

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Strnady
Výzkumná stanice Opočno

Efektivní užití nových granulovaných směsných hnojiv typu NKMg v lesních školkách

Certifikovaná metodika

Autoři:

Jarmila Nárovcová
Václav Nárovec
Martin Dubský
Jan Reich
Jiří Valenta

Opočno, prosinec 2020

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 (TAČR).

Ústřední koordinátor projektu a adresa hlavního řešitelského pracoviště:

Ing. Radek Novotný, Ph.D.
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady čp. 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 čp. 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 č. 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 č. 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.
Tereziánská č. 57, 410 02 Lovosice
e-mail: petr.slemenda@seznam.cz; daniel.tupec@lovochemie.cz; jiri.valenta@lovochemie.cz

OBSAH

1. Cíl metodiky	str. 5
2. Vlastní popis metodiky	str. 5
2.1 Problémy při pěstování sadebního materiálu lesních dřevin ve školcích	str. 5
2.2 Hlavní články navrhované soustavy hnojení v lesních školcích	str. 7
2.2.1 <i>Role vápníku a vápnění při péči o půdy v lesních školcích</i>	str. 8
2.2.2 <i>Specifická role fosforu a doporučení pro základní P-hnojení ve školcích</i>	str. 9
2.2.3 <i>Pravidla a doporučení pro základní draselné a hořečnaté hnojení</i>	str. 10
2.2.4 <i>Příklady usměrňování hnojení půd v lesních školcích dle dat KVK</i>	str. 12
2.3 Metodické pokyny pro užití nových typů hnojiv z LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice v lesních školcích	str. 16
3. Srovnání „novosti postupů“	str. 23
4. Popis uplatnění certifikované metodiky	str. 23
5. Ekonomické aspekty	str. 23
6. Seznam použité související literatury	str. 24
7. Seznam publikací, které předcházely metodice (z období od roku 2014)	str. 28
8. Dedikace	str. 29
Seznam použitých zkratk	str. 30

Jména oponentů, názvy a adresy jejich organizací:

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy vypracovala: Ing. Michaela Budňáková; Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor zemědělských komodit (18140); Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Posudek odborníka v oboru zakládání lesa vypracoval: Ing. Pavel Burda, Ph.D.; Lesní školky Milevsko; Hajda č. 1455, 399 01 Milevsko

Podíly na vzniku předkládané metodiky:

Role, rozpočtovou účast a podíly řešitelských pracovišť na řešení výzkumného úkolu předurčovala přihláška projektu TH02030785. Na přípravě rukopisu a na finalizaci předkládaného projektového výstupu se členové řešitelského týmu s rolí spoluautorů certifikované metodiky podíleli následovně:

J. Nárovcová (20 %) – kapitoly (dílčí podkapitoly či statě): kap. 2.3 až 8

V. Nárovec (25 %) – kap. 1 až 2.2.3, poznámkový aparát a seznam zkratk

M. Dubský (25 %) – kap. 2.2.4 až 5

J. Reich (20 %) – kap. 2.3 až 5

J. Valenta (10 %) – kap. 2.3 až 5

Osvědčení o uznání metodiky s názvem „Efektivní užití nových granulovaných směsných hnojiv typu NKMg v lesních školkách“ vydalo Ministerstvo zemědělství České republiky dne 16. listopadu 2020 (Osvědčení č. 60405/2020-MZE-18145) 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 3. 12. 2020.

1. Cíl metodiky

Cílem metodiky je poskytnout tuzemským producentům sadebního materiálu lesních dřevin (SMLD) soubor metodických doporučení a aplikačních návrhů (vzorů) pro efektivní užití nových typů granulovaných směsných NKMg-hnojiv v lesnické praxi, konkrétně při hnojení půd a produkce v lesních školcích. Metodika vychází z řešení výzkumného projektu **TH02030785 Hnojiva pro lesní hospodářství**, podporovaného Technologickou agenturou České republiky (TAČR). Optimalizace skladby, vlastností a agrochemických účinků nových typů průmyslových hnojiv probíhaly v letech 2017 až 2020 ve společnosti LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice. Aplikační zkoušky se uskutečnily v lesních školcích společnosti WOTAN FOREST a. s. České Budějovice a vyhodnocení těchto zkoušek zajišťoval VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, v. v. i. Strnady (zkr. VÚLHM) a VÝZKUMNÝ ÚSTAV SILVA TAROUČY PRO KRAJINU A OKRASNÉ ZAHRADNICTVÍ, v. v. i. Průhonice (VÚKOZ). Metodika je přímým podkladem pro zavádění inovované soustavy hnojení a obhospodařování půd v rámci dílčích školkařských středisek obchodní společnosti WOTAN FOREST a. s. České Budějovice. Metodická a aplikační doporučení pro hnojení půd a kultur (školkařských výpěstků) prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin na venkovních produkčních polích předkládaná práce koncipuje tak, aby nacházela co nejširší budoucí uplatnění také v dalších tuzemských školkařských provozech v rámci všech regionů České republiky (ČR).

2. Vlastní popis metodiky

2.1 Problémy při pěstování sadebního materiálu lesních dřevin ve školcích

Pěstování, zakládání a ochrana lesů v ČR nyní čelí mnoha obtížím. Dominují vážné problémy se zdravotním stavem, druhovou skladbou a managementem hospodářských lesů (LUBOJACKÝ 2018; TOMAN 2019; ÚHÚL 2018, 2019, 2020). Zvyšující se zalesňovací úkoly¹ jsou nutně provázány zvyšujícími se nároky na SMLD, a to jak z hlediska typového členění, žádaného sortimentu a množství, tak také ze zřetele genetické, fyziologické a morfologické kvality (MARTINEC, NÁROVCOVÁ a NĚMEC 2019). Předpokládá se nárůst roční spotřeby výsadbyschopného SMLD na hodnoty cca 235 až 252 milionů kusů (cf. ÚHÚL 2020, s. 44).

Ztížené podmínky na zalesňovaných plochách, zejména kalamitních holinách, stejně jako potřeba zvládnutí zalesňovacích úkolů ve stanovených lhůtách a za současného nedostatku pracovních sil, si nutně vynucují také zvýšení podílu vysoce kvalitního prostokořenného (zkr. PSM) a krytokořenného (zkr. KSM) sadebního materiálu. Zabezpečení kvalitní produkce PSM i KSM v tuzemských školkařských provozech vyžaduje vytváření optimálních růstových podmínek pro pěstování SMLD, a to včetně hnojení půd a pěstebních substrátů (LASÁK 2011).

Privatizací školkařské výrobní základny odstartoval v 90. letech minulého století reformní vývoj tuzemského lesního školkařství, ve kterém se jednotlivé školkařské provozy vlastnický, organizačně, technologicky, investičně, personálně i jinak plně osamostatnily, vyprofilovaly své podnikatelské strategie a vzdálily se od přímého usměrňování ze strany koncových uživatelů SMLD. Privatizaci školkařských provozoven ale zpravidla nedoprovázely přímý převod vlastnictví půdy do rukou výkonných hospodářů (lesních školkařů). Dodnes proto provozovatelé mnoha podniků školkařské prvovýroby hospodářů (podnikají) převážně jen na pronajímaných státních či restituovaných pozemcích. Tento stav je nemalou překážkou pro uskutečňování zodpovědných a udržitelných soustav hospodaření na půdách lesních školek, neboť brzdí investování do zabezpečení dlouhodobé kvality půd (TÉRA 2014, NĚMEC 2015).

¹ Pojmy *umělá obnova lesa* a *zalesňování* předkládaná metodika užívá jako synonyma (viz též MAUER 2018).

Komplikovanost dosažení produkce kvalitních semenáčků, sazenic, poloodrostků a odrostků lesních dřevin pak spočívá nejen v zajištění optimální výživy SMLD během období jejich pěstování ve školkách, ale i z hlediska podpory jejich ujmavosti a odrůstání v zakládáných lesních kulturách, tj. po výsadbě na trvalé stanoviště (MAUER 2012; 2018).

Lesní školkařství v ČR se od reformy, privatizace a transformace, uskutečněné v 90. letech minulého století, vyznačuje úzkou orientací na komerční stránku svých aktivit při uvádění reprodukčního materiálu lesních dřevin do oběhu. Ztratilo status sounáležitosti s ostatními segmenty zakládání lesů a představuje specifický mezičlánek. Odlišné pěstebně-produktové přístupy (NÁROVEC 2017*)² jsou základem pro diferenciaci školkařských provozů na (a) **komerční** (užívají pěstební technologie s co nejmenším podílem lidské práce; preferují je podnikatelé na 90 % výměry tuzemských lesních školek), (b) **tradiční** (jde o provozy k vykrývání vlastní potřeby SMLD pro obnovu lesa, které preferuje 9 % tuzemských lesních školek, resp. lesních majetků) a (c) **alternativní** (využívají a naplňují principy ekologického zemědělství; aplikují se cca na 1 % výměry tuzemských lesních školek).

Mezi naléhavé problémy lesního školkařství v ČR se nyní zařazuje i **udržování a zvyšování produkční schopnosti půd** školek environmentálně odpovědným a současně intenzivním a vyváženým hnojením, stejně jako zabezpečení optimální výživy pro pěstovaný SMLD. Při pěstování PSM na minerálních půdách bylo hlavním prostředkem péče o půdu a výživu pěstovaných rostlin především soustavné a vydatné **organické hnojení** (LEDINSKÝ 1987). Na lehkých písčitých až písčito-hlinitých půdách, které v tuzemských školkařských provozech převažují (neboť byly úzce preferovaným půdním druhem – viz KOTYZA 1963, 1970), bývaly ještě v 70. letech minulého století hlavními (obrazně) „nástroji“ zajišťování půdní úrodnosti jednak komposty (PEŘINA 1963), jednak *zelené hnojení* (PEŘINA a MATERNA 1970). Na obojí tato zúrodňující opatření se v mnohých školkařských provozovnách u nás v posledních dvou desetiletích již natolik pozapomnělo, že bývají aplikována jen ojediněle.

Úbytek organických (humusotvorných) látek v půdách školek nicméně začíná být vážným problémem i z dalších hledisek, především pak pro zachování příznivé půdní struktury a pro obnovení schopnosti půdy ve svém profilu zadržovat vodu, zmírňovat riziko soustředěného odtoku a zabraňovat vzniku vodní eroze při nadlimitních srážkách. V poměrech soudobého lesního školkařství se proto jeví **pravidelné zařazování kultur zeleného hnojení**, resp. pěstování účelových kultur v rámci tzv. *pěstebních osnov* (osevních sledů) opět jako zcela nezbytné opatření (NÁROVCOVÁ a NĚMEC 2017*).

Nenahraditelnou úlohu pak sehrávají kultury *zeleného hnojení* (zkr. ZH) také při eliminaci druhého zásadního problému minerálních půd v lesních školkách, totiž v případech převážně technogenního **zhutňování podorničních půdních profilů** na produkčních školkařských polích. Schopnost plodin *zeleného hnojení* prorůstat zhutněnými půdními horizonty vede k tomu, že kořínky některých plodin ZH tím, že pronikají do značné hloubky půdního profilu, mohou vytvořenými makropóry výrazně ovlivňovat fyzikální půdní poměry (např. infiltraci vody) v rhizosféře následně pěstovaných lesních dřevin. Je třeba ale poukázat také na skutečnost, že pěstování plodin ZH nedokáže samo o sobě velmi silně zhutnění podorniční vrstvy účinně eliminovat. V takových případech je mechanické rozrušení silně ulehle mezivrstvy pomocí speciálních strojů a adaptérů pro hloubkové prokypřování spodiny nezbytností (používají se pluhy s podrývacími trny, jednoúčelové stroje a specializované agrotechnické postupy atd.). Zkušenosti plně potvrzují oprávněnost doporučení (NÁROVCOVÁ, NÁROVEC a NĚMEC 2016*), aby tato agrotechnická opatření byla uplatňována i ve školkách na písčitých sedimentech, a to nejdéle v pětiletých intervalech.

² Projektové výstupy členů autorského kolektivu a spoluřešitelů projektu jsou v textech předkládané metodiky označovány hvězdičkou (*). Avšak přehled těchto prací není uváděn v *Seznamu použité související literatury* (kap. 6), nýbrž až v navazujícím *Seznamu publikací, které předcházely metodice* (kap. 7).

