



sklář a keramik

Odborný časopis pro průmysl skla, keramiky a bižuterie



TRADITIONAL
CZECH GLASS

SKELNÉ HNOJIVO

Skelné hnojivo je ideální pro stromy, keře a okrasné rostliny na špatně dostupných místech, pro rostliny v interiéru i exteriéru, které jsou v nádobách nebo uzavřených blocích.



PRECIOSA

PRECIOSA-ORNELA.COM

Výroba a hodnocení dlouhodobých fosforečnodraselných hnojiv na bázi fosfátových skel

STUDIE

Production and Evaluation of Slow Released Phosphate-Potassium Fertilizers Based on Phosphate Glasses

Martin Dubský¹, Hana Šimová¹, Václav Kulas², Dušan Krupka², Petr Máslo²

¹Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v.v.i., Květnové náměstí 391, Průhonice 252 43, dubsky@vukoz.cz

²Preciosa Ornela a.s., Zásada 317, 468 25

Dlouhodobá fosforečnodraselná hnojiva na bázi fosfátových skel byla připravena ve firmě PRECIOSA ORNELA, a.s. Fosfátová skla mají vysoký obsah fosforu a draslíku. Vzhledem k použité technologii výroby se jedná o pomalu rozpustné sloučeniny (v půdě začínají působit již při teplotě nad 8 °C), které mají v půdě nebo pěstebních substrátech dlouhodobý účinek, dvě až tři vegetační období. Pro hodnocení dlouhodobého působení hnojiva s obsahem 49 % P₂O₅ (21,6 % P) a 21 % K₂O (17,4 % K) – hmotnostní procenta – ve dvou zrnitostních frakcích 0–2 a 2–4 mm byl použit dvouletý nádobový lyzimetrický pokus s pěstováním borovice lesní. V lyzimetrických vodách byl stanoven obsah hlavních živin (N-NH₄, N-NO₃, P, K, Mg a Ca) a byla vypočítána ztráta živin dodaných hnojivou proplavením za jednotlivá vegetační období. U skelných hnojiv byla modelově použita vysoká dávka 6 g na litr zeminy. Výsledky byly pozitivní při hodnocení růstu sazenic i v množství vyplavených živin. Za dvě vegetační období se proplavilo 0,3 % dodaného fosforu, 4,4–9,3 % dodaného draslíku a 0,3–0,7 % dodaného hořčíku (nižší hodnoty byly u frakce 2–4 mm). Výsledky hodnocení využije firma PRECIOSA ORNELA, a.s. pro optimalizaci výroby hnojiv na bázi fosfátových skel a při hodnocení inovovaných výrobků.

Slow released phosphorus-potassium fertilizers based on phosphate glasses were prepared by PRECIOSA ORNELA, a.s. Phosphate glasses are rich in phosphorus and potassium. Due to the production technology used, these are slowly soluble compounds (they start to act in the soil at temperatures above 8 °C), which have a long-term effect in the soil or growing substrates, two to three growing seasons. A two-year container lysimetric experiment with the cultivation of Scots pine was used to evaluate the long-term effect of fertilizer containing 49 % P₂O₅ (21.6 % P) and 21 % K₂O (17.4 % K) in two grain size fractions 0–2 and 2–4 mm. The content of the main nutrients (N-NH₄, N-NO₃, P, K, Mg and Ca) was determined in lysimetric waters and the loss of nutrients added by fertilizers by washing through for each growing season was calculated. For glass fertilizers, a high dose of 6 g per litre of soil was used as a model. The results were positive in terms of growth of the plants and the amount of nutrients leached out. In two growing seasons, 0.3% of the used phosphorus, 4.4–9.3% of the used potassium and 0.3–0.7% of the used magnesium were washed through (lower values were for the 2–4 mm fraction). The verified technology was carried out at VÚKOZ v.v.i. and the results of the evaluation will be used by PRECIOSA ORNELA, a.s. to optimize the production of fertilizers based on phosphate glass and for any further evaluation of innovated products.

Úvod

Skelná hnojiva jsou dlouhodobě působící fosforečnodraselná hnojiva, která vedle fosforu a draslíku obsahují i další živiny ve formě fosfátových skel. Ve skelném hnojivu mohou být zakomponovány hlavní i stopové živiny pro rostliny, vyjma dusíku. Výsledkem technologie výroby skelných hnojiv v tavíci pánvi je pomalu působící hnojivo, které obsahuje pomalu rozpustné sloučeniny s regulací procesu rozpouštění v půdě podle teploty půdy,

tedy podle ročního období. Hnojivo začíná působit při teplotě půdy nad 8°C. Dlouhodobé hnojivo na bázi fosfátových skel je vhodné k zásobnímu hnojení všech druhů rostlin s předpokládaným účinkem na 2–3 vegetační období. Nízká nebo kontrolovaná rozpustnost zabraňuje znečištění podzemních vod.^[1]

Výhodou fosfátových skel je, že oxid fosforečný (P₂O₅) i oxid draselný (K₂O) jsou součástí skelných systémů i zdro-

jem živin pro rostliny. Součástí skelných systémů při výrobě jsou i další oxidy CaO-SiO₂-MgO a poměry použitých oxidů ovlivňují výsledné vlastnosti skelných hnojiv. Ve skelném hnojivu nejsou přítomné žádné kyselé anionty (Cl, SO₂), tato hnojiva mají hodnotu pH 8,0–8,5. Klasická fosfátová skla mají vysoký obsah fosforu (42–59 % P₂O₅, 18–26 % P) ve srovnání s dalšími živinami, především s draslíkem (26–32 % K₂O, 21–27 % K). Poměr fosforu

a draslíku u těchto fosfátových skel je P: K = 1,2–1,3. Kromě draslíku obsahují i hořčík (8–17 % MgO, 5–10 % Mg). Obsahy živin v hnojivech a výsledky analýz jsou v článku uváděny v % hm. Skelné hnojivo uvolňuje živiny velmi pomalu, a to díky tomu že obtížně absorbuje půdní vlhkost a nedochází k jeho vymývání.^[2] Rozpustnost hnojiva ve vodě lze ovlivnit změnou složení skelné mřížky.^[3, 4] V případě skelného hnojiva K₂O-CaO-P₂O₅ je rychlost rozpouštění výrazně ovlivněna poměrem K₂O/P₂O₅.^[1]

