895. Schädigung von Roggenfeldern, durch die einer Superphosphat-Fabrik entströmenden Gase. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 5: 135-136.
- Singer J. 1916. Über Rauhreif und Duftbruch im Erzgebirge. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 5/6: 161.
- Stoklasa J. 1923. Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabrikexhalationen. Berlin, Urban & Schwarzenberg: 487 s.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Jurkovská L. 2014. Kontroly aplikací vápnění v lesních porostech. *Certifikovaná metodika*. Strnady, VÚLHM: 30 s.

- Šrámek V., Jurkovská V., Fadrhonsová V., Hellebrandová-Neudertová K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoringu lesních půd v rámci projektu EU „BIOSOIL“. Zprávy lesnického výzkumu, 58 (4): 314-323.
- Šrámek V., Novotný R., Fiala P. (eds.). 2014. Vápnění lesů v České republice. Praha, MZe ve spolupráci s VÚLHM: 91 s.
- Šrámek V. 1998. SO₂ air pollution and forest health status in northwestern Czech Republic. Chemosphere, 36: 1067-1072.
- Šrámek V., Novotný R., Fadrhonsová V. 2015. Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd v oblasti severní Moravy a Slezska (PLO 29 a 39). (Decay of Norway spruce stands and quality of forest soils in the region of northern Moravia and Silesia). Zprávy lesnického výzkumu 60 (2), 147-153.
- Thimonier A., Schmitt M., Waldner P., Rihm B. 2005. Atmospheric deposition on Swiss long-term forest ecosystem research (LWF) plots. Environmental Monitoring and Assessment, 104: 81-118, DOI: 10.1007/s10661-005-1605-9.
- Waldner P., Thimonier A., Graf Panatier E., Etzold S., Schmitt M., Marcheto A., Rautio P., Derome K., Nieminen T.M., Nevalainen S., Lindroos A.J., Merilä P., Kindermann G., Neumann M., Cools N., De Vos B., Roskamps P., Vestraeten A., Hansen K., Karlsson G.P., Dietrich H-P., Raspe S., Fischer R., Lorenz M., Iost S., Granke. O, Sanders T., Michel A., Nagel H-D., Scheuschner T., Simoničič P., Von Wilpert K., Meesenburg H., Fleck S., Benham S., Vangelova E., Clarke N., Ingerslev M., Vesterdals L., Gundersen P., Stupak I., Jonard M., Potočič N., Minaya M. 2015. Exceedance of critical loads and of critical limits impacts tree nutrition across Europe. Annals of Forest Science, 72: 929-939. DOI: 10.1007/s13595-015-0489-2.
- Zapletal M. 2014. Historický vývoj atmosférické depozice síry a dusíku v České republice. Opava, Slezská univerzita v Opavě: 135 s.