Dalším z argumentů ve prospěch ZH může být i soudobý požadavek důslednější **ekologizace výrobních postupů** při pěstování PSM v lesních školkách (VALTERA 2012a, 2012b; MZE 2016a, 2016b; MŽP 2017). Je-li *ekologické zemědělství* (EZ) praktickým vyústěním potřeby agrokomplexu uspokojovat celospolečenskou poptávku po udržitelném rozvoji venkova, dále po účinné ochraně půdy před degradací a devastací, po snižování zátěže přírodních zdrojů a po zmírňování možných rizik kontaminace složek životního prostředí agrochemikáliemi (MZE 2016a, s. 16), pak navrhovaná péče o půdu prostřednictvím účelových kultur ZH je jednou z cest, jak takovou poptávku (požadavky na dobrý environmentální stav) v lesních školkách naplňovat. Podklady pro aplikace ZH a pro bilancování koloběhu organických látek a pro rychlou diagnostiku situací při hospodaření se živinami na různých úrovních agroekosystémů přináší početná literatura, specializovaná na EZ a na ochranu půdy (ROZSYPAL 2004; ČERMÁK et al. 2007; VOPRAVIL a kol. 2010; PELIKÁN et al. 2013 a další).

Třetím vážným problémem tuzemského lesního školkařství na úseku péče o půdu je malá **míra využívání exaktních metod půdní diagnostiky** (návodů uvádějí např. VAVŘÍČEK a KUČERA 2017). Málo se uplatňují moderní postupy periodických pedologických analýz a průzkumů na obhospodařovaných pozemcích. Při častém střídání nájemců a provozovatelů školkařských zařízení (vč. souběžné obměny výkonných lesních školkařů) není výjimkou, když se k aplikacím hnojiv ve školkách přistupuje bez zřetele na aktuální stav chemismu a struktury půd (nová pedologická šetření ve školkách se neprovádějí a výsledky již dříve realizovaných průzkumů půd si lesní školkaři navzájem nepředávají). Obvyklejší je, že se aplikuje tzv. *hnojení naslepo*, tj. realizují se aplikace hnojiv odvozené (odhadované) od dřívějších individuálních zkušeností jednotlivých lesních školkařů. Pak bývá (obrazně) „*sázkou na jistotu*“ spíše používání komplexních vícesložkových hnojiv s obsahem dusíku (N), fosforu (P), draslíku (K) a eventuálně s podílem dalších prvků (vč. mikroelementů) než trpělivé (proporcionální, systematické, postupné a víceleté) doplňování nedostatkových minerálních živin do výměnného půdního sorpčního komplexu, resp. do tzv. půdních zásob.

Praktickou výživu rostlin pomocí minerálních hnojiv je žádoucí usměrňovat tak, aby souborem hnojařských opatření byla ve všech půdách vytvořena a trvale udržována **optimální zásoba přístupných živin**, poutaných v iontovýmenné formě na půdní částice (přičemž největší iontovýmennou kapacitu mají půdní koloidy a z nich zejména humusové částice). Výše definovaný cíl je možné na půdách všech druhů a typů zajistit při splnění dvou základních předpokladů: (1) intenzivním organickým hnojením a (2) vytvářením podmínek, aby dodávaná organická hmota v půdě pouze nemineralizovala, ale aby také humifikovala. K tomu je třeba naplnit všechny podmínky pro optimální humifikaci: upravit pH, vyrovnat poměr C/N (ale i poměr C/P) pro náročný přenos energie při humifikaci, zajistit omezenou aerobiózu v půdě a přihlídnout k substrátům, které při modelové humifikaci transformují organickou hmotu na humus s vyšším stupněm konverze. V praxi se zvláště na druhou podmínku při zúrodňovacích opatřeních často zapomíná. Organickými hnojivy se (nesprávně) hnojí i velmi kyselé půdy, kde je mobilita fosforu, nutného pro tvorbu adenosintrifosfátu (ATP) a tedy pro zajištění přenosu energií při humifikaci, vlivem tvorby frakcí železitých fosfátů nedostatečná (KOLÁŘ 1992; RICHTER 1994 aj.).

2.2 Hlavní články navrhované soustavy hnojení v lesních školkách

V soustavách hospodaření na půdách školek je nutné hledat harmonický **soulad všech agrotechnických a agrochemických opatření**, a to počínaje úrovní (frekvencí) střídání cílové produkce juvenilních dřevin (SMLD) s plodinami kultur *zeleného hnojení* (během tzv. odpočinkového, resp. regeneračního či sanitárního období), přes systematickou péči o příznivé fyzikální půdní poměry na obhospodařovaných pozemcích (přesně cílenými agrotechnickými zásahy) až po intenzitu hnojení půd organickými a průmyslovými hnojivy. Hnojení půd školek minerálními hnojivy, přírodními a syntetickými melioranty a pomocnými půdními látkami je spolu s použitím postupů chemické ochrany rostlin vždy nutné považovat za přímou podmínku zajištění udržitelnosti a kontinuity půdní biologické činnosti.

2.2.1 Role vápníku a vápnění při péči o půdy v lesních školkách

Vápník (chemická značka Ca) se řadí k důležitým prvkům pro výživu rostlin. V půdě se vyskytuje v různých sloučeninách, které se z hlediska formy a přijatelnosti³ rostlinami rozdělují na sloučeniny s nevýměnným Ca, na výměnný Ca a na Ca rozpuštěný ve vodě. Doplnění zásob Ca do půd lesních školek se zabezpečuje prostřednictvím systematického **vápnění**. K indikaci potřeby vápnění se u zájmových pozemků nejčastěji využívá analytické stanovení hodnot výměnné půdní kyselosti (dnes obvykle ve výluhu půdy roztokem chloridu vápenatého – CaCl₂; dříve za využití chloridu draselného – KCl; jednotkou půdní kyselosti je pH – tzn. „potenciál vodíku“, lat. *pondus hydrogenia*, angl. *potential of hydrogen*)⁴. Účelem vápnění je dosažení a udržení požadovaného optimálního rozpětí hodnot výměnného pH v půdě (ornici) zájmových pozemků. Dávky vápenatých hnojiv jsou určovány především pěstovanými rostlinami a bývají diferencovány hlavně zrnitostním složením obhospodařované půdy (obecné zásady hnojení vápenatými hnojivy formuloval např. již BAIER 1979). Vápnění se rozlišuje na **meliorační a udržovací**. Melioračním vápněním se rozumí jednorázové použití vyšší dávky vápenatých hnojiv, které může rychle zvýšit pH půdy na optimální stav. Udržovací vápnění zajistí udržení stávajícího rozpětí hodnot reakce (pH) půdy doplněním (kompenzací) předpokládaných ročních ztrát vápníku. Nynější odhad průměrných ročních ztrát vápníku z obhospodařovaných orných půd v ČR činí cca 215 kg CaO na 1 ha. Obvyklé roční normativy dávek vápenatých hnojiv pro orné půdy v ČR jsou zkompletovány v tabulce 1 (údaje převzaty od Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského).

Tabulka 1. Obecně platné roční normativy dávek vápenatých hnojiv (v tunách CaO na 1 ha) pro zemědělský půdní fond (pro orné půdy a ovocné sady) v podmínkách České republiky, resp. pro půdy rozdílných zrnitostních kategorií – půdy lehké, střední a těžké (údaje převzaty z publikace TRÁVNÍK K. a kol. 2012: *Metodický návod pro hnojení plodin*. 1. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.)

Roční normativ dávek vápenatých hnojiv v tunách CaO (Ca) na 1 ha pro kategorie půd					
Lehké půdy		Střední půdy		Těžké půdy	
výměnné pH	normativ	výměnné pH	normativ	výměnné pH	normativ
< 4,5	1,20 (0,86)	<4,5	1,50 (1,07)	<4,5	1,70 (1,22)
4,6-5,0	0,80 (0,57)	4,6-5,0	1,00 (0,71)	4,6-5,0	1,25 (0,89)
5,1-5,5	0,60 (0,43)	5,1-5,5	0,70 (0,50)	5,1-5,5	0,85 (0,61)
5,6-5,7	0,30 (0,21)	5,6-6,0	0,40 (0,28)	5,6-6,0	0,50 (0,36)
-	-	6,1-6,5	0,20 (0,14)	6,1-6,5	0,25 (0,18)
-	-	-	-	6,6-6,7	0,20 (0,14)

Realizace vlastního vápnění musí ve školkařských zařízeních vždy vycházet z místních podmínek, z individuálních požadavků agronomů (lesních školkařů) na optimální rozpětí hodnot výměnné půdní reakce na zájmových školkařských polích, ale také z dostupného sortimentu a množství vápenatých hnojiv. V praxi u intenzivního pěstování SMLD na

³ Rostliny jsou schopny přijmout během vegetace z celkového obsahu živin v půdě jen dílčí množství. To je označováno jako **přijatelné živiny** a je určeno jejich rozpustností ve vodě, ale i podmínkami příjmu a příjmovou schopností rostlin. Pojem **přístupné živiny** se v praxi ztotožňuje s tím podílem, který je analyticky stanoven při půdních analýzách dohodnutým laboratorním postupem.

⁴ Výměnná půdní kyselost je způsobena adsorbovanými H a Al (příp. Fe) ionty, které se roztokem neutrální soli (dnes nejčastěji CaCl₂, popř. dříve KCl) vyměňují za bazické ionty. Jednotkou tzv. půdní reakce je záporný dekadický logaritmus koncentrace H⁺ iontů, uváděný jako pH (slovně potenciál vodíku, lat. *pondus hydrogenia*).

minerálních půdách je také obvyklé, že přednostně se vápní pozemky, které se nejvíce odchyľují od požadovaného optimálního pH. V soustavách hnojení půd v lesních školkách jsou však upřednostňovány i individuální přístupy, které zohledňují rovněž uskutečnění synchronizací vývoje juvenilních dřevin ve školkách v takových půdních podmínkách, které následně po výsadbě převládají na místě trvalého umístění SMLD v lesních porostech a na zalesňovaných holinách. Týká se to především synchronizací vůči převládající výměnné půdní reakci na zalesňovaných pozemcích a na školkařských polích, tzn. kdy SMLD, určený pro edaficky kyselá lesní stanoviště, je záměrně pěstován ve školkách v podmínkách nižších hodnot výměnného pH půdy (cf. MAUER 2012; MAUER a MAUEROVÁ 2011 a další).

Také dnes bývá preferována strategie, ve které je v systémech hnojení a v soustavách péče o půdu zvoleno raději častější a opakované vápnění bazickými horninami⁵ (vápní se vždy po dvou letech po ukončení pěstebního cyklu) v menších dávkách, než úsilí pokoušet se jednorázově (a vysokou dávkou) změnit hodnotu výměnného pH na vytýčený cílový stav.

2.2.2 Specifická role fosforu a doporučení pro základní P-hnojení ve školkách

Fosfor (chemická značka P) má jako základní minerální živina do jisté míry ve výživě rostlin a hnojení zvláštní postavení. Zatímco kationtové živiny (ionty K, Mg, Ca) jsou téměř výhradně výměnnou sorpcí poutané jílovými minerály a humusovými látkami, fosfor je převážně sorbován amorfními minerálními složkami půdy, tj. oxidy a hydroxidy hliníku a železa, popřípadě výměnnou sorpcí poutaným hliníkem a vápníkem.

Z hlediska aplikací fosforečných hnojiv v lesních školkách lze přijímat různorodá řešení péče o půdní úrodnost. Dokonce ani případy silného hnojení fosforečnými hnojivy na půdách s již vysokou hladinou P v půdě nebyly dosud doprovázeny navenek manifestovanou újmou, pokud se týká dosahování českou technickou normou ČSN 48 2115 *Sadební materiál lesních dřevin* požadovaných standardů morfologické kvality SMLD.

Pro kategorizaci obsahu rostlinám přístupného fosforu v půdách lesních školek se doporučuje využít interpretační kritéria i analytické postupy (extrakce dle *Mehlich III*) tzv. agrochemického zkoušení zemědělských půd (zkr. AZZP) – blíže viz tabulka 2.

Tabulka 2: Kritéria hodnocení obsahu rostlinám přístupného fosforu (P) v minerálních půdách lesních školek (extrakce *Mehlich III* – popis výchozí metody viz MEHLICH A. 1984)

Slovní označení kategorie obsahu rostlinám přístupného fosforu v půdách lesních školek	Obsah rostlinám přístupného P stanovený metodou <i>Mehlich III</i> (v mg/kg)
nízký (N)	≤50
vyhovující (VH)	51–80
dobrý (D)	81–115
vysoký (V)	116–185
velmi vysoký (VV)	>186

⁵ Důležitá role přísluší vápencům a dolomitům (CaCO₃, resp. CaMg(CO₃)₂). Ty sice přísluší mezi horniny s nevýměnným Ca a v chemicky čisté vodě se prakticky nerozpouští (v 1 litru vody se rozpustí pouze cca 10 až 15 mg CaCO₃), ovšem obojí složky (horniny) se již rozpouštějí ve vodě s obsahem oxidu uhličitého za současné tvorby bikarbonátu Ca(HCO₃)₂ [viz chemická rovnice: CaCO₃ + H₂CO₃ -----> Ca(HCO₃)₂]. Vznikající bikarbonát Ca(HCO₃)₂ se ovšem již stává součástí půdního roztoku, odkud mohou být ionty Ca²⁺ rostlinami snadno přijímány.