V rámci vývoje skelných hnojiv, na kterém firma Preciosa Ornela, a.s. spolupracovala s Výzkumným ústavem Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v.v.i. (VÚKOZ), se podařilo připravit dva typy skelných hnojiv. Klasické hnojivo PK 48–21 s obsahem 49 % P₂O₅ (21,6 % P), 21 % K₂O (17,4 % K) a 9 % MgO (5,5 % Mg) s poměrem P: K = 1,2–1,3. Toto hnojivo bylo vyrobeno pouze v laboratorních množstvích (okolo 10 kg) a následně bylo zařazeno do lyzimetrického vegetačního pokusu.

Laboratorně i v poloprovozních podmínkách bylo vyrobeno i skelné hnojivo PK 14–31, s obsahem 14 % P₂O₅ (6,2 % P), 31 % K₂O (25,7 % K) a 19 % CaO (14 % Ca). Oba typy hnojiv velice rychle krystalují pod teplotou 1 100 °C a v klasickém skleném stavu se vyrobit nedají. Jedná se tedy o skelně krystalický materiál, který byl předmětem laboratorních testů a analýz. Laboratorní rozbor skelných hnojiv PK hnojiva 48–21 a 14–31 jsou uvedeny v **Tab. 2**.

Skelné hnojivo PK 14–31 má optimální poměr fosforu a draslíku, který odpovídá požadavkům rostlin. Tento typ skelného hnojiva je specifický zvýšeným obsahem draslíku, poměr P: K = 0,24, což umožňuje optimální zásobní hnojení fosforem a draslíkem, bez potřeby doplňkové aplikace draslíku. Vedle fosforu a draslíku obsahuje zvýšený obsah vápníku, dále hořčík a síru a stopové živiny (železo, mangan, měď, molybden) ve formě sklovitých sloučenin. Tento typ hnojiva byl zaregistrován a certifikován u ÚKZÚZ jako materiál, který splňuje požadavky na hnojivo.

Skelná hnojiva PK 48–21 a PK 14–31 jsou vzhledem ke svému zásobnímu charakteru určena především pro hnojení dlouhodobých výsad v městském prostředí – extenzivní a intenzivní zelené střechy, trvalkové záhony, mobilní zeleň a alejové stromy a pro předpěstování dřevin v kontejnerech, kdy se zásobní

dávka živin využije při předpěstování v nádobách i po výsadbě na stanoviště. Dávce a složení hnojiva je nutné přizpůsobit celkový systém hnojení, základní hnojení a přihnojování dusíkem a zajištění optimálního poměru základních živin P, K a Mg, případně i Ca v půdě nebo pěstební směsi.

Živiny z běžného hnojiva jsou využity rostlinami z 35–40 %, živiny ze skelného hnojiva jsou využitelné efektivněji a chrání tak půdu a spodní vody od znečištění. Živiny ve formě skelného hnojiva se mohou dávkovat v dvakrát nižším množství než v případě rozpustného hnojiva při zachování požadovaného efektu. Skelná hnojiva lze používat jak samostatně, tak i společně s běžnými hnojivy.^[2] Doporučuje se jejich použití i v rámci rekultivací, např. po těžbě uhlí, kde se běžná hnojiva velmi rychle vyplavují. Skelná hnojiva podporují i mikrobiologickou a biologickou aktivitu v poškozených agrobiologických systémech.^[5]

Při plošné aplikaci se doporučuje dávka 20 g/m², kterou se dodá množství živin potřebné na jedno vegetační období. Pro zásobní hnojení na více vegetačních období se používají zvýšené dávky 45–60 g/m², případně i dávky vyšší. Při přípravě pěstebních substrátů se mohou používat zvýšené zásobní dávky. Pro jedno vegetační období postačuje dávka 1,5 g/l (g na litr pěstební směsi), kterou se dodá odpovídající množství živin. Pro zásobní hnojení na více vegetačních období se doporučuje dávka 3 g na litr, případně i dávka zvýšená (4,5 g/l). U vyšších dávek je vhodné použít hnojivo se zrnitostní frakcí 2–5 mm, která zvyšuje dlouhodobý účinek živin.^[6]

Laboratorní hodnocení skelných hnojiv

Modelové vzorky skelných hnojiv PK 48–21 a PK 14–32 byly průběžně hodnoceny v Analytické laboratoři firmy PRECIOSA, a.s. (Zkušební laboratoř č. 1455 akreditovaná ČIA dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018).

Se vzorky skelných hnojiv byly provedeny vyluhové testy, tzv. Holdenova zkouška (metoda z knihy^[7]). Vzorky byly nadrceny a k testu byla použita frakce 71–45 μm (0,074–0,044 mm). Vzorky byly louhovány za stálého míchání 16 hodin v roztoku octanu amoného (CH₃COONH₄) o koncentraci 0,44 mol/l při hodnotě pH 4. Na 0,1 g

Tab. 1 – Kritéria hodnocení Holdenovy zkoušky

Podíl rozpuštěných minerálních živin	Délka účinnosti hnojiva
85 %	4 měsíce
50–60 %	6–9 měsíců
30 %	několik let

vzorku bylo použito 25 ml roztoku. Po vylouhování byly vzorky zfiltrány, filtrační koláč byl vyžhán při 550 °C a byl zvážen nerozpuštěný zbytek hnojiva. Filtrát byl změřen spektrometrickou metodou ICP (SPP 020, norma ČSN EN ISO 11 885)^[8], výsledky byly vztaženy na celkovou navážku vzorku. Podle podílu uvolněných, rozpuštěných minerálních živin se dá stanovit předpokládaná účinnost skelného hnojiva (**Tab. 1**).