7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Lomský B., Novotný R., Šrámek V. (2015). Jsou imise stále aktuálním problémem lesů v ČR? Lesnická práce, 94 (12): 818-820.
- Lomský B., Novotný R., Šrámek V. (2015). Nedostatečná výživa a imisní poškození – historie, ale i aktuální problém ovlivňující zdravotní stav lesa v ČR. In: Knížek M. (ed.): Škodliví činitelé v lesích Česka 2014/2015. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 23. 4. 2015. Zpravodaj ochrany lesa: 43–46.
- Novotný R., Fadrhonsová V., Šrámek V. (2020). Stav lesních půd, úrovně minerální výživy a vývoj zdravotního stavu smrkových mlazin v Orlických horách v období 2002-2018. [Forests soil condition, nutrition supply and the health state of young forest stands in the Eagle Mts. (Orlické hory) during 2002-2018 period.] Zprávy lesnického výzkumu, 65 (3): 175-189.
- Novotný R., Lomský B., Šrámek V. (2018). Changes in the phosphorus and nitrogen status and supply in the young spruce stands in the Lužické, the Jizerské and the Orlické Mts. in the Czech Republic during the 2004–2014 period. European Journal of Forest Research, 137: 879-894. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1146-8>.
- Novotný R., Šrámek V., Menšík L. (2012). Drcení těžebních zbytků – vhodný způsob udržení živin v lesním ekosystému. Lesnická práce 9, 33-35.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Novotný R. (2019). Nakládání s těžebními zbytky v lesním hospodářství. Lesnická práce 98 (12): 834-837.
- Šrámek V., Fadrhonsová V., Novotný R. (2018). Udržitelnost lesního hospodářství z hlediska bilance živin na příkladu Žďárských vrchů. In: Demonstrační objekty nepasečného hospodaření v ČR. 25 let přestavby stejnorodých a stejnověkých porostů smrku ztepilého a uplatnění principů Pro Silva na LÚ Kocanda. Sborník příspěvků ze semináře. Fryšava pod Žákovou horou, 25. - 26. října 2018. Ed. P. Bednář. Pro Silva Bohemica; [Strnady], Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 31-35.
- Šrámek V., Novotný R., Fadrhonsová V. (2015). Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd v oblasti severní Moravy a Slezska (PLO 29 a 39). (Decay of Norway spruce stands and quality of forest soils in the region of northern Moravia and Silesia). Zprávy lesnického výzkumu 60 (2), 147-153.

Šrámek V., Novotný R., Lomský B., Fadrhonsová V., (2014). Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd. In: Novák, J., Dušek, D.: Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. Sborník přednášek odborného semináře, Budišov nad Budišovkou 14. 10. 2014. Opočno, VÚLHM – VS: 16-19.

Šrámek V., Novotný R., Lubojacký J. (2015). Průzkum výživy žlutnoucích smrkových porostů na Opavsku a Šternbersku. Lesnická práce, 94 (12): 816-817.

8 OPONENTI

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D., Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbátka

Ing. Dušan Reininger, Ph.D., Oddělení půdy a lesnictví, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Hroznová 63/2, 603 00 Brno.

9 DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu TH02030785 „Hnojiva pro lesní hospodářství“, který v letech 2017 až 2020 v rámci 2. veřejné soutěže Programu na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje EPSILON (Podprogram 3 – Životní prostředí) podpořila Technologická agentura České republiky.

10 DOPLŇUJÍCÍ INFORMACE

Odpovědný řešitel projektu a adresa hlavního řešitelského pracoviště:

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

e-mail: novotny@vulhm.cz

Tým spoluřešitelů projektu a adresy řešitelských pracovišť:

Ing. Radek Novotný, Ph.D.

Ing. Věra Fadrhonsová

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

e-mail: novotny@vulhm.cz; fadrhonsova@vulhm.cz

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D.

Ing. Václav Nárovec, CSc.

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

Výzkumná stanice Opočno

Na Olivě 550, 517 73 Opočno

e-mail: narovcova@vulhmop.cz; narovec@vulhmop.cz

Ing. Martin Dubský, Ph.D.

Ing. Jan Reich

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.

Květnové náměstí 391, 252 43 Průhonice

e-mail: dubsky@vukoz.cz; reich@vukoz.cz

Ing. Petr Šlemenda, Ph.D.

Ing. Daniel Tupec

Ing. Jiří Valenta

Lovochemie, a. s.

Terezínská 57, 410 02 Lovosice

e-mail: petr.slemenda@seznam.cz; daniel.tupec@lovochemie.cz;

jiri.valenta@lovochemie.cz

Osvědčení o uznání metodiky s názvem „Použití nově vyvinutých hnojiv v lesních porostech“ vydalo Ministerstvo zemědělství České republiky dne 15. prosince 2020 (Osvědčení č. 67752/2020-MZE-16222/M218) v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací“, schválené usnesením vlády ČR dne 8. února 2017 číslo 107, a její samostatné přílohy č. 4, schválené usnesením vlády ČR dne 29. listopadu 2017 č. 837. Navazující souhlas pověřeného ředitele Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe byl vydán dne 22. prosince 2020.