U „velmi vysokého“ (VV) a „vysokého“ (V) obsahu rostlinám přístupného P v půdě není další zvyšování obsahu P v půdách žádoucí; **základní hnojení P se vynechává** až do doby, než obsah P v půdě poklesne na úroveň „dobrý“ (D), popř. než dosáhne jiné žádoucí cílové hladiny. Při dosažení kategorie obsahu rostlinám přístupného P v půdě „dobrý“ (D) se doporučuje aplikovat **udržovací hnojení** fosforečnými hnojivými v dávce cca 15–20 kg P/ha vždy na začátku (zpravidla 2letého) pěstební cyklu. U „vyhovujícího“ (VH) obsahu P v půdě činí doporučená dávka fosforečného základního hnojení kolem 25–30 kg P/ha/2 roky. Při obsahu rostlinám přístupného P v půdách školek <50 mg P/kg půdy (extrakce *Mehlich III*; kategorie obsahu rostlinám přístupného fosforu v půdách lesních školek „nízký“ – „N“) je **dosycovací hnojení** půdy P-hnojivými v dávkách kolem 35–40 kg P/ha/2 roky nebo i vyšších možné teprve až po předchozích agromelioračních úpravách některých parametrů půdy na zájmových školkařských polích. Vyžaduje se dosažení vyhovující hodnoty výměnné půdní reakce (a to ve vztahu k danému půdnímu druhu; na lehkých písčitéch půdách nejlépe >5,5 pH v CaCl₂), žádaná je „vysoká“ sorpční kapacita půdy >18 mval na 100 g půdy a „dobrý“ obsah humusu >3,2 % H_{OX}, resp. předchozí vydatné organické hnojení (cf. NÁROVCOVÁ et al. 2016*). Většina písčitých půd tuzemských lesních školek bohužel těmto kritériím nedokáže v dnešních poměrech komerčního lesního školkařství na pronajímaných pozemcích vyhovět. Zásobní (dosycovací) hnojení fosforečnými hnojivými tak přichází v úvahu spíše jen na zrnitostně středních půdách (půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi >20 % a <45 %), a to pouze na 2 roky dopředu (resp. „zásobně“ na příští 2letý pěstební cyklus).

S ohledem na vodní režim písčitých půd (bývají u většiny lesních školek v ČR) je nutné průmyslová fosforečná hnojiva zapracovávat do celého orničního profilu. V sušších podmínkách (zejména ve školkách bez možnosti účinného doplňkového zavlažování) při pouhém povrchovém rozprostření a zapravení průmyslových hnojiv při tzv. předsetevém hnojení může v suchých povrchových vrstvách ornice docházet k nežádoucímu **zvyšování koncentrace solí**, která následně snižuje klíčivost výsevů a dehydratací poškozuje pletiva a růst mladých rostlin. Proto je vhodné základní hnojení půd ve školkách fosforečnými průmyslovými hnojivými integrovat se zapracováním organických hnojiv do půdy.

2.2.3 Pravidla a doporučení pro základní draselné a hořečnaté hnojení

Na půdách velmi lehkého zrnitostního složení, které v tuzemských lesních školkách zpravidla převažují⁶, není hnojení draselnými a hořečnatými průmyslovými hnojivými snadnou záležitostí⁷. Oba biogenní prvky relativně snadno podléhají vyluhování (eluci) a vertikálním přesunům do hlouběji položených půdních horizontů.

Pro základní hodnocení obsahu přijatelného draslíku a hořčíku v půdách lesních školek se používá standardní interpretace obsahu rostlinám přístupného draslíku a hořčíku v půdě, tj. stanovení analytickou metodou *Mehlich III*. Základní kritéria (včetně intervalu hodnot pro slovní hodnocení rostlinám přístupného obsahu vápníku v půdě) pro kategorie písčitých až hlinitých půdních druhů dle Novákovy zrnitostní klasifikace jsou kompletována v tabulce 3.

⁶ Zrna písků, tj. částice s průměrem zrn od 0,05 do 2,00 mm, zpravidla v jemnozemi (půdní částice do průměru zrn 2,00 mm) orničních profilů půd školkařských polí v oblasti Polabí zaujímají podíl kolem 84 ±9 % (uvádí to NÁROVEC 2017*, s. 43).

⁷ Nebezpečí zvýšení obsahu K v půdním roztoku je výrazně vyšší na písčitéch půdách než na zeminách střední zrnitostní kategorie. Vlivem antagonistického působení K vůči ostatním kationtům může na písčitéch půdách snadno docházet k disharmoniím v příjmu kationtů rostlinami, resp. k příjmu K na úkor ostatních kationtů. Toto riziko bývá aktuální již při obsahu K v půdním roztoku vyšším než je 40 mg K na 1 dm³. K tomu na písčité půdě ovšem může docházet již při obsahu výměnného draslíku v půdě kolem 150 mg K v 1 kg a vyšším.

Tabulka 3: Kritéria pro hodnocení hodnot obsahu rostlinám přístupného draslíku (K), hořčíku (Mg) a vápníku (Ca), stanovených v minerálních půdách lesních školek extrakcí (analytickou metodou *Mehlich III*). Uvedené hodnocení půd bylo zobecněno a upraveno dle primárních doporučení, které pro draslík (K) a hořčík (Mg) v půdě publikovali NÁROVCOVÁ a NÁROVEC (2016*, resp. NÁROVCOVÁ et al. 2016*). Pro rostlinám přístupný vápník (Ca) byla využita doporučení metodického pokynu ÚKZÚZ, který zkompletovala SMATANOVÁ (2016).

Slovní označení kategorie obsahu rostlinám přístupných živin v půdách lesních školek	Obsah přístupných živin ve svrchní orniční vrstvě půdy stanovený analytickou metodou <i>Mehlich III</i> (v mg/kg)		
	draslík (K) a hořčík (Mg)		vápník (Ca)
	seskupené kategorie půdních druhů		
	(p) a (hp) *	(ph) a (h) *	(p) a (hp) *
nízký (N)	≤50	≤100	≤1100
vyhovující (VH)	51–100	101–150	1001–2000
dobrý (D)	101–200	151–300	2001–3300
vysoký (V)	201–350	301–400	3001–5400
velmi vysoký (VV)	>350	>400	>5400

Pozn. *: Označení půdního druhu symbolem (p) reprezentuje *pisčité* půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi do 10 %; symbolem (hp) se označují *hlinito-pisčité* půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 10,1 do 20,0 %; symbolem (ph) se označují *pisčito-hlinité* půdy s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 20,1 do 30,0 % a symbol (h) se užívá u *hlinitých* půd s podílem jílnatých částic v jemnozemi od 30,1 do 45,0 %.

Při základním hnojení půd draslíkem a hořčíkem se vždy vychází z výsledků půdních rozborů. NÁROVEC, NĚMEC a NÁROVCOVÁ (2017*) nedávno popsali nabídku analytických služeb pedologických, lesnických a agrochemických laboratoří v ČR včetně přehledu pracovišť, které k diagnostice obhospodařovaných půd využívají analytickou metodou *Mehlich III*. Podle hodnot obsahu rostlinám přístupných živin K a Mg v půdě, stanovených metodou *Mehlich III*, jsou doporučovány diferencované dávky těchto živin před zahájením 2letého pěstebního cyklu (NÁROVCOVÁ et al. 2016*). Při nízkém obsahu K, resp. Mg se doporučuje dosycovací hnojení v dávkách nad 140 kg č. ž. K⁸, resp. 50 kg Mg/ha/2 roky. Podmínkou ale je úroveň sorpční kapacity půdy nad 180 mmol/kg, vyhovující hodnota pH_{CaCl2} a dostatečný obsah humusu. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, je nutné uplatňovat pouze obohacovací stupeň hnojení dávkou 80–140 kg K/ha, resp. 30–50 kg Mg/ha/2 roky, které je doporučeno při vyhovujícím obsahu živin. Při dobrém obsahu živin se doporučuje udržovací hnojení 40–80 kg K/ha/2 roky, resp. 20–30 kg Mg/ha/2 roky. Při velmi vysokém či vysokém obsahu se základní hnojení K a Mg na přechodnou dobu vynechává, a to do doby než se dosáhne žádané cílové hladiny.

Samotná informace o obsahu rostlinám přístupných živin v půdě ale není dostatečným podkladem pro komplexní agrochemickou charakteristiku orných půd a pro agronomickou interpretaci potřeby základního hnojení minerálních půd (cf. REJŠEK a VÁCHA 2018, s. 323, 344–350). V metodických doporučeních pro management půd ve společnosti LESOŠKOLKY s. r. o. Řečany nad Labem proto např. NÁROVCOVÁ et al. (2016*, s. 38) propagují jako důležitou indikační pedologickou charakteristiku také tzv. *kationtovou výměnnou kapacitu* (KVK). Půdní diagnostikou ve školkách sledují zastoupení K a Mg v KVK a základním hnojením Mg a K udržují vzájemný vyvážený poměr K : Mg = 1 : 3–(2). Některé specifické podrobnosti o využívání hodnot KVK v hnojařské praxi rozvádí také následující podkapitola.

⁸ Hmotnostní jednotky minerálních živin, resp. hnojivé dávky se v předkládané metodice udávají jako prvky (nikoliv jako oxidy), tj. jako tzv. „čisté živiny“ (zkratka č. ž. se až na výjimky v textech metodiky ale neuvádí).

2.2.4 Příklady usměrňování hnojení půd v lesních školkách dle dat KVK

Klasické metody stanovení KVK půdy a obsahu výměnných kationtů v půdě spočívají v extrakci půdy roztokem chloridu barnatého (ČSN ISO 11260), popř. roztokem octanu amonného. Přebytek kationtů Ba^{2+} nebo NH_4^+ vyluhovadla vytěsni z půdy výměnně sorbované kationty a obsadí jejich místo. Absorbované kationty Ba^{2+} nebo NH_4^+ jsou zpětně vytěsňeny chloridem hořečnatým, resp. chloridem draselným. V rámci chemické analýzy půdy je vyhodnocen i obsah jednotlivých kationtů v sorpčním komplexu. Metody jsou např. detailně popsány v dokumentaci zkušebních laboratoří ÚKZÚZ (viz ZBÍRAL et al. 2016: *Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – Analýza půd I*). Metoda stanovení KVK octanem amonným byla dále inovována a upravena (MATULA 2007, 2012). Je označována KVK-UF a v rámci analytických stanovení je pomocí ní možné odvodit i tzv. *přijatelný fosfor*. Výše uvedené postupy KVK jsou ovšem pracné, nákladné a časově náročné. Provádějí je pouze specializované pedologické laboratoře. Jednotlivé metody mají i určitá omezení, např. stanovení KVK-UF je vhodné pouze pro půdy, které neobsahují více než 0,4 % $CaCO_3$. Jinak dochází k nadhodnocování obsahu vápníku jeho uvolňováním z uhličitánů.

Součástí stávajícího AZZP (SMATANOVÁ 2016) jsou i postupy, které ke kvantifikaci KVK (označované jako *aktuální sorpční kapacita*) využívají přímo výsledky stanovení rostlinám přístupných kationtů ve výluhu půdy podle *Mehliche III*. Uvádí se jako *součtová metoda*, kdy obsahy hlavních kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) se nejprve vyjádří v mmol chemického ekvivalentu na 1 kg zeminy a následně se hodnota KVK vypočítá jako součet obsahů výše uvedených kationtů a výměnného vodíku. Výměnný vodík se stanovuje modifikovanou *metodou podle Adamse a Evanse*. Detailní informace jsou uvedeny v metodických pokynech Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského. Odborná i laická veřejnost je má k dispozici (dostupné) na World Wide Web (URL: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/dokumenty-a-publikace/laboratore/jednotne-pracovni-postupy/>). Cenná doporučení pro praxi uvádějí i četné starší publikace ÚKZÚZ (např. NERAD et al. 1996; TRÁVNÍK et al. 2012 a další).

Kationtovou výměnnou kapacitu je vždy nutné interpretovat z hlediska použité analytické metody i s ohledem na charakter hodnocené půdy. V tabulce 4 jsou uvedena základní kritéria pro vyhodnocení úrovně aktuální KVK a pro optimalizace a úpravy zastoupení jednotlivých kationtů v sorpčním komplexu půdy (*Mehlich III, součtová metoda*). Při hodnocení nasycení sorpčního komplexu kationty se posuzuje vzájemný poměr $K : Mg : Ca$. Tento údaj je možné využít také při plánování aplikací vápenato-hořečnatých hnojiv s Mg v uhličitánové formě (dolomity a dolomitické vápence). V soudobých lesních školkách s konvenčním pěstováním PSM na minerální půdě je vápnění s využitím dolomitického vápence standardním opatřením.

Tabulka 4: Kritéria pro hodnocení aktuální kationtové výměnné kapacity (KVK) a výchozí doporučení pro zastoupení a poměry kationtů K, Mg a Ca v sorpčním komplexu KVK.