Dále byl stanoven obsah celkových živin na rentgenovém spektrometru (RTG) a následně byl vypočítán podíl rozpustné živiny (Holdenova zkouška) na celkovém obsahu. V **Tab. 2** jsou uvedeny příklady rozborů modelových skelných hnojiv PK 48–21 a PK 14–32. Uvedené hnojivo PK 48–21 bylo zařazeno do vegetačního pokusu. Hnojivo AVA3 je kontrolní zahraniční hnojivo s deklarovanou účinností tři roky. Obsah fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku je u hodnocených hnojiv uveden v procentech hmotnostních jak v oxidech, tak v prvcích. V dalším hodnocení hnojiv (např. dávky jednotlivých živin) a lyzimetrických vod jsou obsahy těchto živin uváděny, dle zásad výživy rostlin, výhradně v prvcích.

Dva modelové vzorky skelného hnojiva PK 14–32 (frakce 0–2 a 0–5 mm) byly v rámci registrace hnojiva hodnoceny v akreditované laboratoři ÚKZÚZ. Z hlavních živin byly stanoveny fosfor celkový a rozpustný v citronanu a draslík celkový a rozpustný ve vodě.^[9]

V kontrolním hnojivu AVA se podíl rozpuštěných živin stanovený Holdenovou zkouškou pohyboval v rozmezí 45–49 %. Tato hodnota naznačuje účinnost přes jeden rok. Podíl rozpustného fosforu a draslíku na celkovém obsahu dané živiny byl 28–35 %, resp. 31–44 %. Účinnost hnojiva po aplikaci je ovlivněna i velikostí zrn, u hodnoceného vzorku s frakcí 2–5 mm byla účinnost deklarována na 3 roky.

U vzorků skelných hnojiv PK 49–21 se podíl rozpuštěných živin stanovený Holdenovou zkouškou pohyboval v rozmezí 36–39 %. Tato hodnota naznačuje víceletou účinnost. Podíl rozpustného fosforu

Tab. 2 – Hodnocení skelných hnojiv Holdenovou zkouškou (Holden., N – nerozpuštěný, R – rozpuštěný podíl), stanovení celkových živin a křemíku (SiO₂) na rentgenovém spektrometru (RTG) a hodnocení hnojiva PK 14-31 metodami ÚKZÚZ

Vzorek	Metoda	N	R	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	MgO	Mg	CaO	Ca	SiO ₂
		% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.
AVA3	Holden	55,4	44,6	16,9	7,4	9,4	7,8	3,6	2,2	3,8	2,7	
	RTG			47,9	21,1	21,4	17,7	9,9	5,9	13,9	9,8	1,61
	Holden/RTG			35,3		44,0		36,5		27,4		
PK 49-21	Holden	61	39	14,1	6,2	7,0	5,8	3,1	1,9	3,9	2,8	
Vz. 4318	RTG			48,8	21,5	21,2	17,6	9,0	5,4	12,9	9,1	2,6
	Holden/RTG			28,9		33,1		34,3		30,4		
PK 14-31	holden	50,4	49,6	0,9	0,4	15,7	13,0	0,5	0,3	2,4	1,7	
SKNH6c	celk			14,3	6,3	32,1	26,7	0,6	0,3	19,4	13,8	29,0
	podíl			6,3		48,9		95,3		12,4		
PK 14-31	rozp			4,2	1,8	23,8	19,8					
0-5	celk			13,6	6,0	30,3	25,1					
ÚKZÚZ	podíl			30,8		78,5						

a draslíku na celkovém obsahu dané živiny byl 29–30 %, resp. 33–48 %.

U vzorků hnojiv PK 14–31 se podíl rozpuštěných živin stanovený Holdenovou zkouškou pohyboval kolem hodnoty 49 %. Ta naznačuje účinnost minimálně jeden rok. Podíl rozpustného fosforu a draslíku na celkovém obsahu dané živiny byl 6–10 %, resp. 35–50 %, tedy podobný jako u kontrolního hnojiva AVA. U skelných hnojiv s vyšším podílem draslíku (systém K₂O-CaO-P₂O₅) se uvádí vyšší rychlost rozpouštění skelného hnojiva při vyšším poměru K₂O/P₂O₅. To se u hnojiva PK 14–31 projevilo vyšší rozpustností draslíku oproti PK 49–21.

Při hodnocení hnojiv PK 14–31 v rámci jejich registrace podle metodik ÚKZÚZ byly stanoveny obdobné hodnoty celkového P a K jako metodou RTG. Při hodnocení rozpustného fosforu v citronanu amonném a draslíku (rozpouš-

tění v horké vodě) byly stanoveny vyšší podíly rozpustných živin na celkových, 31–32 % u fosforu a 77–78 % u draslíku, oproti Holdenově zkoušce. Tyto rozdíly jsou dány použitím rozdílných laboratorních metod.

Metodika vegetačního pokusu

Cílem pokusu bylo navrhnout postupy pro hodnocení zásobního charakteru skelných hnojiv v pěstebních podmínkách. Pro hodnocení byl použit venkovní nádobový lyzimetrický pokus, ve kterém bylo dvě vegetační období hodnoceno vyluhování živin po aplikaci zvýšené dávky zásobních hnojiv na bázi fosfátových skel s různou zrnitostí frakcí.

