

Půdní zásoba dusíku a potřeba hnojení cukrové řepy

SOIL NITROGEN SUPPLY AND SUGAR BEET FERTILIZATION NEEDS

Jaromír Chochola, Klára Pavlů, Jan Radek – Řepečský institut, Semčice

Výživa a hnojení, a hnojení dusíkem zvláště, není dnes příliš frekventovaným tématem pro pěstování cukrové řepy. Vládnou zejména problémy fytopatologické. Přesto chceme toto téma oživit. Publikovali jsme nedávno studii o monitorování zásoby dusíku na půdách pro cukrovou řepu a v ní se ukázalo, že zásoby dusíku jsou velmi vysoké (5). Na tuto situaci je potřeba reagovat jak ve hnojení osevních sledů s cukrovkou, tak ve hnojení cukrovky samotné. Dusík je velmi důležitý pro růst řepy, často však negativně ovlivňuje cukernatost a kvalitu obecně. Dusíkatá hnojiva jsou významnou nákladovou položkou a tento náklad je třeba využívat co nejefektivněji. Nadměrné hnojení je zbytečné. Dnes se k tomu řadí významně i environmentální aspekty. Po cukrové řepě se dusík z půdy pravděpodobně nevyplavuje do spodních vod, ale energeticky náročná dusíkatá hnojiva zvyšují významně uhlíkovou stopu, která je stále významnějším parametrem pro zemědělské technologie. V Řepečském institutu po desetiletí provádíme pokusy pro určení potřeby hnojení. V této práci shrnujeme tyto pokusy za posledních téměř 20 let a snažíme se aktualizovat prognózu nejpravděpodobnější správné dávky.

Metodika

Ve spolupráci s cukrovarny Tereos TTD provádíme od roku 2001 pokusy se stupňovaným hnojením dusíkem. Do roku 2008 jsme pracovali na 3 lokalitách (Straškov u Roudnice nad Labem, Bezno u Mladé Boleslavi a Všestary u Hradce Králové), od roku 2009 jsme přibrali další 3 (Vyšehořovice u Čelákovice, Sloveč u Městce Králové a Bylany u Chrudimi), viz obr. 1. Stručnou půdní charakteristiku uvádí tab. I. Celkem bylo provedeno 90 pokusů, které byly umístěny na polích s cukrovou

Obr. 1. Rozmístění pokusných lokalit



řepou v zemědělských podnicích, od zasetí do sklizně jsme však všechny potřebné práce prováděli sami a snažili se vždy o optimální agrotechniku. V pokusech jsme zpravidla zkoušeli dávky 0, 40, 80, 120 a 160 kg·ha⁻¹ N, v některých případech i 200 kg·ha⁻¹, v 6 pokusech byla vynechána nulová dávka. Hnojilo se vždy ledkem amonným s vápencem, do dávky 80 kg·ha⁻¹ těsně po zasetí, zbytek přibližně v období prvního páru pravých listů (na přelomu dubna a května). Pokusné parcely měly 30 m², sklízelo se 20 m², cca 180–200 rostlin ve čtyřech opakováních. Při sklizni byl stanoven výnos čisté řepy a ve vzorcích řepy pak cukernatost, obsah K a Na a α-aminodusíku. Analýzy vzorků řepy provedla laboratoř firmy KWS v Klein Wanzlebenu. Před setím, na přelomu února a března byla na pokusných pozemcích stanovena zásoba nitrátového a amonného dusíku (Laboratoř Postoloprty) v půdních vrstvách 0–30, 30–60 a 60–90 cm. Výpočet zásoby v kg·ha⁻¹ N byl proveden za předpokladu objemové hmotnosti vrchní vrstvy 1,3 kg·dm⁻³, a 1,4 kg·dm⁻³ ve spodních vrstvách. Naměřenou zásobu dusíku jsme ještě korigovali (zvýšili) v případech organického hnojení či vojtěšky jako předpředplodiny. Nutno říci, že tato korekce je do značné míry subjektivní, neboť v předjaří je těžké odhadnout, kolik dusíku např. z organického hnojení se už mineralizovalo a kolik to bude až v průběhu vegetace. Na základě našich předchozích výsledků (5) jsme korekci stanovili na 2/3 normativního (7) příspěvku příslušného organického hnojení či předplodiny.