Hodnocení stupně půdní zásobenosti	Hodnota KVK mmol/kg půdy	Podíl kationtů v sorpčním komplexu, poměr kationtů v sorpčním komplexu			Zrnitost půdy a doporučené hnojení (typ aplikací hnojiv)
		K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	
Nízká - N	<120	(3)–5 %	15 %	65 %	lehké půdy, udržovací hnojení
		1 : 3 : 13			
Střední - S	120–180	(3)–4 %	10 %	75 %	střední půdy, obohacovací hnojení
		1 : 2,5 : 19			
Vysoká - V	>180	(2)–3 %	5 %	85 %	těžší půdy, dosycovací hnojení
		1 : 1,7 : 10			

V rámci řešení úkolu byly aplikovány následující principy výpočtů u dat (hodnot) KVK:

Obsahy hlavních kationtů (stanovených extrakcí podle *Mehlich III*) se nejprve vyjádří v mmol chemického ekvivalentu na 1 kg zeminy. Hodnota 1 mmol chemického ekvivalentu v mg je pro jednotlivé kationty následující: K = 39,10; Mg = 12,15; Ca = 20,04. Stanovený obsah v mg/kg se vydělí příslušnou (výše uvedenou) hodnotou přepočtového koeficientu. Jako návodnou informaci přímo pro lesní školkaře příklady těchto přepočtů uvádějí také např. NÁROVCOVÁ 2016*; NÁROVEC 2017* (s. 65 a 66); rovněž tak výpočty přibližuje soudobá lesnická půdoznalecká literatura (VAVRÍČEK a KUČERA 2017) a další zdroje.

Po stanovení celkové (součtové) hodnoty KVK se vypočte procentuální (relativní) zastoupení jednotlivých kationtů v KVK. Podle kritéria doporučených hodnot se stanoví rozdíly mezi optimálním a skutečným nasycením. Tyto rozdíly se následně vyjádří v mmol chemického ekvivalentu na 1 kg půdy a následně se vyjádří také v mg na 1 kg půdy.

Z této hodnoty lze při předpokládané hmotnosti ornice 3 milionů kg na 1 ha pozemku (odpovídá výšce ornice cca 30 cm) vypočítat zásobu dané živiny v kg/ha. Pro potřeby hnojení lesních školek je v této metodice doporučen a pro modelové příklady použit koeficient 2,00. Výška ornice v lesních školkách se uvažuje kolem 20 cm; na tuto výšku se provádí i orba.

Tento zjednodušený výpočet uvádějí také *Pracovní potupy pro AZZP...* (SMATANOVÁ 2016):

$$E = [(D-A) \times B / 100] \times 3 C \quad , \text{ kde:}$$

A = obsah kationtu v % – stanoveno rozborem,

B = hodnota KVK (mmol/kg) – stanoveno rozborem,

C = hmotnost mmol chem. ekv. v mg (K = 39,10; Mg = 12,15; Ca = 20,04) – stabilní hodnoty,

D = optimální nasycení kationtem (viz tab. 4) a

E = dávka kationtu v kg/ha.

Pro optimalizaci složení granulovaných hnojiv pro lesní školky byla provedena pedologická šetření v lesních školkách firmy WOTAN FOREST a. s. České Budějovice. Cílem šetření bylo vybrat typická stanoviště a půdy lesních školek s definovanými (modelovými) chemickými a fyzikálními půdními vlastnostmi. V tabulkách 5 a 6 jsou uvedeny příklady reálných výsledků rozborů půd ze sedmi lesních školek: Planá nad Lužnicí (včetně lokality Soukeník), Vlčí Luka, Česká Lípa (včetně lokality Borek), Tišice a Hostinné.

Při základním hodnocení chemických a fyzikálních vlastností půd (tab. 5) byl proveden nejprve zrnitostní půdní rozbor, dále byl laboratorně stanoven obsah spalitelných látek (ČSN EN 12879), hodnota výměnné půdní reakce pH (výluh CaCl₂ dle ISO 10390) a obsahy rostlinám přístupných živin P, K, Ca a Mg extrakcí půdy podle *Mehlich III*, ze kterých byl vypočítán hmotnostní poměr K/Mg. Dále byla stanovena hodnota elektrické vodivosti (tzv. konduktivita; zkr. EC) svrchní orniční vrstvy půdy ve vodním výluhu 1w-suš.:10v; v témže výluhu byla stanovena i aktivní půdní reakce, tj. hodnota pH_{H2O} (ČSN ISO 10390).

Při detailním hodnocení chemických vlastností byly stanoveny další pedologické charakteristiky: obsah uhlíčanů (ISO 10693), kationtová výměnná kapacita – KVK včetně stupně nasycení sorpčního komplexu bazickými kationy (ISO 13536), obsah celkového dusíku – N_{tot} (ČSN ISO 11261), obsah oxidovatelného uhlíku – C_{ox} a výpočtem obsah humusu H_{ox} (podrobnosti viz norma ISO 14235; obsah humusu v půdě se stanovil výpočtem podle vztahu H_{ox} = C_{ox} × 1,724) a také se vypočítal poměr C/N.

Tabulka 5: Základní fyzikální a chemické vlastnosti půd hodnocených lesních školce: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ (ČSN ISO 10390), EC – hodnota elektrické vodivosti určená ve vodním výluhu 1w-suš.:10v, $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ (ISO 10390), obsah rostlinám přístupných živin podle metody *Mehlich III*, SL – obsah spalitelných látek (ČSN EN 12879), kategorie půdního druhu dle klasifikace Nováka.

Školka (název)	Půdní typ (kategorie)	pH	EC	pH	P	K	Mg	K/Mg	Ca	SL
		H_2O	mS/cm	CaCl_2	mg/kg suchého vzorku			-	mg/kg	%
Planá	<i>lehká - hp</i>	5,9	0,05	5,2 <i>O</i>	88 <i>D</i>	163 <i>D</i>	196 <i>D</i>	0,83	1570	7,5
Soukeník	<i>lehká - hp</i>	5,7	0,05	4,8 <i>N</i>	178 <i>V</i>	184 <i>D</i>	57 <i>N</i>	3,23	822	3,5
Vlčí Luka	<i>lehká - p</i>	4,8	0,03	3,9 <i>N</i>	142 <i>V</i>	49 <i>N</i>	12 <i>N</i>	4,08	196	4,7
Č. Lípa	<i>lehká - hp</i>	6,2	0,05	5,5 <i>O</i>	203 <i>VV</i>	156 <i>D</i>	107 <i>VH</i>	1,46	1445	4,5
Borek	<i>lehká - hp</i>	5,9	0,03	5,0 <i>N</i>	212 <i>VV</i>	118 <i>D</i>	51 <i>N</i>	2,31	928	3,2
Tišice	<i>lehká - hp</i>	7,5	0,08	6,6 <i>V</i>	202 <i>VV</i>	71 <i>VH</i>	43 <i>N</i>	1,65	1268	1,5
Hostinné	<i>střední - ph</i>	5,6	0,04	4,8 <i>N</i>	237 <i>VV</i>	127 <i>D</i>	129 <i>VH</i>	0,98	1120	5,7

Pozn.: Slovní označení kategorie obsahu dílčích chemických vlastností jsou uvedeny spolu s číselnými hodnotami ve sloupcích a označeny těmito písmeny: pro $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$: N (velmi nízká), O (optimální), V (vysoká), pro Mg, K, P: N (nízký), VH (vyhovující), D (dobrý), V (vysoký), VV (velmi vysoký). Poměr K/Mg <1,6 je dobrý, 1,6-3,2 je vyhovující a >3,2 je nevyhovující.

Tabulka 6: Detailní charakteristika půd lesních školce: CO_3^- – obsah uhličitánů, H^+ – nasycení sorpčního komplexu vodíkem, KVK – kationtová výměnná kapacita, S – nasycení sorpčního komplexu bazickými kationty, V – procentické nasycení komplexu bazickými kationty, N_{tot} – obsah celkového dusíku, C_{ox} – obsah oxidovatelného uhlíku.

Vzorek	CO_3^-	H^+	KVK		S	V	N_{tot}	C_{ox}	humus	C/N
	%	mmol ⁺ /100g				%	%			-
Planá	<0,1	3,7	16,2	<i>S</i>	12,6	77,5	0,17 <i>D</i>	3,23	5,56 <i>VD</i>	19,2
Soukeník	<0,1	5,7	9,8	<i>N</i>	4,1	42,0	0,12 <i>N</i>	1,49	2,56 <i>S</i>	12,2
Vlčí Luka	<0,1	10,0	12,3	<i>S</i>	<3,0	18,5	0,10 <i>N</i>	2,07	3,56 <i>D</i>	21,6
Česká Lípa	<0,1	3,9	12,4	<i>S</i>	8,5	68,0	0,12 <i>N</i>	1,62	2,78 <i>N</i>	13,9
Borek	<0,1	9,1	11,3	<i>N</i>	<3,0	20,0	0,09 <i>N</i>	0,97	1,67 <i>N</i>	11,3
Tišice	<0,1	0,7	7,4	<i>N</i>	6,7	91,5	0,05 <i>VN</i>	0,36	0,62 <i>VN</i>	7,2
Hostinné	<0,1	6,9	13,2	<i>S</i>	6,3	48,0	0,14 <i>S</i>	1,47	2,53 <i>S</i>	10,7

Pozn.: Slovní (interpretační) označení vybraných chemických vlastností půd je v příslušných sloupcích uvedeno velkými písmeny. Pro KVK je to N (nízká) a S (střední) podle hledisek ÚKZÚZ – viz SMATANOVÁ (2016); pro % N_{tot} a podíl humusu je to VN (velmi nízký), N (nízký), S (střední) a D (dobrý) dle číselné škály, kterou doporučuje NÁROVEC (2017, s. 50-51).*

Většina půd hodnocených školkařských polí vykazovala nízkou (54 %) nebo optimální (27 %) hodnotu výměnné půdní reakce ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) a střední (54 %) nebo nízkou (35 %) hodnotu kationtové výměnné kapacity (KVK). Z hlediska rostlinám přístupného hořčíku spadá 55 % analyzovaných polí do kategorie nízkého obsahu (dále 24 % do kategorie vyhovující, 24 % do kategorie dobrý); rostlinám přístupný draslík byl zastoupen v subkategoriích nízký (29 %), vyhovující (38 %) a dobrý (33 %); fosfor pak vykazoval obsahy převážně v kategoriích velmi vysoký (35 %), vysoký (38 %) a dobrý (11 %). Hodnoty pH bývají spojeny s nízkým obsahem uhličitánů (<0,1 % CO_3^-) a předchozím vápněním. Na základě zrnitostního rozboru se jedná o tzv. lehké půdy, převážně v subkategoriích hlinito-písčité (hp), případně písčité (p).

Tabulky 7a a 7b rozvádějí postupné kroky výpočtu potřebné (teoretické!) dávky kationtů pro nasycení KVK hodnocených půdních vzorků. Pro modelové výpočty byla KVK stanovena jako efektivní (ISO 13536); obsah jednotlivých kationtů byl stanoven ve výluhu *Mehlich III*. V tabulce 7a je vyjádřen obsah přijatelných kationtů (K^+ , Mg^{2+} a Ca^{2+}) v mmol/kg půdy a jejich vzájemný molární poměr (K : Mg : Ca). Dále je v tab. 7a uvedeno relativní zastoupení (%) jednotlivých kationtů v KVK. Z doporučených hodnot (viz tab. 4) je vypočtena potřeba dosycení sorpčního komplexu daným kationtem (jde o rozdíl mezi žádaným a skutečným nasycením). V tabulce 7b je vyjádřena potřeba dodání živin na základě půdního rozboru. Procentuální rozdíl mezi optimem a stanoveným nasycením se na základě hodnoty celkové KVK vyjádří v mmol chemického ekvivalentu (zkr. chem. ekv.) na 1 kg půdy. Po vynásobení hmotností mmol chem. ekv. daného kationtu v mg je potřeba dané živiny vyjádřena v mg na 1 kg půdy. Z této hodnoty se při předpokládané hmotnosti ornice 2 mil. kg na 1 ha pozemku stanoví potřeba dodání dané živiny základním hnojením na plošnou jednotku (v kg/ha).

Tabulka 7a: Celková kationtová výměnná kapacita (KVK) u vzorků půd vybraných školkařských středisek společnosti WOTAN FOREST a. s. České Budějovice včetně obsahu přijatelného draslíku, hořčíku a vápníku (viz tab. 5) v mmol/kg půdy a vzájemného poměru kationtů K : Mg : Ca v sorpčním půdním komplexu; relativní zastoupení jednotlivých kationtů K, Mg a Ca v efektivní kationtové výměnné kapacitě (nasycení KVK v %), stanovené podle ISO 13536; optimální zastoupení prvků K, Mg a Ca v KVK (tzv. „požadavek“) a potřeba jejich dosycení v KVK.