Pro naplnění nádob byla použita lehká propustná písčítá půda z lesní školky Vlčí Luka se zrnitostním složením: jíl-

naté částice < 0,01 mm – 9,8 %, částice hrubý prach 0,01–0,05 mm – 7,9 %, jemný písek 0,05–0,25 mm – 22,7 % a hrubý písek 0,25–2,0 mm – 59,6 % (pipetovací metoda – ISO 11277)^[10] a polní vodní kapacitou 25,2 % obj., (ISO 11274:2019).^[11] Půda měla optimální vlastnosti pro pěstování lesních dřevin.^[12] Stanovené hydrofyzikální vlastnosti byly využity při optimalizaci závlivky.

Byly použity lyzimetrické nádoby o celkovém objemu 5,7 litru (průměr 19 cm, výška 20 cm) s perforovaným dnem, které umožňují sběr lyzimetrické vody (proplašku). Na dno nádoby byla vložena filtrační tkanina a nádoba s tkaninou byla zvážena. Poté byla nádoba naplněna 3,5 litry suché zeminy prosáté přes síto s oky 2 mm pro odstranění skeletu. Do každé nádoby byla 11. 5. 2021 vysazena dvouletá krytokořenná sazeň borovice lesní s objemem kořenového balu cca. 0,4 litru. Po výsadbě byla aplikována testovaná a kontrolní hnojiva na povrch půdy a půda byla nasycena na polní vodní kapacitu.

V každé variantě byly 2 nádoby (Obr. 1), které byly pravidelně váženy v intervalech 4–7 dní pro stanovení aktuálního obsahu vody v půdě. Rostliny byly na základě stanoveného (vypočítaného) obsahu vody v zemině zalévány tak, aby se vlhkost v zemině po závlivce pohybovala v rozmezí 15–25 % obj. a proplašek byl ovlivněn především srážkami. Při vážení byl sléván proplašek a byl změřen jeho objem. Průběžný objem propašky byl vyhodnocen 3× za vegetaci ve dvouměsíčních intervalech (květen–červen, červenec–srpen a září–říjen). Druhé vegetační hnojení a podzimní hnojení bylo



Obr. 1 – Borovice lesní v lyzimetrických nádobách 3 měsíce po výsadbě

Tab. 3 – Základní dávky hnojiv a dodané živiny vyjádřené v mg/l zeminy a v kg/ha, dusíkatá hnojiva aplikována 2x za vegetaci, KMg hnojivo aplikováno 1x za vegetaci, SP a fosfátová skla – jednorázová aplikace při založení pokusu

Hnojivo	Varianta	Dávka g/l	Dávka živiny v mg/l zeminy				Dávka g/m ²	Dávka živiny v kg/ha			
			N	P	K	Mg		N	P	K	Mg
NKMg	N	0,357	39,3		21,6	16,7	44	48,4		26,7	20,6
KMg	N	0,468			66,0	36,5	58			81,8	45,2
NKMg	VN	0,9	99,0		54,5	42,1	111	122,1		67,3	51,9
KMg	VN	0,9			127,0	70,2	111			157	87
SP	VN	0,8		63,4			99		78,4		
Fosfátové sklo	FSH/J	6,0		1294	1056	328	741		1589	1304	405
SA	FSH/J	0,185	38,9				23	48,3			

Tab. 4 – Schéma lyzimetrického pokusu, živiny dodané za jedno vegetační období, SP a skelná hnojiva – dávka na dvě vegetační období

Varianta	Aplikace hnojiva		Živina – mg/l zeminy			Aplikace hnojiva		Živina mg/l		
	Vegetace	g/l	N	K	Mg	Podzim	g/l	P	K	Mg
K	-	0				-	0			
N	NKMg	2×0,357	78,6	43,2	33,4	KMg	0,468		66,0	36,5
VN	NKMg	2×0,9	198	109	84,2	KMg	0,9		127,0	70,2
						SP	0,8	63,4		
FSJ/FSH	SA	2×0,185	77,8			FS	6	1294	1056	328

Tab. 5 – 2021–2022 – celková ztráta živiny v mg/l zeminy za dvě vegetační období (květen–říjen), suma živin dodaných hnojiv a podíl živiny v proplásku na sumě dodané hnojivem v procentech

Var.	Celková ztráta živiny v mg/l zeminy							Dodaná živina v mg/l zeminy				Vyplavená/dodaná živina			
	Suma N	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	Ca	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
K	28	6,0	22	1,39	41	30	74								
N	61	10	51	0,24	60	66	145	157		218	139	39,1		27,3	47,3
VN	179	94	85	0,68	140	120	188	396	63	472	309	45,2	1,07	29,7	39,0
FSH	53	7,4	45	4,93	87	31	75	156	1294	1056	328	34,0	0,38	8,2	9,5
FSJ	52	6,9	45	5,13	139	33	61	156	1294	1056	328	33,6	0,38	13,1	9,9

aplikováno po slití proplásku na počátku července, resp. počátku září.

Na konci prvního vegetačního období v listopadu 2021 byly rostliny zazimovány. Byla ukončena zálivka a byla odstraněna nádoba na jímání lyzimerické vody. Nádoby byly umístěny přímo na záhon a byla provedena zimní ochrana kořenového balu zakrytím bukovým listím. V druhém vegetačním období byla zálivka a pravidelné hodnocení rostlin zahájeno na počátku května 2022.

V proplásku za jednotlivé dvouměsíční úseky vegetace byly stanoveny hodnoty pH a EC a obsah přijatelných živin (dusík – N-NH₄, N-NO₃, fosfor, draslík, hořčík a vápník). Na základě objemu proplásku a stanoveného obsahu živin byla vypočítána ztráta jednotlivých živin v mg/nádobu za dílčí období a za celé vegetační období (květen–říjen). Dále byl vypočítán podíl živiny v proplásku na množství živiny dodané hnojivem za

jednotlivá vegetační období a za dvouletý vegetační pokus (2021–2022).

