

Minerální hnojiva se sírou

Další příčinu nízké pozornosti věnované síře, jako rostlinné živině, lze v posledních desetiletích spatřovat v její aplikaci jako doprovodného prvku v řadě běžně používaných dusíkatých, fosforečných nebo draselných hnojiv. Jako příklad lze uvést síran amonný, jednoduchý superfosfát nebo síran draselný.

V bývalé ČSSR se v letech 1966-1968 aplikovalo ročně v průměru 263 102 tun síry v minerálních hnojivech (ŠILAR, 1973). Z tohoto množství připadalo 54 % na fosforečná hnojiva (hlavně superfosfát) a 34 % na dusíkatá hnojiva (zejména síran amonný). Půda byla tedy ročně obohacována 37 kg síry na hektar z minerálních hnojiv (ZELENÝ, ZELENÁ, 1996, 1999).

Podobná situace byla i v zemích západní Evropy, avšak vývojem vysoce koncentrovaných hnojiv typu NPK (tzv. "bezbalastních") s nepatrným nebo nulovým obsahem síry v letech 1960-1970 došlo k rapidnímu poklesu spotřeby tohoto prvku v minerálních hnojivech (CECCOTTI *et al.*, 1998; ERIKSEN *et al.*, 1998), a to např. v Irsku v letech 1965-75 až o 80 % (MURPHY *cit.* ERIKSEN *et al.*, 1998). Nižší aplikace síry v minerálních hnojivech byla umocněna také poklesem jejich spotřeby v celé Evropě (CECCOTTI, MESSICK, 1994), který byl v České republice díky společenským změnám a liberalizaci cen daleko dramatičtější. Konkrétně byl zaznamenán pokles spotřeby tzv. čistých živin z 266,7 kg N, P₂O₅ a K₂O na 1 ha zemědělské půdy v roce 1983 až na 65 kg č.ž..ha⁻¹ v roce 1991 (MEZULIANIK, 1992). V průběhu minulého desetiletí se spotřeba pohybovala v rozmezí 65,6-82,8 kg č.ž..ha⁻¹ a poslední údaj za rok 2000 činí 75,9 kg č.ž..ha⁻¹ (KLÍR, 2001). Tento vývoj dospěl až do situace, kdy snížené vstupy síry z atmosféry a minerálních hnojiv (DÄMMGEN *et al.*, 1998) již nestačily krýt rostoucí potřeby kulturních plodin, jak uvádí graf 2.7, a rostliny začaly vykazovat symptomy deficitu.

Tento stav se začíná postupně odrážet i v současně používaném sortimentu minerálních hnojiv. Hlavními zdroji síry ovšem zůstávají v celosvětovém měřítku tradiční hnojiva jako síran amonný, jednoduchý superfosfát a síran draselný – viz tab. 2.5 (CECCOTTI, 1994).

Síran amonný je u nás dnes nejrozšířenějším hnojivem se sírou. Při porovnávání s kiesseritem a sádrou bylo jeho aplikací dosaženo největšího zvýšení výnosu (ARMBRUSTER *et al.*, 1993) a nejučinnější byl také v pokusech s pšenicí ve srovnání se superfosfátem, sádrou, elementární sírou a pyrity (SINGH, CHHIBBA, 1991).

Tab. 2.5 **Dodávka síry v minerálních hnojivech v letech 1993-1994** (CECCOTTI *et al.*, 1998)

Minerální hnojivo	obsah síry (%)	spotřeba (tis. t)	
		svět	Evropa
síran amonný	24	2775,2	273,6
jednoduchý superfosfát	12	3615,6	92,4
trojitý superfosfát	1	108,1	13,6
fosforečnan amonný	2	348,8	0,4
vícesložková hnojiva	různý	1836,3	381,3
síran draselný	18	253,3	39,6
ostatní	různý	57,4	30,2
celková spotřeba síry		8994,7	830,7

V našich podmínkách byl donedávna významným zdrojem síry **jednoduchý superfosfát** s obsahem 9-12 %, který však téměř zmizel z trhu. Dnes u nás používaná fosforečná hnojiva většinou neobsahují příliš mnoho síry (BALÍK *et al.*, 1999), avšak v zahraničí se vyrábí i superfosfát obalovaný sírou s obsahem 27-45 % S (TOMÁŠ, 1998). CECCOTTI *et al.* (1998) uvádí, že v roce 1995 tvořila fosforečná hnojiva 52 % celosvětově spotřebované síry.

Dříve také běžně používaný **síran draselný** se vzhledem k jeho cenové náročnosti aplikuje v omezeném množství. Obsahuje 18 % síry a využívá se hlavně na hnojení plodin citlivých na chlór (TOMÁŠ, 1998).

Již v 19. století bylo u nás doporučováno hnojení **sádrou**, zejména pro pěstování jetele na semeno (DUCHOŇ, 1948). Později se s nástupem síranových forem hnojiv a superfosfátu, který obsahuje 50 % sádry, její spotřeba omezila (DUCHOŇ, HAMPL, 1959). Dnes lze pozorovat návrat k jejímu používání, obsahuje 12-18 % síry a měla by se aplikovat na půdy s optimální půdní reakcí (RICHTER *et al.*, 1999).