Vzorek	Charakteristika KVK					Nasycení KVK v %								
	celková mmol/kg	mmol/kg			poměr K:Mg:Ca	analyzované			požadavek			potřeba		
		K	Mg	Ca		K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
Planá	162	4,2	16,1	78,3	1:3,9:18,8	2,6	9,9	48,3	4	10	75	1,4	0,1	26,7
Soukeník	98	4,7	4,7	41,0	1:1,0:8,7	4,8	4,8	41,9	5	15	65	0,2	10,2	23,1
Vlčí Luka	123	1,3	1,0	9,8	1:0,8:7,8	1,0	0,8	8,0	4	10	75	3,0	9,2	67,0
Č. Lípa	124	4,0	8,8	72,1	1:2,2:18,1	3,2	7,1	58,2	4	10	75	0,8	2,9	16,8
Borek	113	3,0	4,2	46,3	1:1,4:15,1	2,7	3,7	40,9	4	10	75	1,3	6,3	34,1
Tišice	74	1,8	3,5	63,3	1:1,9:34,7	2,5	4,8	86,0	5	15	65	2,5	10,2	-21,0
Hostinné	132	3,3	10,6	55,9	1:3,3:17,1	2,5	8,0	42,3	4	10	75	1,5	2,0	32,7

Tabulka 7b: Potřeba živin na základě rozboru vyjádřená mmol/kg půdy, mg/kg půdy a kg/ha.

Vzorek	Potřeba dodání živin na základě rozboru								
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
	mmol/kg půdy			mg/kg půdy			kg/ha		
Planá	2,3	0,1	43,4	91	1,6	868	181	3	1735
Soukeník	0,2	10,0	22,7	8	122	454	15	243	907
Vlčí Luka	3,6	11,3	82,3	143	138	1645	285	274	3291
Č. Lípa	1,0	3,6	20,7	38	44	415	76	87	830
Borek	1,5	7,2	38,7	60	874	773	119	174	1546
Tišice	1,9	7,5	-15,5	73	92	-309	145	183	-618
Hostinné	2,0	2,6	43,1	80	32	862	158	63	1724

V tabulce 7c jsou pak shrnuty základní půdní charakteristiky (KVK a hodnota výměnného pH, stanovená ve výluhu chloridem vápenatým – CaCl₂) a potřeba kationtů K, Mg a Ca pro optimální dosycení hodnot KVK. Tato tzv. *potřeba* je porovnána s doporučovými dávkami živin, dodávanými v rámci dvouletého pěstebního cyklu minerálními hnojivy a vápněním.

Tabulka 7c: Charakteristika půd pro stanovení potřeby hnojení, potřeba dodání živin na základě rozboru půdy, doporučené dávky živin ve formě minerálních a případně organických hnojiv * a ve formě vápenatých hnojiv ** (příklad pro dolomitický vápenec s 85% podílem uhličitanu vápenatého CaCO₃ a 5% podílem MgCO₃: hnojivo obsahuje 34 % Ca a 1,4 % Mg).

Vzorek	Půdní typ	pH	KVK	Potřeba			Doporučená dávka na 2letý cyklus ⁺						
				CaCl ₂	mmol/kg	K	Mg	Ca	K	Mg	vápenec	Ca	Mg
						kg/ha			kg/ha*		t/ha	kg/ha**	
Planá	<i>lehká - hp</i>	5,2	162	181	3	1735	40–80	20–30	1,5	510	21		
Soukeník	<i>lehká - hp</i>	4,8	98	15	243	907	40	30–50	0,75	255	10,5		
Vlčí Luka	<i>lehká - p</i>	3,9	123	285	274	3291	80–140	30–50	2,00	680	28		
Č. Lípa	<i>lehká - hp</i>	5,5	124	76	87	830	40–80	30–50	0,75	255	10,5		
Borek	<i>lehká - hp</i>	5,0	113	119	174	1546	40–80	30–50	1,5	510	21		
Tišice	<i>lehká - hp</i>	6,6	74	145	183	-618	80	30–50	0	0	0		
Hostinné	<i>střední - ph</i>	4,8	132	158	63	1724	80–140	30	1,5	510	21		

Pozn. ⁺: Překračuje-li tzv. *potřeba* doporučené dávky, hnojí se opakovaně v několika cyklech.

2.3 Metodické pokyny pro užití nových typů hnojiv z LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice v lesních školkách

Složení hnojiv bylo navrženo na základě pedologických šetření v lesních školkách firmy WOTAN FOREST a. s. (viz tabulky 5, 6, 7a až 7c v podkapitole 2.2.4). Na podkladě hodnocení půd vybraných lesních školek bylo zřejmé, že se zde dlouhodobě používala nevhodná skladba hnojiv, především kombinovaná NPK-hnojiva s vysokým obsahem fosforu a bez výrazného podílu hořčíku. Hořčík, který je ve většině školek proto v deficitu, je sice možné půdě dodávat spolu s vápníkem aplikací dolomitického vápence, ovšem při výrazném deficitu hořčíku je účelné (resp. nutné) tuto živinu dodávat v rámci systémů základního hnojení minerálními hnojivy také v rozpustné síranové formě. Pro systémy hnojení jednotlivých lesních kultur byly proto navrženy 3 typy granulovaných hnojiv (viz tab. 8), nové svoji skladbou i segmentem užití. Vzhledem k absenci (nebo zanedbatelnému) obsahu P a k relativně vysokému obsahu Mg jsou tato hnojiva označena jako *granulovaná směsná hnojiva typu NKMg pro lesní školky*.

Tabulka 8: Přehled nově navržených hnojiv.

Hnojivo	Obsah živin (%)									Poměr K/Mg	
	N _{celk.}	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	MgO	Mg	S	CaO _{celk.}	K ₂ O/MgO	K/Mg
KMg 18-12	0	0	0	18	14,94	12	7,5	17,0	1,0	1,50	1,99
NPK-Mg 14-5-5-6	14*	5	0	5	4,2	6	3,6	15,0	5,0	0,83	1,17
NK-Mg 12-6-7	12**	0	0	6	5	7	4,2	18,0	5,0	0,86	1,19

* : *pomalupůsobící dusík ve formě ureaformu zaujímá podíl 25 % z celkového N_{celk.}*

** : *10,5 % hm. N-NH₄, 1,5 % hm. N-NO₃.*

Pro aplikaci v podzimním období bylo navrženo draselno-hořečnaté hnojivo s interním označením **KMg 18-12**. Pro aplikace za vegetace během řešení úkolu vznikala, byla navržena, optimalizována a ověřována hnojiva⁹ s označením **NPK-Mg 14-5-5-6** a také **NK-Mg 12-6-7**.

U hnojiva **NK-Mg 12-6-7** byla v rámci řešení projektu připravena provozní výrobní šarže v provozovně GSH Městec Králové¹⁰ o hmotnosti až 52,5 tun. Hnojivo je k dispozici pro aplikaci v lesních školkách s využitím v metodice navrženého systému hnojení. U dalších dvou granulovaných hnojiv je již kompletně vyřešena technologie jejich výroby a tato hnojiva by již měla být postupně v nejbližším období zařazována do sériové průmyslové výroby.

Hnojivo **NPK-Mg 14-5-5-6**, které obsahuje část dusíku v dlouhodobé formě (ve formě ureaformu, resp. močovino-formaldehydových kondenzátů), a také startovací dávku fosforu, je určeno pro časnou jarní aplikaci, případně pro předset'ovou aplikaci.

Hnojivo **NK-Mg 12-6-7** je určeno pro lesní školky a pro hnojení lesních kultur během vegetace na půdách s nízkým obsahem hořčíku, nízkým až dobrým obsahem přijatelného draslíku a s vyhovujícím až vysokým obsahem fosforu. Tuto živinu (P) neobsahuje. V rámci navržených hnojiv je hnojivo **NK-Mg 12-6-7** základním hnojivem, určeným pro přihnojování produkce v lesních školkách. Při dvouletém pěstebním cyklu se předpokládají 1–3 aplikace v prvním vegetačním období a max. 3 aplikace ve druhém vegetačním období. Navržené základní dávky a jejich počet je možné individuálně upravit podle stavu porostu, např. v druhém vegetačním období při pěstování borovice lesní se doporučuje použít zvýšenou základní dávku hnojiva, která odpovídá dávce dusíku 30 kg N/ha.

Na základě půdních rozborů je možné při podzimní aplikaci doplnit při jednorázové aplikaci draslík a hořčík podzimním hnojivem **KMg 18-12**, nebo použít jednosložková hnojiva pro doplnění draslíku (přednostně s K ve formě síranu draselného), hořčíku (např. Kieserit), případně i fosforu (Fosmag, superfosfáty).

Hnojivo **NK-Mg 12-6-7** je možné (a vhodné) společně kombinovat i s podzimní aplikací organických hnojiv – především kompostů, kterými se dodá především pro rostliny rychle dostupný draslík a dále fosfor a dusík v dlouhodobější formě (s prolougující účinností). Příklad takového doplnění rostlinám přijatelných živin v půdě je uveden v tabulce 15.

U jednotlivých typů hnojiv jsou v metodice navrženy (tab. 9) dvě aplikační dávky – **základní** a **zvýšená** s aplikací pro jehličnaté dřeviny (smrk ztepilý, borovice lesní), resp. pro listnaté dřeviny (buk lesní, dub letní a dub zimní). U hnojiv aplikovaných během vegetace jsou dávky hnojiva charakterizovány dávkou dusíku. U hnojiva s dlouhodobým dusíkem byla pro všechny kultury zvolena základní dávka 20 kg N/ha a zvýšená dávka 40 kg N/ha. U hnojiva s krátkodobým dusíkem byla jehličnaté dřeviny zvolena základní dávka 20 kg N/ha a zvýšená 30 kg N/ha, pro listnaté dřeviny dávky 30 kg N/ha, resp. 45 kg N/ha. Při pěstování borovice lesní je v druhém roce pěstebního cyklu doporučeno jako základní použít zvýšenou aplikační dávku hnojiva (viz tab. 11).

U podzimního hnojiva jsou dávky hnojiva charakterizovány dávkou draslíku – jehličnany 22,5 kg K/ha, resp. 45 kg K/ha; listnáče 45 kg k/ha, resp. 90 kg K/ha.

⁹ Obsahy živin ve hnojivech se v této metodice vyjadřují v oxidech (kysličnicích). Obsahy živin v půdách nebo rostlinách (stejně jako potřeba hnojení pro půdy a rostliny) se standardně v současné době udávají v čistých prvcích (tzv. v „čistých živinách“; zkr. č. ž.). V minulosti bývalo pravidlem, že se dávala přednost vyjadřování obsahu živin v půdách také v oxidech. U hnojiv ovšem přetrvávalo toto pravidlo i do současnosti, a to jakkoliv je dlouhodobou snahou moderní agrochemické vědy a mezinárodní agronomické praxe i u hnojiv jednotně přejít na uvádění údajů výhradně v čistých prvcích. Pro vzájemné přepočty tak je nezbytná znalost přepočtových koeficientů z prvků na oxidy a naopak.

¹⁰ Granulárna směsných hnojiv (zkr. GSH) v Městci Králové je specializovaným provozem, který náleží pod korporaci LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice.

Tabulka 9: Aplikační dávky navržených hnojiv.

Typ hnojiva	Kultura	Dávka hnojiva		Dávka živiny v kg/ha						
		kg/ha		N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	MgO	Mg
NPK-Mg-14-5-5-6	jeh., list.	základní	150	21	7,5	3,3	7,5	6,2	9,0	5,4
		zvýšená	300	42	15	6,6	15	12,5	18,0	10,8
NK-Mg 12-6-7	jehličnany	základní	166	19,9	0,0	0,0	10,0	8,3	12,0	7,2
		zvýšená	250	30	0	0	15	12,5	18,0	10,8
	listnáče	základní	250	30	0	0	15	12,5	18,0	10,8
		zvýšená	380	45,6	0	0	22,8	18,9	27,4	16,4
KMg-18-12	jehličnany	základní	150	0	0	0	27	22,4	18,8	11,3
		zvýšená	300	0	0	0	54	44,8	37,5	22,5
	listnáče	základní	300	0	0	0	54	44,8	37,5	22,5
		zvýšená	600	0	0	0	108	89,6	75,0	45,0

V tabulce 10 je přehled hnojiv, upřednostňovaných v současnosti pro **operativní hnojení** produkce PSM v lesních školkách. Používají se bezchloridová NPK-hnojiva (YaraMilla COMPLEX, Cererit) s poměrně vysokým obsahem fosforu nebo dusíkatá hnojiva.