Stanovení obsahu přijatelných živin v proplásku bylo provedeno v agrochemické laboratoři VÚKOZ. Dusík v nitrátové a amonné formě a obsah přijatelného fosforu byly stanoveny spektrofotometricky, K a Ca plamenovou fotometrií. Obsah přijatelného Mg byl stanoven optickou emisní spektrometrií v externí laboratoři. Interní metody laboratoře VÚKOZ vycházejí z metody ČSN EN 13652^[13] pro stanovení přijatelných živin ve vodném výluhu. Přesný postup stanovení hlavních přijatelných živin – N, P a K je detailně popsán v certifikované metodice.^[14]

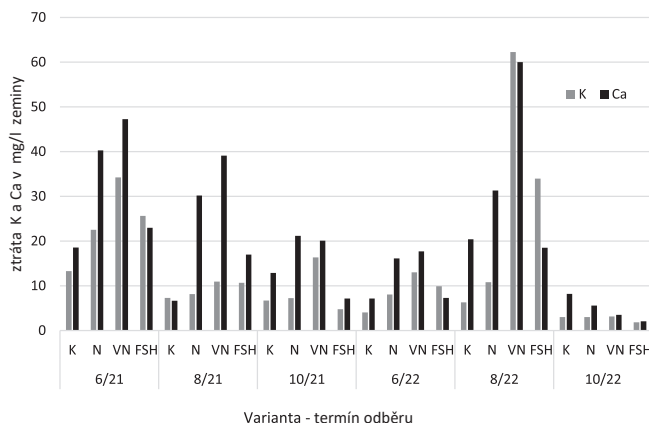
V rámci lyzimetrického pokusu bylo hodnoceno vyluhování živin po aplikaci zásobního skelného hnojiva na bázi fosfátových skel (dále zkratka FS) s různou zrnitostí (Tab. 3). Do pokusu byla použita dvě hnojiva PK 49–21, která byla připravena v rámci

jedné modelové tavby a měla stejná chemická složení. Tato hnojiva se lišila pouze nadrcením fosfátových skel na dvě zrnitostní frakce 2–3 mm (varianta FSH – hrubá frakce) a ≤ 1 mm (varianta FSJ – jemná frakce).

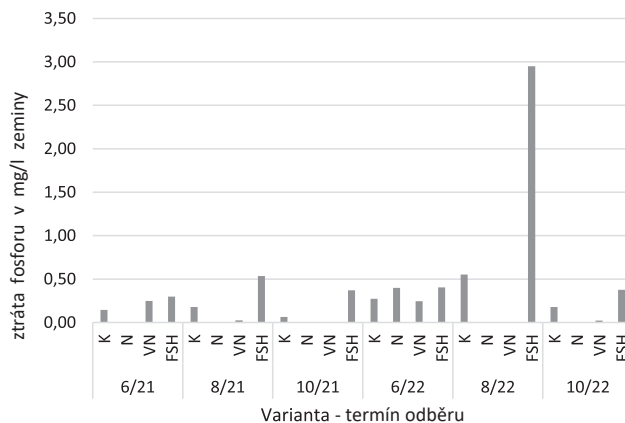
U dalších variant pokusu byla použita hnojiva, která jsou určena pro hnojení lesních školek. Hnojivo NKMg s obsahem 11 % N, 7,3 % K₂O (6,1 % K) je určeno pro přihnojování během vegetace, hnojivo KMg s obsahem 17 % K₂O (14,1 % K) a 13 % MgO (7,8 % Mg) pro podzimní aplikaci.

Přehled hnojiv a jejich dávky použité u jednotlivých variant jsou uvedeny v Tab. 3. Dávky živin jsou vyjádřeny v mg/l zeminy a v kg/ha (přepočítané na základě plochy lyzimetrické nádoby odpovídající 0,0283 m²).

U hnojiv na bázi fosfátových skel byla, z důvodu hodnocení jejich dlouhodobého působení, použita vysoká jednorázová dávka 6 g/l zeminy. Tato dávka byla



Obr. 2 – Graf: ztráta draslíku a vápníku v mg/l zeminy ve dvouměsíčních intervalech (květen–červen, červenec–srpen, září–listopad) za dvě vegetační období 2021 a 2022; porovnání varianty s aplikací fosfátových skel FSH s dalšími variantami



Obr. 3 – Graf: ztráta fosforu v mg/l zeminy ve dvouměsíčních intervalech (květen–červen, červenec–srpen, září–listopad) za dvě vegetační období 2021 a 2022; porovnání varianty s aplikací fosfátových skel FSH s dalšími variantami

odvozena od maximálních jednorázových dávek zásobních pomalu rozpustných hnojiv, které se pohybují v rozsahu 4–6 g hnojiva na litr substrátu (zeminy) a jsou určeny na jedno až dvě vegetační období. Pro přihnojování dusíkatým hnojivem u variant FSH a FSJ byl použit síran amonný (SA – 21 % N).

U varianty VN se zvýšením dávkováním živin byla základní aplikační dávka dusíku 99 mg N/l zeminy a odpovídající dávkování draslíku. U této varianty bylo použito rozpustné fosforečné hnojivo – superfosfát (SF 17 % P₂O₅, 4,2 % P) v dávce 0,8 g/l zeminy na počátku pokusu. U varianty N bylo použito dávkování dusíku a draslíku, které odpovídá dávkám používaných v lesních školkách. Základní aplikační dávka dusíku (39 mg N/l zeminy) v přepočtu na kg/ha odpovídá stan-

dardní jednorázové dávce dusíku (kolem 50 kg N/ha). Toto dávkování dusíku bylo použito i u variant FSH a FSJ s použitím hnojiv na bázi fosfátových skel. Do pokusu byla zařazena i nehnojená kontrolní varianta (K).