Jako odpad při výrobě dvojitého superfosfátu nebo kyseliny fosforečné byla získávána **fosfosádra** s obsahem síry 8-10 %. Tento produkt však nenabyl širšího uplatnění i přes jeho pozitivní vliv na fyzikální vlastnosti půdy (DUCHOŇ, HAMPL, 1959; TOMÁŠ, 1998). Použitím fosfosádry jako zdroje síry pro pícniny na Floridě se zabýval REHCIGL (1992) a jako zdroj síry je využívána také v zemědělství Indie (TANDON, 1992).

Kromě popsaných klasických minerálních hnojiv jako zdrojích síry pro rostliny se v poslední době zvyšuje poptávka po nových typech sírných hnojiv.

V řadě států se k výživě rostlin používá **elementární síra** (97 % S), která kromě hnojivých účinků působí také fungicidně, ale výrazně snižuje hodnotu půdní reakce (FINCK, 1982; ERIKSEN *et al.*, 1998; RICHTER *et al.*, 1999). Její spotřeba roste v oblastech, kde hrozí vyšší vyplavení síranů. Po její aplikaci však není přímo přístupná rostlinám, a proto je doporučováno aplikovat spolu s elementární sírou i malé množství síranové síry (SOLBERG *et al. cit. ERIKSEN et al.*, 1998). TANDON (1992) doporučuje aplikovat elementární síru 3-4 týdny před setím, aby mohla být oxidována na rostlinám přístupný síran. Její použití je podle autora zvláště efektivní na alkalických, vápenatých půdách. Při pokusech MITCHELLA A MULLINGSE (1990) vykazovala elementární síra v porovnání s thiosíranovou a síranovou sírou stejný efekt.

Výzkum dalších hnojiv na bázi elementární síry je soustředěn do oblastí Austrálie a Nového Zélandu. Elementární síra je míchána s přírodními fosfáty nebo s částečně okyselenými fosfáty anebo je inokulována bakteriemi oxidujícími síru (GHANI *et al. cit. CECCOTTI et al.*, 1998). V poslední době byl vyvinut tzv. sírný bentonit, poskytující lepší agronomický efekt než elementární síra, protože obsažená síra je lépe konvertována na SO_4^{2-} formu díky jemnějším částicím s větším povrchem (CECCOTTI, 1994; CECCOTTI *et al.*, 1998). Nové příležitosti nabízí také adheze elementární síry na trojitý superfosfát, hydrogenufosforečnan amonný nebo močovinu (BLAIR *et al. cit. CECCOTTI et al.*, 1998).

Již v současné době jsou však ve světě běžně používána různá **vícesložková hnojiva** s obsahem síry. Většinou se jedná o dusíkatá hnojiva s přídavkem síry, popř. dalšího makro- či mikroelementu, anebo hnojiva typu NPK se sírou vyvíjená speciálně pro rostliny s vyššími nároky na tuto živinu. Do první skupiny lze zařadit také v ČR nově používané hnojivo DASA s 26 % N a 13 % S (LOŽEK *et al.*, 1997), nazývané také ledek síranoamonný, určené pro regenerační přihnojení během vegetace, nebo Hydrosulfan (24 % N, 5,6 % S).

Významnou roli sehrávají také **kapalné formy** hnojiv se sírou. Pro svou rozpustnost a slučitelnost s různými ionty je výhodným zdrojem síry např. thiosíran amonný, jehož obchodní forma jako 60 % vodný roztok obsahuje 12 % N a 26 % S. Aplikovat jej lze přímo na půdu nebo se závlahovou vodou na list. V půdě se rozkládá na přibližně stejné množství síranů a elementární síry. Dalšími zdroji síry mohou být také thiosíran draselný (25 % K, 17 % S) a thiosíran vápenatý, toho času testován v USA (CECCOTTI, 1994).

Také foliární aplikace elementární síry nachází své opodstatnění. Její využitelnost závisí zejména na schopnosti adheze k vnitřnímu nebo vnějšímu povrchu listu, která odolá smyvu srážkovou vodou. Nezbytnou podmínkou utilizace elementární síry pro metabolické procesy je její oxidace na sírany buď na povrchu listu vsudypřítomnými bakteriemi rodu *Thiobacillus* nebo uvnitř specifickými enzymy chloroplastů (JOLIVET, 1993). Tyto procesy dodávají síranovou síru buňkám průběžně, což je výhoda oproti foliární aplikaci síranů (SCHNUG *et al.*, 1998), viz také kap. 2.3.3.

V našich podmínkách je v současné době možné použít kapalné hnojivo SAM-240 (HŘIVNA *et al.*, 1999b), AGROSAM J-240 nebo SADAM 320-Z. Svého času nacházelo uplatnění dnes již bohužel nevyroběné hnojivo SK-sol (VANĚK *et al.*, 1998; HŘIVNA *et al.*, 1999a).

V některých evropských zemích (např. Dánsko, Německo) slouží jako zdroj síry také **produkty odsíření tepelných elektráren** (HANEKLAUS *et al. cit. PEDERSEN et al.*, 1998). V tomto směru se v ČR rýsují možnosti využití odpadního síranu vápenatého, tzv. energosádrovce (FORST, KILIÁN, 1998), jako příměsi do dusíkatých hnojiv.

Z dalších alternativ lze uvést zpracování produktů sanace chemické těžby uranu na dusíkato-sírné hnojivo (MARKVART *et al.*, 2001).