V přehledu jsou uvedena i tři **hnojiva s dusíkem v pozvolně působící formě**. Hnojiva *Lovogreen* od výrobce LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice jsou pro jarní přihnojování použitelná, obsahují ale draslík v chloridové formě. Zahraniční hnojivo *Kompakt* je bezchloridové, má vysoký podíl dusíku v pozvolně působící formě, ve školkařské praxi se používá především pro přihnojování krytokořenné produkce. Navržené hnojivo **NPK-Mg 14-5-5-6** je bezchloridové a má pro jarní přihnojování lesnických výsadeb ve volné půdě optimální podíl dusíku v pozvolně působící formě. Je použitelné i pro přihnojování krytokořenné produkce.

Přehled hnojiv používaných v lesních školkách je doplněn příkladem organického hnojiva (kompostu), který byl použit v modelovém experimentu (viz příklady v tab. 15).

Hnojení dusíkem v lesních školkách (WOTAN FOREST a. s.) bývá nastaveno dle požadavku pěstované kultury tak, aby celková roční dávka (obvykle je to normativ 80–130 kg č. ž. N/ha/rok) byla rozdělena nejméně do dvou až tří individuálních aplikací, resp. do dílčích dávek. Používáním nově navrženého granulovaného hnojiva **NK-Mg 12-6-7** je možné tento koncept přihnojování pěstovaných kultur naplnovat. Prokázaly to výsledky ověřovacích vegetačních zkoušek. Aplikacemi hnojiva **NK-Mg 12-6-7** se kulturám zajistí nejen optimální výživa dusíkem, ale průběžně se doplňuje i K a Mg. Příklady hnojení vybraných kultur jsou uvedeny v tabulkách 11, 12 a 13. Pro optimální růst školkařských výpěstků postačuje základní dávka hnojiva, neboť při použití tří aplikačních dávek operativního přihnojení během vegetace se zajistí potřebné souhrnné množství (roční normativ) dusíku.

Pro doplnění P, K a Mg během **podzimních aplikací hnojiv** tzv. na kulturu (tradiční názvoslovná soustava v aplikované agrochemii je popisuje jako tzv. *hnojení na list*) se přednost dává jednosložkovým hnojivům. Jejich dávkování by mělo vycházet z půdních rozborů. Optimální je P, K a Mg doplňovat spolu s pravidelnou aplikací organických hnojiv, nejlépe kompostů. Aplikace kompostů (ty do půdy dodají především K) vyžadují pro zajištění vhodného poměru K/Mg v půdě, aby se kombinovaly s minerálními Mg-hnojivy.

Při použití nově navrženého granulovaného směsného hnojiva **KMg 18-12** se dodá draslík a hořčík v rámci jedné aplikace. Hnojivo má optimalizovaný poměr K/Mg, je určeno pro podzimní aplikaci do půd s nízkým obsahem rostlinám přístupného hořčíku. V dlouhodobém systému řízení výživy je perspektivní i pro možné přímé kombinace s aplikacemi kompostů.

Tabulka 10: Hnojiva používaná v lesních školkách Planá nad Lužnicí a Vlčí Luka.

Hnojivo (Směs hnojiv)	Složení hnojiva (%)				Dávka kg/ha	Dodané živiny v kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO		N	P	K	Mg
Vegetační hnojení									
Entec 26	26	0	0	0	100	26	0,0	0,0	0,0
Ledek vápenatý (LV)	15	0	0	0	100	15	0,0	0,0	0,0
směs Entec 26/LV (1w/w)	20,5	0	0	0	100	20,5	0,0	0,0	0,0
Entec perfekt	14	7	17	2	100	14	3,1	14,1	1,2
směs Entec perfekt/LV (1w/w)	14,5	3,5	8,5	1	100	14,5	1,5	7,1	0,6
YaraMilla COMPLEX	12	11	18	2,7	100	12	4,8	14,9	1,6
Cererit	8	13	11	2	200	16	11,4	18,3	2,4
Pomalupůsobící dusík*									
Lovogreen 20-5-8-2	20 (30%*)	5	8	2	100	20	2,2	6,6	1,2
Lovogreen 10-5-20-4	10 (25%*)	5	20	4	200	20	4,4	33,2	4,8
Kompakt 21-7-14-3	21(70%*)	7	14	3	100	21	3,1	11,6	1,8
Podzimní hnojení									
Síran draselný			50		110			45,7	
Kieserit				25	150				22,5
Fosmag		25			250		27,5		
Superfosfát		18			350		27,7		
Kompost**	2,3	1,0	4,0	1,0	24,4 t	561	247	992	249

*Pozn. ** u kompostu: obsah sušiny 62 %; SL 50,2 %; poměr C/N 10,8; obsah celkových živin v sušině: 2,3 % N; 1,0 % P; 4,0 % K; 1,0 % Mg a 4,2 % Ca.*

V tabulkách 11, 12 a 13 jsou uvedeny režimy hnojení jednotlivých kultur s využitím nově odzkoušených hnojiv **NPK-Mg-14-5-5-6**, **NK-Mg 12-6-7** a **KMg 18-12**. V rámci schématu je uvedena suma dodaných živin za dvě vegetační období při použití navržených základních dávek hnojiv, resp. i při zvýšeném dávkování. První jarní přihnojení představuje u výsevů borovice a listnáčů hnojivo **NPK-Mg 14-5-5-6** s pomalupůsobícím dusíkem. Tuto aplikaci je možno alternovat hnojivem **NK-Mg 12-6-7**, a to v nízké výchozí dávce 20 kg č. ž. N/ha.

Na základě vyhodnocení vegetačních (hnojařských) pokusů jsou k dosažení optimálního růstu školkařských výpěstků lesních dřevin během pěstování ve školkách dostatečné základní (bazální) dávky přihnojování dusíkem (tj. dávky během vegetační periody). U listnatých druhů dřevin a také u borovice lesní v druhém roce pěstování je to dávka 90 kg č. ž. N/ha; u školkařských výpěstků smrku ztepilého je to dávka 60 kg č. ž. N/ha.

Přihnojování draslíkem a hořčíkem, je v rámci navrhovaných systémů hnojení výrazně ovlivněno dávkou podzimní aplikace hnojiva **KMg 18-12**, případně doplňkovou aplikací fosforečných hnojiv. Při základním hnojení těmito živinami je nutné vycházet z půdních rozborů. V rámci každého systému hnojení jsou dodané živiny modelově přepočteny na mg/kg suché půdy (kalkuluje se přitom, že 1 m² představuje hmotnost cca 200 kg ornice¹¹) a dále je vypočteno zvýšení obsahu živiny v mg/kg v rámci dvouletých vegetačních pokusů. Zvýšení představuje rozdíl v obsahu stanovených živin hnojených variant se základním a zvýšeným dávkováním a nehnojené kontroly (příklad rozboru půd v průběhu dvouletého pěstebního cyklu u školkařských výpěstků buku lesního je uveden v tabulce 14a).

¹¹ Na produkčních školkařských polích, založených na šterkových a pískových říčních sedimentech, vstupuje do těchto kalkulací i odpočtení podílu skeletu, který snižuje disponibilní objemovou hmotnost suché jemnozeme.

Tabulka 11: Dvouletý systém hnojení prostokořenných semenáčků borovice lesní v lesních školkách.

Termín	Hnojivo	Základní dávka v kg/ha					Zvýšená dávka v kg/ha				
		Hnoj.	N	P	K	Mg	Hnoj.	N	P	K	Mg
1/5	NPK-Mg 14-5-5-6	150	21	3,3	6,2	5,4	300	42	6,6	12,5	10,8
1/9	KMg 18-12	150	0	0	22,4	11,3	300	0	0	44,8	22,5
2/4	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
2/4-5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
2/5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
suma za dvě vegetační období		1050	111,0	3,3	66,0	49	1740	178,8	6,6	114,0	82,5
přepočet dávky živin na mg/kg půdy			55,5	1,7	33,0	24,5		89,4	3,3	57,0	41,3
zvýšení obsahu živiny v mg/kg				0	0	6			0	7	18

Tabulka 12: Schéma hnojení listnatých dřevin, dvouletý systém hnojení.

Termín	Hnojivo	Základní dávka v kg/ha					Zvýšená dávka v kg/ha				
		Hnoj.	N	P	K	Mg	Hnoj.	N	P	K	Mg
1/4	NPK-Mg 14-5-5-6	150	21	3,3	6,2	5,4	300	42	6,6	12,5	10,8
1/4-5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
1/5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
1/9	KMg-18-12	300	0	0	44,8	22,5	600	0	0	89,6	45,0
2/4	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
2/4-5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
2/5	NK-Mg 12-6-7	250	30	0	12,5	10,8	380	45,6	0	18,9	16,4
suma za dvě vegetační období		1700	171	3,3	113,3	82	2800	270,0	6,6	196,7	137,9
přepočet dávky živin na mg/kg			85,5	1,7	56,6	41,0		135,0	3,3	98,4	68,9
zvýšení obsahu živiny v mg/kg*				14	41	16			9	45	23

* příklad zvýšení obsahu živiny v mg/kg u buku, viz tab. 14a

Tabulka 13: Schéma hnojení – dvouletý systém hnojení smrku.

Termín	Hnojivo	Základní dávka v kg/ha					Zvýšená dávka v kg/ha				
		Hnoj.	N	P	K	Mg	Hnoj.	N	P	K	Mg
1/4	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	10,8
1/4-5	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	10,8
1/5	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	10,8
1/9	KMg18-12	150	0	0	22,4	11,3	300	0	0	44,8	22,5
2/4	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	166
2/4-5	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	166
2/5	NK-Mg 12-6-7	166	19,9	0,0	8,3	7,2	250	30	0	12,5	166
suma za dvě vegetační období		1146	119,4	0	72,2	54,5	1800	180	0	119,8	552,9
přepočet dávky živin na mg/kg			59,8	0,0	36,0	27,1		90,0	0,0	59,8	43,7
zvýšení obsahu živiny v mg/kg				0	23	10			0	28	20

V tabulce 14a jsou uvedeny základní chemické vlastnosti modelové půdy lesní školky v rámci modelového hnojení buku lesního v rámci dvouletého pěstebního cyklu a vliv hnojení na obsah přijatelných živin v půdě. V tabulce 14b je uveden vliv aplikace hnojiv na nasycení sorpčního komplexu půdy a potřebu dodání jednotlivých kationtů K, Mg a Ca. Při aplikaci hnojiv s proporciálním zastoupením K a Mg (**NK-Mg 12-6-7**, případně **NPK-Mg 14-5-5-6**) v průběhu vegetačního období bude postupně docházet ke zvyšování počáteční nízké hladiny těchto živin v půdě. Případně se bude udržovat dostatečná zásoba těchto živin. Bude se ale jednat o proces postupný, který je nutný doplnit podzimní aplikaci K Mg (v modelovém příkladu nového hnojiva **KMg 18-12**) i v kombinaci s aplikací vápence na úpravu hodnoty pH (ten v modelovém hnojení aplikován nebyl, což je patrné z vysoké potřeby dodání Ca u všech variant hnojení).

V případě velmi nízkého obsahu přijatelných živin je možné pro doplnění P, K, Mg a Ca použít meliorační hnojení nebo vápnění s vyššími dávkami minerálních hnojiv a vápence, nebo použít organická hnojiva – komposty. Meliorační dávky minerálních (ale i organických hnojiv) je nutné volit i s ohledem na KVK dané půdy a na její nasycení jednotlivými kationty.