Schéma pokusu a dávky živin u jednotlivých variant jsou uvedeny v Tab. 4. Hnojiva s dusíkem byla v prvním roce pokusu aplikována při založení pokusu (11. 5.) a na konci června, podzimní K/Mg hnojiva byla aplikována na počátku září. Hnojiva na bázi fosfátových skel a fosforečné hnojivo superfosfát u varianty VN byla aplikována jednorázově na počátku pokusu. V druhém roce pokusu byla dusíkatá hnojiva aplikována na počátku května, dále, obdobně jako v prvním roce, na konci června a podzimní K/Mg hnojiva byla aplikována na počátku září.

Použitá zemina je kyselá (pH CaCl₂ = 5,2) písčité půdy s velmi vysokým obsahem přijatelného fosforu 200 mg P/kg, vhodným obsahem přijatelného draslíku 76 mg K/kg a nízkým obsahem přijatelného hořčíku a vápníku, 63 mg Mg/kg a 291 mg Ca/kg suchého vzorku (analytická metoda Mehlich III).^[15] U varianty N bylo použito dávkování živin, které v přepočtu na pěstební plochu odpovídá standardním dávkám živin používaných v lesních školkách. Na dvouletý pěstební cyklus se pro pěstování lesnických sazenic doporučuje maximální dávka dusíku 200 kg N/ha a dávky fosforu (0–40 kg P/ha/2 roky), draslíku (0–140 kg K/ha/2 roky, případně i vyšší) a hořčíku (0–140 kg mg/ha/2 roky, případně i vyšší) podle obsahu jednotlivých přijatelných živin.^[16]

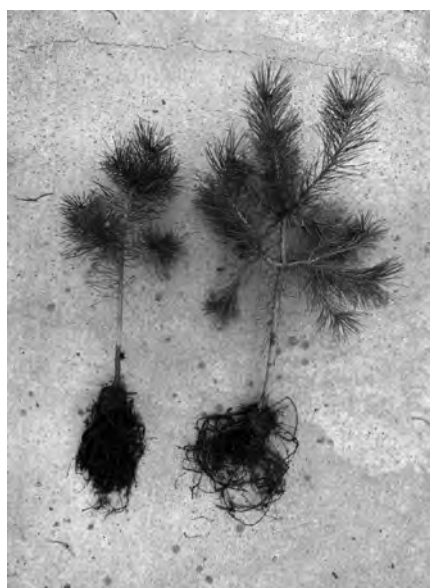
U varianty N byly za jedno vegetační období aplikovány dvě dávky dusíku v pře-

počtu na pěstební plochu kolem 50 kg N/ha, tj. kolem 100 kg N/ha za vegetaci. Dávky fosforu, draslíku a hořčíku byly zvoleny podle půdní zásoby – 0 kg P/ha/2 roky a zvýšené dávky draslíku a hořčíku 270 kg K a 172 kg Mg/ha/2 roky. V dalších variantách hnojení, především při použití vysokých dávek fosfátových skel, byly dávky živin výrazně vyšší.

Hodnocení vegetačního pokusu a rozborů lyzimerických vod

Ztráta jednotlivých živin (dusík ve formě N-NH₄ a N-NO₃, fosfor, draslík, hořčík a vápník) byla vypočítána na základě rozborů lyzimerických vod (proplásku) a jejich objemu u jednotlivých variant. V Tab. 5 je uvedena celková ztráta jednotlivých živin v mg/l zeminy za dvě vegetační období (květen–říjen) 2021 a 2022 a podíl vyplavené živiny na jejím dodaném množství. V obou hodnocených vegetačních obdobích byla ztráta dusíku, draslíku, hořčíku a vápníku, tedy hlavních živin vyjma fosforu, nejvyšší u varianty (VN) se zvýšenou aplikací těchto živin hnojivy. Zvýšené dávky draslíku podporovaly vyplavování hořčíku a vápníku. Přirozeně nejnižší vyplavování hořčíku, vápníku i draslíku s dusíkem bylo u nehnojené varianty.

V prvním vegetačním období se, v porovnání s druhým rokem pěstování, vyplavilo výrazně méně dodaného dusíku (31,1–62,9 % v roce 2021 × 9,2–46,5 % v roce 2022). V druhém roce pěstování se na využití dodaného dusíku pozitivně projevil nárůst kořenového systému. Největší ztráty dusíku byly vždy u varianty VH s vysokou dávkou živin.



Obr. 4 – Růst hnojené sazenice skelným hnojivem (var. FSJ, vpravo) a nehnojené kontroly na konci prvního vegetačního období (vlevo) – listopad 2021 (rostliny nezařazené do lyzimerického pokusu)

Tab. 6 – Doporučené dávkování živin při plošné aplikaci hnojiv a dávky zásobního Skelné hnojivo PK 14–31, frakce 0–5 mm a dodané živiny

Živina	Doporučená dávka g/m ²		Dávka hnojiva a dodané živiny			
	1 veg. období	3 veg období	20 g/m ²	45 g/m ²	60 g/m ²	120 g/m ²
N*	5–10	15–30*	-	-	-	-
P	1–1,5 (max. 3)	3–4,5 (max. 9)	1,23	2,77	3,69	7,39
K	3–7 (max. 10)	9–21 (max. 30)	5,15	11,58	15,44	30,88
Mg**	0,6–1,2 (max. 5)	1,8–3,6 (max. 15)	0,06	0,14	0,19	0,36
Ca***	-	-	2,70	6,07	8,09	16,19

Tab. 7 – Doporučené dávkování živin při objemové aplikaci hnojiv při přípravě pěstebních směsí a dávky zásobního Skelné hnojivo PK 14–31, frakce 0–5 mm a dodané živiny