Podíl autorů na vzniku metodiky

R. Novotný – 60 %

V. Fadrhonsová – 25 %

J. Valenta 15 – %.

Řešitelé projektu děkují za všestrannou a dlouholetou spolupráci vlastníkům lesa, na jejichž území byly prováděny pokusné aplikace hnojiva.

USE OF NEW TYPES OF FERTILIZERS IN FOREST TREE PLANTATIONS

Summary

The methodology summarizes experiment results with a new type of fertilizer for forestry, and the recommendations of its applications in forest tree plantations.

Fertilization of plants, growing on nutrient-poor sites, is an effective measure to ensure successful restoration and to support vitality and growth of the young seedlings. Targeted fertilizing is often basic precondition to support tree species of higher nutrient demand, mainly deciduous.

Fertilizing of the forest soil or additional fertilization of the plants is aimed to maintain or improve forest soil conditions, with respect to sufficient nutrient supply of the soil and mainly of the newly planted trees. As fertilizing is an artificial intervention to the ecosystem, and also due to long-term character of forest production, this measure is used only when trees show visible symptoms of nutrient deficiency.

Fertilizers of long-term effect (slow-release fertilizers – SFR) can affect the soil environment and tree nutrition for many years. Application of fertilizing in the forest stands, therefore, has to be careful and based on good knowledge of soil and nutrient conditions in specific localities. To be applied in the forest stands, the slow release fertilizers are used, of the effect, ranging from several month to several years (eg. Kuneš at al. 2007, 2011, 2014; Nárovec 2001, 2004; Remeš et al.2005).

Besides naturally poor soils, there is a number of localities, where the soil conditions have been changed significantly by the human activity. Long-term impact of air pollution and deposition resulted in gradual depletion of basic elements from the forest soils. Base elements (Ca, Mg, K) were spent in forest soil to neutralize the acid input, and their supply is actually low or completely exhausted.

The new type of forest fertilizer presented is designed to ensure nutrition of plantings during the whole vegetation period. The nutrients are released continuously, so they are available during the whole period of vegetation – approx. from May to August. In lower altitudes, where seedlings flush earlier, vegetation period can be longer, from April till August. It is very important to apply the fertilizer only when the plantings are already flushing. The reason is to prevent loss of part of the nutrients released before flushing of the plants. However, our results confirm that leaching losses of nutrients are very small.

Main scope of application is in areas, where fertilizing had not been applied during planting, in the pit or on the soil surface, and nutrient deficiency, growth retardation etc. was observed in the next few years after planting. The newly developed fertilizer has the potential to provide seedlings with the necessary nutrients, so that they do not rely only on the nutrients available in the soil, before they are stabilized. The new fertilizer can be used even several years after planting (2–4 years), and in the sites very poor in nutrients it can be repeated in interval of 2–3 years. It is a suitable complement of the range of products (SFR) intended for forestry, and it increases the choice of fertilizers, which can be used in various situations encountered by forest management.

Forest owners can apply the results obtained and procedures proposed in systematic and long-term improvement of forest soils and vegetation nutrition by fertilization. Fertilization is an important measure in the long term, sustainable forest soil management, and in the start-up and support of natural processes, taking place in forest soils.

Příloha



Obr. P1: Měření výšky sazenic pomocí výškoměrné latě



Obr. P2: Měření tloušťky kořenového krčku pomocí posuvného měřítka (šupléry)



Obr. P3: Granulované hnojivo připravené k aplikaci na pokusných plochách



Obr. P4: Aplikace hnojiva na pokusné ploše na LS Litvínov



Obr. P5: Aplikace hnojiva pomocí zádového aplikátoru granulátů na pokusné ploše MěL Příbram



Obr. P6: Hnojivo aplikované k sazenicím buku na ploše MěL Příbram



Obr. P7: Aplikace hnojiva pomocí zádového aplikátoru granulátů k sazenicím smrku na pokusné ploše u MěL Příbram



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

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 4/2020