Tabulka 14a: Chemické vlastnosti půd při modelovém pěstování buku lesního, dávky hnojiv a živin viz tab. 12.

hnojení	pH _{H2O}	EC	pH _{CaCl2}		P			K		Mg	K/Mg	Ca	SL
dávka		mS/cm			mg/kg suchého vzorku						mg/kg	%	
1. rok													
nehnojeno	5,5	0,06	4,6	N	206	VV	39	N	23	N	1,05	382	2,2
základní	5,3	0,06	4,5	N	211	VV	48	N	28	N	1,01	318	2,1
zvýšená	5,1	0,08	4,5	N	222	VV	59	VH	31	N	1,12	297	2,1
2. rok													
nehnojeno	5,7	0,05	4,4	N	212	VV	44	VH	34	N	1,54	323	2,3
základní	5,0	0,07	4,0	N	226	VV	85	VH	50	N	1,49	321	2,2
zvýšená	4,8	0,09	4,0	N	221	VV	89	VH	57	N	1,77	253	2,2

Tabulka 14b: Obsah živin v sorpčním komplexu půdy a nasycení KVK (stanovené KVK půdy: 131 mmol/kg, optimální podíl nasycení 4 % K, 10 % Mg a 75 % Ca), potřeba dodání živin na základě stanovených hodnot.

hnojení	Obsah živiny			Dosycení KVK			Potřeba dodání živin na základě rozboru								
	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
dávka	mmol/kg půdy			potřeba v %			mmol/kg půdy			mg/kg půdy			kg/ha		
nehnojeno	1,0	1,9	19,1	3,2	8,6	60,4	4,2	11,2	79,2	166	136	1584	332	272	3168
základní	1,2	2,3	15,9	3,1	8,2	62,9	4,0	10,8	82,4	157	131	1648	314	262	3295
zvýšená	1,5	2,6	14,8	2,8	8,1	63,7	3,7	10,5	83,4	146	128	1669	292	256	3337
2. rok															
nehnojeno	1,1	2,8	16,1	3,1	7,9	62,7	4,1	10,3	82,1	161	125	1643	322	250	3285
základní	2,2	4,1	16,0	2,3	6,9	62,8	3,1	9,0	82,2	120	109	1645	240	218	3289
zvýšená	2,3	4,7	12,6	2,3	6,4	65,4	3,0	8,4	85,6	116	102	1713	232	204	3425

Příklad ovlivnění obsahu živin aplikací kompostu v dávce 40 t/ha (cca 25 t suchého kompostu/ha) je uveden v tabulce 15. Kromě dodání živin zvyšuje aplikace kompostů v půdě obsah organické hmoty a zlepšuje půdní strukturu. Ovlivňuje i půdní reakci a částečně může nahradit vápnění půdy. Pravidelná aplikace kompostu v dostatečných dávkách, kolem 6–7 tun v sušině na hektar za rok (ERHART a HARTL 2008), zajišťuje udržení (stabilizaci) potřebného množství humusu v půdě. Pro volbu dávek kompostů a četnosti aplikací je nutné vzít v úvahu i obsahy živin v kompostech. V uvedeném příkladu měl kompost poměrně vysoký obsah živin (v sušině: 2,3 % N; 1,0 % P; 4,0 % K; 1,0 % Mg; 4,2 % Ca; poměr C/N 10,8; podíl sušiny 62,1 %; podíl spalitelných látek 50,2 %) a dávka 40 t/ha výrazně zvyšovala obsah přijatelného draslíku při rozboru v prvním roce po aplikaci. U kompostů tohoto typu by při aplikaci v lesních školkách postačovaly dávky kolem 20 t/ha ve čtyřletých, případně u půd s vyšší KVK i v kratších intervalech.

Tabulka 15: Chemické vlastnosti půd při modelové aplikaci kompostu.

hnojení	pH	EC	pH _{CaCl2}		P		K		Mg		K/Mg	Ca	SL
	H ₂ O	mS/cm			mg/kg suchého vzorku								mg/kg
1. rok													
nehnojeno	5,2	0,06	4,4	N	244	VV	246	V	77	N	3,19	519	3,1
kompost	6,5	0,11	5,5	D	386	VV	814	VV	158	D	5,15	1186	4,4
2. rok													
nehnojeno	5,5	0,05	4,6	N	174	V	205	V	87	N	2,36	528	3,2
kompost	5,7	0,06	4,8	N	261	VV	402	VV	119	VH	3,38	689	3,9

* * *

3. Srovnání „novosti postupů“

Metodika je určena výrobní praxi a interpretuje hlavní zásady hnojení půd lesních školek. Využívá soudobé analytické metody půdní diagnostiky ve smyslu pravidel standardních postupů agrochemického zkoušení zemědělských půd. Novost zásad hnojení půd lesních školek vychází z inovativního a v pěstební (školkařské) praxi nově odzkoušeného systému hnojení prostokořenných sazenic lesních dřevin, který je založený na uplatnění nových typů granulovaných směsných NKMg-hnojiv, navržených v rámci projektu TAČR „*Hnojiva pro lesní hospodářství*“ (TH02030785). Inovativní aplikační postupy pro efektivní využití nových hnojiv v hospodářské praxi jsou rovněž příspěvkem k ekologizaci výrobních postupů při pěstování prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin v lesních školkách.

4. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika je určena pro tuzemské pěstitele prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Některá všeobecná doporučení metodiky, popisující modelové aplikace a řešení soustavy hnojení v lesních školkách, mohou být ve školkařské praxi využita přímo. Cílená doporučení, popisující odzkoušenou soustavu hnojení s využitím nových typů granulovaných směsných NKMg-hnojiv, ovšem vychází z předpokladu, že školkařské provozovny budou od výrobce hnojiv (LOVOCHEMIE, a. s. Lovosice) nově zaváděná hnojiva odebírat a používat v rámci tradičních technologií pěstování prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Postupy pro užití nových hnojiv jsou zpracovány s ohledem na ekologizaci výrobních postupů v lesních školkách a se zřetelem na požadavek snižování ekonomických nákladů při hnojení semenáčků a sazenic lesních dřevin. Uplatnění doporučených postupů hnojení SMLD závisí i na pobídkách pro zabezpečování dobrého zemědělského a environmentálního stavu v rámci dlouhodobě udržitelných systémů hospodaření na půdách lesních školek.

Publikační uplatnění certifikovaná metodika nalezne na webových stránkách řešitelských pracovišť. Zde bude zájemcům všeobecně dostupná v elektronickém formátu.

5. Ekonomické aspekty

S rozšířením sortimentu granulovaných směsných hnojiv pro pěstování prostokořenného sadebního materiálu lesních dřevin může potenciálně vyplynout i druhotný ekonomický přínos realizovaného experimentálního výzkumu pro výrobce hnojiv. Navrhované hnojivo i doporučené systémy výživy budou přínosem nejen pro lesní školkařství, ale pro podobnost mohou uplatnění nalézt i v segmentu ovocnářství a okrasného školkařství. Rozšíření výroby sortimentu hnojiv je pak faktorem pro zlepšení konkurenceschopnosti chemického průmyslu.

Po zavedení navržených směsných MKMg-hnojiv do výroby existuje předpoklad nižší ceny ve srovnání se standardními granulovanými NPK-hnojivy s vysokým obsahem fosforu. Potom by pro potenciálního koncového uživatele (školkařský provoz) úspora nákladů na hnojení představovala až několik tisíc Kč/ha/rok. Výměra produkčních ploch pro pěstování prostokořenného SMLD se v ČR (dle údajů roku 2018) pohybuje kolem 1 500 ha. Roční souhrnný ekonomický přínos pro pěstitele prostokořenného sadebního materiál lesních dřevin by tak mohl být kvantifikován až v jednotkách milionů Kč, resp. do 10 mil. Kč/rok.

Volba ekologicky „přátelštějších“ komponent u nových typů NKMg-hnojiv zohledňuje požadavek snížení environmentální zátěže při hnojení půd a rostlinné produkce. Tento aspekt (dopad na složky životního prostředí) může být penězi v určitých ohledech nevyčíslitelný.

6. Seznam použité související literatury

BAIER J. 1979. Soustava hnojení polních plodin. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 289 s.

ČERMÁK P., DVORSKÝ J., KLÍR J., KUNZOVÁ E., ROZSYPAL R., HEJÁTKOVÁ K. 2007. Bilance živin v ekologicky hospodařícím podniku. [Metodická pomůcka]. 1. vydání. Náměšť nad Oslavou, ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura: 43 s.

DUŠEK V., KOTYZA F. a kol. 1970. Moderní lesní školkařství. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 480 s.

DUŠEK V., NÁROVEC V. 1991. Jsou kultury „zeleného hnojení“ aktuální i v soudobém lesním školkařství? *Lesnická práce*, 70 (2–3): 60–63.

ERHART E., HARTL W. 2008. Využití kompostu v ekologickém zemědělství. 1. vydání. Náměšť nad Oslavou, ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura: 24 s.

FOLTÁNEK V. 2016. Lesní školkařství v České republice – od historie k současnosti. 1. vydání. Praha, Národní zemědělské muzeum: 155 s.

INDRA P., ŘEZÁČ J. 2001. Nová norma pro sadební materiál u Lesů České republiky, s. p. *Lesnická práce*, 80 (4): 156–157.

JURÁSEK A. a kol., LOKVENC T., MAUER O. 1998. ČSN 48 2115. Sadební materiál lesních dřevin. Česká technická norma. Praha, Český normalizační institut: 17 [20] s.

KOLÁŘ L. 1992. Agrochemické vlastnosti půd. In: Tesař S., Vaněk V. a kol. (eds.): *Výživa rostlin a hnojení*. [Studijní texty]. 1. vydání. Praha, Vysoká škola zemědělská v Praze: 23–41.

KOTYZA F. 1963. Rozbor celkové situace školkařského provozu a perspektiva jeho dalšího vývoje. In: Kotyza F. et al. (eds.): *Nové směry ve školkařském provozu*. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 7–32.

KOTYZA F. 1970. Základní kritéria pro posuzování nejvhodnějších podmínek pro zakládání školek. In: Dušek V., Kotyza F. a kol. (eds.): *Moderní lesní školkařství*. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 92–95.

LASÁK O. 2011. Sazenice prodáváme v jamce. Systém pěstování sazenic technologií BCC a filozofie LESCUS Cetkovice. *Lesnická práce*, 90 (6): 424–425.

LEDINSKÝ J. 1987. Hnojení sazenic v lesních školkách průmyslovými hnojivy. 1. vydání. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 10 s. – Bulletin technicko-ekonomických informací TEI, série Pěstování, č. 2/87.

LUBOJACKÝ J. 2018. Kůrovcová kalamita na severovýchodě Česka. In: Knížek M. (ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2017/2018 – Kůrovcová kalamita a možnosti řešení*. Sborník referátů z celostátního semináře. Průhonice, 19. 4. 2018. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 51–55. – Zpravodaj ochrany lesa, Svazek 21/2018.

MARTINEC P., NÁROVCOVÁ J., NĚMEC P. (eds.) 2019. *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. IV. Optimalizace morfologické kvality sadebního materiálu lesních dřevin*. Elektronická verze sborníku z celostátního semináře. Buchlovice, 21. 5. 2019. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 92 s. – ISBN 978-80-906781-4-9. In: *Vulhmop.cz* [online]. 27. 5. 2019 [cit. 13-10-2020]. Elektronická verze sborníku je dostupná na World Wide Web: http://vulhm.opocno.cz/download/sbornik_buchlov_2019_web.pdf

MATULA, J. 2007. Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF. Metodika pro praxi. 1 vydání. Praha-Ruzyně, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 52 s.

MATULA, J. 2012. Inovace metod kontroly výživného stavu zemědělských půd fosforem z konsensu produkčního a environmentálního aspektu šetrného využívání přírodních zdrojů. Metodika pro praxi. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby: 51 s.

MAUER O. 2012. Pěstování sadebního materiálu na stres. In: John J. & Foltánek V. (eds.): *Aktuální problematika lesního školkařství České republiky v r. 2012*. Sborník referátů. Kutná Hora, 27. a 28. listopadu 2012. Brno, Tribun EU: 51–66.

MAUER O. 2018. Zalesňovat, nebo ponechat sukcesi? *Lesnická práce*, 97 (11): 824–826.

MAUER O., MAUEROVÁ P. 2011. Půdy v lesních školkách a jejich vliv na kvalitu produkce sadebního materiálu lesních dřevin. In: Foltánek V. (ed.): *Péče o půdu v lesních školkách*. Sborník referátů. Česká Skalice, 6. září 2011. Brno, Tribun EU: 22–32.

MEHLICH A. 1984. Mehlich-3 soil test extractant – a modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1984, Vol. 15: 1409–1416.

MZE 2016a. Strategie resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030. (Č. j.: 66699/2015-MZE-10051). 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 136 s.

MZE 2016b. Akční plán ČR pro rozvoj ekologického zemědělství v letech 2016-2020. In: *Eagri.cz* [online]. Citováno 06-10-2020. Dostupné na World Wide Web: http://eagri.cz/public/web/file/220661/Akni_plan_CR_pro_rozvoj_EZ_Czech_Action_Plan_for_Development_of_OF.pdf

MZE 2019. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství: 110 s.

MŽP 2017. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu 2017. 60 s. In: *Mzp.cz* [online]. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170116_NAP/\\$FILE/NAP_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170116_NAP/$FILE/NAP_material.pdf) [cit. 11-10-2020].

NÁROVEC V. 1995. Pokyny pro udržování produkční schopnosti půd v lesních školkách. [Realizační výstup etapy dílčího výzkumného úkolu]. Opocno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 36 s.

NÁROVEC V. 2003. O půdách v lesních školkách. Půdní podmínky v lesních školkách, jejich kontrola a vyhodnocování výsledků půdních rozborů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 27 s.

NÁROVEC V. 2006. Úrodnost půd ve vybraných lesních školkách. In: Foltánek V. (ed.): *Aktuální problematika lesního školkařství České republiky v roce 2006*. Sborník referátů. Třebíč, 7. – 8. 12. 2006. Brno, Sdružení lesních školkařů České republiky: 41–48.

NÁROVEC V. 2016a. Najde tuzemské lesní školkařství na prahu nových výzev cestu k tomu být nadále moderní? In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. I. Vybrané problémy lesního semenářství a školkařství*. Sborník příspěvků. Třeboň-Vlčí luka, 22. 6. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR 2016a: 5–8.