živina	doporučená dávka mg/litr substrátu		dávka hnojiva a dodané živiny v mg/l		
	1 veg. období	3 veg období	1,5 g/l	3 g/l	4,5 g/l
N*	70–200 (max. 300)	-*	-	-	-
P	30–50 (max. 100)	60–150 (max. 300)	92	150	277
K	90–200 (max. 300)	270–600 (max. 900)	386	600	1158
Mg**	80–160 (max. 200)	240–480 (max. 600)	4,5	9	13,5
Ca***	-	-	202	404	607

* N – hnojení dusíkem je nutné v každém vegetačním období, případně použít zásobní dusíkaté hnojivo

**Mg – aplikace hořečnatých hnojiv (dolomitický vápenec, kieserit) vychází z hodnot pH zeminy nebo substrátu a z obsahu přijatelného hořčíku v půdě

***Ca – aplikace vápenatých hnojiv (vápenec, dolomitický vápenec) vychází z hodnot pH zeminy nebo substrátu a z obsahu přijatelného vápníku v půdě

U vyplaveného draslíku nebyly výrazné rozdíly mezi prvním a druhým rokem pěstování. Pouze u varianty s použitím jemné frakce fosfátových skel (FSJ) bylo zvýšené vyplavování draslíku v druhém roce, pravděpodobně vlivem postupného rozpouštění fosfátových skel. U variant FSH a FSJ s vysokou dávkou draslíku na dvě vegetační období (1056 mg K/l zeminy) byly ztráty draslíku vyšší než u varianty N s nízkou dávkou živin (218 mg K/l zeminy), ale srovnatelné s variantou VN s vysokou dávkou živin v rozpustné formě (472 mg K/l zeminy za dvě vegetační období). Zvýšená dávka draslíku u varianty VN podporovala vyplavování hořčíku a vápníku (Obr. 2). Naopak, vysoké dávky draslíku ve formě fosfátových skel nezvyšovaly vyplavování vápníku ani hořčíku a ztráty těchto živin proplavením odpovídaly nehnojené kontrole. U hořčíku byl tedy přirozeně nízký podíl vyplavené a dodané živiny, do 10 %.

U variant s vysokou dávkou fosfátových skel byly zaznamenány nejvyšší ztráty fosforu (Obr. 3). Tyto relativně vysoké ztráty fosforu u fosfátových skel byly dané vysokou dávkou živiny ve formě fosfátových skel oproti dalším variantám. Pokud vezmeme podíl vyplaveného a dodaného fosforu za dvě vegetační období u varianty VN je tento poměr kolem 1,0 %. Při výrazně

vyšší aplikaci fosforu u variant FSH a FSJ (1294 mg P na litr zeminy) oproti variantě VH (63 mg P/l) je podíl u vyplaveného fosforu kolem 0,4 %.

V lyzimetrickém pokusu bylo obecně nízké vyplavování fosforu. Nejvyšší vyplavování této živiny bylo u variant s vysokou dávkou fosfátových skel. Vyšší vyplavování fosforu z fosfátových skel bylo vždy v období červenec–srpen s vyššími teplotami, které podporují rozpouštění. Dále v druhém roce pěstování, kdy se pravděpodobně projevilo postupné rozpouštění fosfátových skel. Druhé nejvyšší vyplavování fosforu bylo u kontrolní nehnojené varianty. To bylo způsobeno vysokým obsahem přijatelného fosforu v použité zemině a omezeným růstem sazenic borovice bez přihnojování dusíkem a draslíkem (Obr. 4).

Závěr

Dlouhodobé a efektivní působení živin dodaných skelnými hnojivy SH PK 41–21 potvrdil dvouletý vegetační pokus, ve kterém se účinnost hnojiva testovala na sazenicích borovic. Byla modelově použita vysoká dávka 6 g na litr zeminy. Výsledky byly pozitivní v rámci růstu, prospívání stromků i v množství vyplavených látek. Za dvě vegetační období se proplavilo 0,4 % dodaného fosforu, 4,4–9,3 % dodaného draslíku a 0,3–0,7 %

dodaného hořčíku (nižší hodnoty byly u frakce 2–4 mm).

Sklárna Preciosa Ornela a.s. může v rámci stávající technologie produkovat skelná hnojiva různého složení (různého poměru fosforu a draslíku, SH PK 41–21 a SH PK 41–21) od 100 kg za den po jednotky tun v různých zrnitostních frakcích (např. 0–2 mm nebo 2–5 mm). To umožňuje dodávat na trh poměrně široký sortiment výrobků. Jemné frakce je možné používat samostatně v rámci základního hnojení substrátů nebo jako komponenty vícesložkových kompaktních nebo tabletových hnojiv. Do směsných hnojiv nebo při přípravě do lesnických substrátů a substrátů pro dlouhodobé výsadby dřevin jsou vhodnější hrubší frakce (např. 2–5 mm). U skelných hnojiv PK 14–31 je obdobně jako ve vegetačním pokuse testovaném PK 41–21, předpoklad zvýšení účinnosti hnojiva na 2–3 roky použitím hrubších frakcí (2–5 mm) skelných hnojiv.

Výstupem spolupráce firmy Preciosa Ornela a.s. a VÚKOZ je registrace dvou skelných hnojiv Skelné PK hnojivo 14–31, 0–2 mm a Skelné PK hnojivo 14–31, 0–5 mm (s převažující frakcí 2–5 mm). Jsou připraveny i podklady pro podání registrace Skelného PK hnojiva 41–21.

Na základě literární rešerše, provedeného vegetačního pokusu i dlouhodo-

bých zkušeností pracovníků VÚKOZ s používáním zásobních hnojiv bylo navrženo dávkování skelných hnojiv pro plošnou aplikaci (Tab. 6) i pro základní hnojení substrátů při výrobě

(Tab. 7). Skelnými hnojivy se dodají dvě hlavní živiny, fosfor a draslík. Hnojení dalšími živinami (N, Mg, Ca) je nutné přizpůsobit pěstovaným rostlinám,

resp. obsahu přijatelného hořčíku a vápníku v půdě.