Efekt dusíkatého hnojení se se zvyšováním dávky zpravidla projevuje na výnosové křivce se vzestupnou větví, vrcholem a následnou stagnací či poklesem výnosu (6). Tuto výnosovou křivku jsme odhadovali pro výnos polarizačního cukru, protože tento parametr úzce souvisí s tržbou za řepu a pro pěstitele je jednoznačným rozhodovacím kritériem (i když je většinou používán jako výnos řepy přepočtený na cukernatost 16 %). Na obr. 2. je příklad proložení výnosové křivky daty z pokusu. Z výnosové křivky je možno odečíst optimální dávku dusíku (ODN), v tomto případě přibližně 100 kg·ha⁻¹ N, a přírůstek výnosu při správném hnojení, cca 2,0 t·ha⁻¹ polarizačního cukru. U velké většiny pokusů bylo možno tento postup použít. V některých případech se však výnos s dávkou dusíku vůbec neměnil, nebo klesal (obr. 3.). Tady jsme za optimální dávku pokládali 0 kg·ha⁻¹ N, případně (pokud docházelo v celém rozsahu hnojení k poklesu) –40 kg·ha⁻¹ N a pochopitelně i přírůstek výnosu 0. Stejně jsme interpretovali tři „záhadné“ případy, kde data dávala zcela obrácenou křivku ve tvaru U, s vyššími výnosy bez hnojení a na vysoké dávce a nižšími uvnitř intervalu dávek. V těchto případech byl ovšem vliv dusíku na výnos velmi malý, nevýznamný a neinterpretovatelná výnosová křivka byla pravděpodobně výsledkem pokusnické chyby.

Tab. I. Charakteristika pokusných lokalit

Lokalita	Straškov	Bežno	Všestary	Vyšehořovice	Sloveč	Bylany
Okres	Litoměřice	Mladá Boleslav	Hradec Králové	Praha východ	Nymburk	Chrudim
Podnik	Astur Straškov, a. s.	Sdružení rolníků Bežno	Zem. družstvo Všestary	Agro Vyšehořovice	Zem. společnost Sloveč, a. s.	Družstvo Agricola Bylany
Nadmořská výška (m)	170	280	285	190	220	245
Půdní typ	ČM s	HM	HM	HM	RA	HM
Půdní druh	hlinitojílovitá	hlinitá	hlinitá	hlinitá	jílovitá	hlinitá
Humusový horizont (cm)	50–70	60–90	50–70	60	60–70	60–80
pH *	7,33	7,14	6,82	7,37	7,46	6,7
Obsah P (mg · kg ⁻¹) *	109	115	101	133	75	79
Obsah K (mg · kg ⁻¹) *	423	207	259	343	535	234
Obsah Mg (mg · kg ⁻¹) *	241	161	166	178	237	125
Obsah humusu (%) *	2,89	2,15	2,07	2,47	3,14	2,0
Předplodina **	pšenice	pšenice	pšenice	pšenice	pšenice	pšenice
Předpředplodina **	obilnina	řepka	cibule	obilnina	kukuřice	řepka
Hnojení organické **	hnůj	hořčice	hnůj	hnůj	—	hnůj