NERAD J., ČERMÁK P., HERMANOVÁ D., CHVÁTAL V., KRÁLOVEC J., TRÁVNÍK K. 1996. Hnojení plodin (metodika). 1. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 17 s.

NĚMEC P. 2015. Kvantifikace udržitelnosti půdní úrodnosti pomocí metod termodynamické a informační teorie. [Studie]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 54 s.

PELIKÁN J., MACHÁČ R., KNOTOVÁ D., RAAB S. 2013. Metodika pěstování vybraných meziplodin na semeno v podmínkách ekologického zemědělství. Uplatněná certifikovaná metodika. 1. vydání. Troubsko, Zemědělský výzkum: 40 s.

PEŘINA V. 1963. ON 48 2351 Hnojení v lesních školkách. Oborová norma. [Schválena 3. 9. 1963. Účinnost od 1. 3. 1964]. Praha, Úřad pro normalizaci a měření 1963: 16 s.

PEŘINA V., MATERNA J. 1970. Výživa a hnojení semenáčků a sazenic. In: Dušek V., Kotyza F. a kol. (eds.): *Moderní lesní školkařství*. 1. vydání. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 322–356.

REJŠEK K., VÁCHA R. 2018. Nauka o půdě. 1. vydání. Olomouc, Agriprint: 527 s.

RICHTER R. 1994. Agrochemické vlastnosti půdy a výživa rostlin. In: Richter R. a Hlušek J. (eds.): *Výživa a hnojení rostlin. I. obecná část*. [Učební texty]. 1. vydání. Brno, Vysoká škola zemědělská v Brně: 74–113.

ROZSYPAL R. 2004. Meziplodiny a zelené hnojení. 1. vydání. Náměšť nad Oslavou, Spolek poradců v ekologickém zemědělství: 4 s. – Metodické listy č. 3.

SMATANOVÁ M. 2016. Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení zemědělských půd v České republice v období 2017 až 2022. [Metodický pokyn č. 9/SZV; Č j.: 9/SZV/3vyd]. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.

TÉRA J. 2014. Vývoj lesního školkařství a jeho význam pro současné lesní hospodářství. Diplomová práce. [Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.]. Praha, Katedra pěstování lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze: 72 s.

TOMAN M. 2019. Úvodní slovo. In: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství: s. 3.

TRÁVNÍK K. a kol. 2012. Metodický návod pro hnojení plodin. 5. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 26 s.

ÚHÚL 2018 [11 autorů]. Generel obnovy lesních porostů po kalamitě. Etapa I. [Sestavili (eds.) Křístek Š., Turek K., Friedrichová H., Žárník M., Strejček R., Lukeš P., Sojka P., Tomeček P., Němejcová N., Kantorová M., Mlčoušek M.]. 1. vydání. Brandýs nad Labem [pobočka Frýdek-Místek], Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 50 s.

ÚHÚL 2019 [26 autorů]. Generel obnovy lesních porostů po kalamitě. Etapa II. [Sestavili (eds.) Křístek Š., Turek K., Žárník M., Friedrichová H., Strejček R., Lukeš P., Hájek F., Novák J., Veselý M., Leugner J., Sojka P., Březovjak Š., Soušek Z., Hubený J., Mahdal J., Stanovský J., Klásek R., Tomeček P., Němejcová N., Kantorová M., Mlčoušek M., Synek M., Zouhar V., Pospíšil M., Pacourek P., Kubišta J.]. 1. vydání. Brandýs nad Labem [pobočka Frýdek-Místek], Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 55 s.

ÚHÚL 2020 [16 autorů]. Generel obnovy lesních porostů po kalamitě. Etapa III. [Sestavili (eds.) Mlčoušek M., Křístek Š., Turek K., Apltauer J., Novák J., Leugner J., Zouhar V., Válek M., Pařízková A., Žárník M., Soušek Z., Hájek F., Kantorová M., Smejkal J., Bartoň R., Taubr K.]. 1. vydání. Brandýs nad Labem [pobočka Frýdek-Místek], Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 76 s., Příl. 1: 28 s., Příl. 2: 13 s.

ÚŘAD VLÁDY ČR 2017. Strategický rámec Česká republika 2030. 1. vydání. Praha, Úřad vlády České republiky: 396 s. – ISBN 978-80-7440-188-6 (on-line). Dostupné na World Wide Web: <http://www.cr2030.cz> [citováno 11-02-2020].

VALTERA J. 2012a. Půdní substráty, komposty, zeminy, hydroponní roztoky. In: Foltánek V. (ed.): *Inovace kvalifikačních znalostí v oboru lesního školkařství 2012*. Soubor tematických přednášek pro technické pracovníky v lesním školkařství. Brno, Institut celoživotního vzdělávání Mendelovy univerzity v Brně: 214–220.

VALTERA J. 2012b. Hnojiva, stimulanty, inhibitory. In: Foltánek V. (ed.): *Inovace kvalifikačních znalostí v oboru lesního školkařství 2012*. Soubor tematických přednášek pro technické pracovníky v lesním školkařství. Brno, Institut celoživotního vzdělávání Mendelovy univerzity v Brně: 221–228.

VANĚK V., BALÍK J., ČERNÝ J., PAVLÍK M., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P., VALTERA J. 2012. Výživa zahradních rostlin. 1. vydání. Praha, Nakladatelství Academia: 568 s.

VAVŘÍČEK D., KUČERA A. 2017. Základy lesnického půdoznalství a výživy lesních dřevin. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: 353 s.

VOPRAVIL J. a kol. 2010. Půda a její hodnocení v ČR. [Díl I.]. 2. vydání. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy: 148 s.

ZBÍRAL J., ČIŽMÁROVÁ E., OBDRŽÁLKOVÁ E., RYCHLÝ M., VILAMOVÁ V., SRNKOVÁ J., ŽALMANOVÁ A. 2016. Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – Analýza půd I. 4. vydání. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský: 5 s. In: *Eagri.cz* [online]. Dostupné na World Wide Web: http://eagri.cz/public/web/file/218716/Obsah_JPP_AP_I_2016.pdf [citováno 13-10-2020].

7. Seznam publikací, které předcházely metodice (z období od roku 2014)

MARTINŮ V., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ M., BALÁŠ M., MACHOVIČ I., BURDA P. 2016. Speciální dlouhodobě působící hnojivo s humitanem draselným pro využití v lesním hospodářství. Užitený vzor č. CZ 30138. Zapsáno 13. 12. 2016. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví. (Výstup za TA04021671)

NÁROVCOVÁ J., KUNEŠ I., NÁROVEC V., NOVOTNÝ R. 2018. Ověření změny obsahu živin v sazenicích po výsadbě po přihnojení pomalu rozpustnými hnojivy včetně zachycení růstové reakce do dvou let po výsadbě. [Periodická zpráva zhotovitele č. 2018-01-P pro průběžné oponentní řízení projektu Grantové služby Lesů České republiky]. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 31 s. [32 s.] (Výstup za GS-LČR-085)

NÁROVCOVÁ J., KUNEŠ I., NÁROVEC V., NOVOTNÝ R. 2019. Ověření změny obsahu živin v sazenicích po výsadbě po přihnojení pomalu rozpustnými hnojivy včetně zachycení růstové reakce do dvou let po výsadbě. [Technická zpráva zhotovitele za rok 2019 pro průběžné oponentní řízení projektového zadání č. 085 u Grantové služby Lesů České republiky]. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 33 s. (Výstup za GS-LČR-085)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. 2016. Zjišťování parametrů půdní úrodnosti v lesním školkařství České republiky. In: Sušková M. (ed.): *Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2016*. Zborník príspevkov. Liptovský Ján, 22. a 23. júna 2016. Snina, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky 2016: [nestr.]. (Výstup za TA04021467)

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., NĚMEC P. 2016. Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikovaná metodika. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 60 s. – Lesnický průvodce 7/2016. (Výstup za TA04021467)

NÁROVCOVÁ J., NĚMEC P. 2017. Kultury zeleného hnojení v soustavách hospodaření na půdách lesních školek. In: Martinec P. (ed.): *Hospodaření s půdou ve školkařských provozech*. Sborník příspěvků. Třebíč a Čikov, 14. a 15. června 2017. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 41–48. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2016a. Najde tuzemské lesní školkařství na prahu nových výzev cestu k tomu být nadále moderní? In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. I. Vybrané problémy lesního semenářství a školkařství*. Sborník příspěvků. Třeboň-Vlčí luka, 22. 6. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR 2016a: 5–8. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2016b. Jakým směrem se v tuzemském lesním školkařství bude ubírat smluvní pěstitelství? In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách*. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. září 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR 2016b: 5–10. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2016c. Prověřování kvality zdroje závlahové vody v lesních školkách. In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. I. Vybrané problémy lesního semenářství a školkařství*. Sborník příspěvků. Třeboň-Vlčí luka, 22. 6. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 54–59. (Výstup za TA02020335)

NÁROVEC V. 2016d. Doporučení pro výběr půd k pěstování prostokořenných poloostrodků a odrostků nové generace v lesních školkách. In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách*. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 37–42. (Výstup za QJ1220331)

NÁROVEC V. 2016e. Využívání agrochemické půdní kontroly v lesním školkařství České republiky. In: Martinec P. (ed.): *Moderní školkařské technologie a jejich využití v lesnictví. II. Intenzifikační opatření v lesních školkách*. Sborník příspěvků. Řečany nad Labem, 6. 9. 2016. Tečovice, Sdružení lesních školkařů ČR: 43–50. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V. 2017. Východiska pro návrhy soustav hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 80 s. (Výstup za TA04021467)

NÁROVEC V., NĚMEC P., NÁROVCOVÁ J. 2017. Metodická doporučení pro diagnostiku půd v lesních školkách. 1. vydání. Certifikovaná metodika. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice 2017. 28 s. (Výstup za TA04021467)
In: *Vulhmop.cz* [online]. [citováno 13. října 2020]. Dostupné na World Wide Web: http://www.vulhmop.cz/download/metodiky/kontrola_pud_2017_07.pdf

NÁROVEC V., JURÁSEK A., LEUGNER J., NÁROVCOVÁ J., MARTINCOVÁ J., ERBANOVÁ E. 2015. Sadební materiál lesních dřevin. In: Šrámek V., Balcar V., Buriánek V. et al. (eds.): *Aktualizace studie „Lesnické hospodaření v Krušných horách“*. [Návrh směrnic lesnického hospodaření pro přírodní lesní oblast 01 – Krušné hory]. 1. vydání. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 131–152. (Výstup za MZE-RO0115)

ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., FIALA P., NEUDERTO VÁ-HELLEBRANDOVÁ K., REININGER D., SAMEK T., ČIHÁK T., FADRHO NSOVÁ V. 2014. Vápnění lesů v České republice. 1. vydání. Praha, Ministerstvo zemědělství: 91 s. (Výstup za ústavní výzkumný projekt MZE-RO0114)

ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B., FADRHO NSOVÁ V. 2014. Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd. In: Novák J. et Dušek D. (eds.): *Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy*. Sborník přednášek odborného semináře. Budišov nad Budišovkou, 14. října 2014. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice: 16–19. (Výstup za ústavní výzkumný projekt MZE-RO0114 a za QI112A168)

* * *

8. 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.

Seznam použitých zkratk

angl.	anglicky
a. s.	akciová společnost
ATP	adenosintrifosfát
AZZP	agrochemické zkoušení zemědělských půd
cf.	lat. <i>confer</i> (ve významu <i>srovnej</i>)
cit.	citováno
Č. j. (též č.j.)	číslo jednací
č. ž.	čisté živiny
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma (dříve označení pro československé státní normy)
EC	elektrická (konduktometrická) vodivost vodního výluhu (konduktivita)
ed. (eds.)	editor (sestavovatel/é sborníku)
et al.	lat. <i>et alii</i> , odpovídající českému „a jiní“
EZ	ekologické zemědělství
GSH	granulární směsných hnojiv (Městec Králové)
GS LČR	Grantová služba Lesů České republiky
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (zkratka z řeckého <i>isos</i> - ἴσος)
chem. ekv.	chemický ekvivalent
kol.	kolektiv
KSM	krytokořenný sadební materiál
KVK	kationtová výměnná kapacita
lat.	latinsky
LČR	Lesy České republiky (státní podnik)
LH	lesní hospodářství
LV	ledek vápenatý
MZe	Ministerstvo zemědělství
nestr.	bez paginace (nestránkováno)
ON	oborová norma
PSM	prostokořenný sadební materiál
SMLD	sadební materiál lesních dřevin
s. p.	státní podnik
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
TAČR	Technologická agentura České republiky
TEI	technicko-ekonomická informace
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
URL	angl. <i>Uniform Resource Locator</i> (ve významu <i>jednotná adresa zdroje</i>)
VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví
VÚLHM	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
v. v. i.	veřejná výzkumná instituce
ZH	zelené hnojení (tj. zaorávání zelených rostlin do půdy)
zkr.	zkratka