Financováno z institucionální podpory (VUKOZ-IP-00027073).

LITERATURA

- 1] Kiwsakunkran N., et al.: Composition and structural studies of glass fertilizer, Journal of Physics: Conference Series 1120 (1) (2018).
- 2] Hazra G., Das T.: A review on controlled release advanced glassy fertilizer, Glob. J. Sci. Front. Res. B Chem 14 (4) (2014), s. 33-34.
- 3] Karapetyan, G., K. Karapetyan, and L. Maksimov: Glassy environmentally friendly fertilizers of prolonged action, Phosphorus Research Bulletin 15 (2004), s. 60-67.
- 4] Rubio J., et al.: New glass fertilizer for tomato crops to reduce environmental impact, Acta Horticulturae 1159 (2017), s. 65-72.
- 5] Maryska M., Patockova Z.: New glass-ceramic fertiliser based on K~ 2O-CaO-MgO-P~ 2O~ 5, RIVISTA-STAZIONE SPERIMENTALE DEL VETRO 30 (6) (2000), s. 151-154.
- 6] Eshop firmy AVA. Popis skelného/ minerálního hnojiva AVA (online), <https://avamarket.com/udobreniya/mineralnyie-udobreniya-ava/> (cit.20. 5. 2024).
- 7] Volf M. B.: Technická skla jejich vlastnosti, SNTL (1987), s. 90.
- 8] ČSN EN ISO 11 885 (757387) Jakost vod – Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).
- 9] Jednotné pracovní postupy ÚKZÚZ – zkoušení hnojiv (online), <https://eagri.cz/public/portal/ukzuz/laboratore/dokumenty-a-publikace/jednotne-pracovni-postupy> (cit.15. 5. 2024).
- 10] ISO 11277: Soil quality, Determination of particle size distribution in mineral soil Method by sieving and sedimentation (2020).
- 11] ISO 11274: Soil quality Determination of the water-retention characteristic Laboratory methods (2019).
- 12] NÁROVEC V.: O půdách v lesních školkách. [About soils in forest tree nurseries]. Vyd. 2. Kostelec nad Černými lesy, Nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce 2003. – ISBN 80-86386-36-8 (Online). <http://vulhm.opocno.cz/hpage.php?page=narovec/index.html> (cit20. 5. 2024)
- 13] ČSN EN 13652 (836641) Půdní melioranty a stimulanty růstu – Extrakce živin a prvků rozpustných ve vodě.
- 14] Tlustoš P. a kol: Stanovení fyzikálních a chemických vlastností pevných a kapalných složek digestátu bioplynových stanic. Certifikovaná metodika, Vydavatelství powerprint s. r. o., Praha-Suchdol (2014), ISBN: 978-80-213-2513-5.
- 15] Mehlich A.: New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc, Communications in Soil Science and Plant Analysis 9 (6) (1978), s. 477-492.
- 16] Nárovcová J., Nárovec V., Němec P: Optimalizace hnojení a hospodaření na půdách lesních školek. Certifikovaná metodika, Lesnický průvodce 7 (2016), ISBN978-80-7417-116-1 (online), http://www.vulhmop.cz/download/metodiky/LP_7_2016.pdf (cit. 20. 5. 2024).

Lektor: prof. Ing. Ladislav Koudelka, DrSc.

Nepřehlédněte – ročníky Skláře a keramika 2002–2020 na jednom CD!

Číslo časopisu Sklář a keramik 2/2002-10-12/2020 jsou dostupné ve formátu PDF na CD. Cena kompletu včetně media a poštovného je 2 000 Kč. Jednotlivé ročníky nebo čísla objednávat nelze. V případě zájmu prosím kontaktujte redakci: redakce@sklarakeramik.cz.

Jak lze získat časopis Sklář a keramik?

Odborný časopis pro průmysl skla a keramiky Sklář a keramik, který vychází v nákladu 420 výtisků, je tradičním médiem na českém trhu, které pravidelně přináší aktuální a zajímavé informace o dění v oboru doma i v zahraničí (vychází již 74 let, počítáme-li jeho předchůdce Sklářské rozhledy pak dokonce 100). Pro svou odbornost je zařazen do aktuálního seznamu neimpaktovaných recenzovaných časopisů. Mezi jeho odběrateli jsou též zahraniční firmy či jednotlivci a informace o otištěných studiích pravidelně vychází v řadě odborných evropských sklářských časopisů.

Odborný časopis Sklář a keramik není ve volném prodeji, lze jej proto získat pouze formou a) předplatného nebo b) vstupem do České sklářské společnosti (ČSS).

a) Zisk SaK formou předplatného – pro firmy i jednotlivce 800 Kč ročně (6 čísel časopisu o rozsahu 40–52 stran). V případě zájmu kontaktuje administraci Skláře a keramik – redakce@sklarakeramik.cz

b) Zisk SaK členstvím v ČSS – jen pro jednotlivce

Individuální člen – 600 Kč ročně

Individuální člen (důchodce, student) – 300 Kč ročně

(v rámci členského příspěvku člen obdrží 6 čísel časopisu o rozsahu 40–52 stran)

V případě zájmu kontaktuje sekretariát ČSS

secretary@czech-glass-society.cz

Ceník inzerce pro rok 2024

Obálka – 1. strana 25 000 Kč

Obálka – 2 až 4 strana: 20 500 Kč

Formát A4	Barevná inzerce (Kč)	Černobílá (Kč)
1/1	19 000	15 000
1/2	16 000	11 500
1/3	13 000	8 000
1/4	10 000	6 000

www.sklarakeramik.cz