* průměr pokusných let; ** většinový výskyt

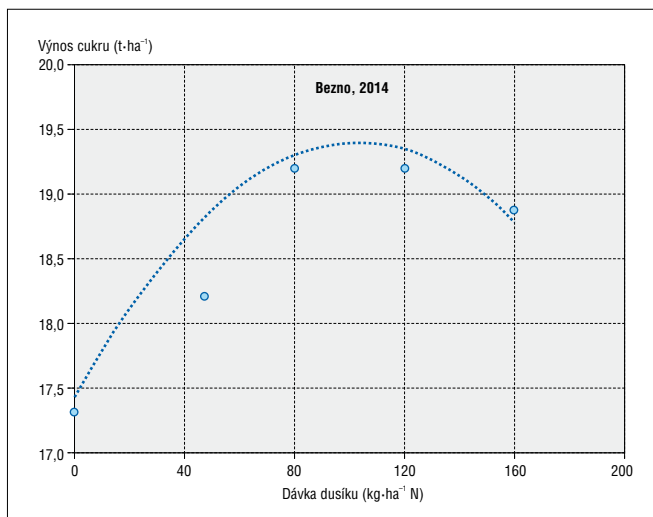
Výsledky

V tab. II. jsou jako příklad uvedeny výsledky našich pokusů ze 3 lokalit za poslední 3 roky a dále průměr výnosů polarizačního cukru ze všech 90 pokusů. V posledním sloupci tabulky je výše popsaným způsobem odhadnuta optimální dávka dusíku (ODN). Z tabulky je zřejmé, že ODN se případ od případu velmi liší, v jednotlivých případech optimální hnojení kolísá jen za poslední 3 roky v rozmezí 0–125 kg · ha⁻¹ N a průměr jednotlivých ODN je 60 kg · ha⁻¹ N. V průměru všech pokusů je vliv hnojení dusíkem velmi malý – přírůstek je jen ca 0,4 t · ha⁻¹ cukru (ca 2,5 % průměrného výnosu). Vypočteme-li průměrné dosažitelné zvýšení výnosu v jednotlivých případech (obr. 4.), dostaneme se na hodnotu 0,58 t · ha⁻¹ cukru, tj. jen o 1 % více (3,7% zvýšení výnosu).

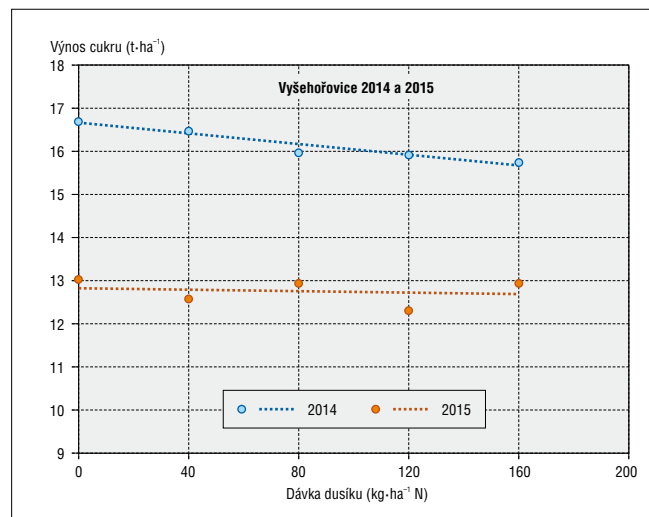
Hnojení dusíkem tedy není dnes silným výnosovým faktorem. Z obr. 4. je zřejmé, že u významného množství pokusů nepřináší hnojení dusíkem žádný přírůstek výnosu, pokud však potřeba hnojení (ODN) stoupá, přírůstek výnosu se významně zvyšuje a při potřebě hnojení 100 kg · ha⁻¹ N je už v průměru 1 t · ha⁻¹ cukru, resp. 6,6 %. Efekt hnojení dusíkem tedy velmi závisí na tom, zda je hnojení vůbec potřeba. Současně je však také zřejmé, že data mají veliký rozptyl. Závislost ODN a přírůstku výnosu je sice díky velkému počtu případů statisticky vysoce signifikantní, v jednotlivých případech se však výsledky od ní mohou velmi odchylovat. Tento problém budeme analyzovat v diskusi.

Pro zajištění efektu dusíkatého hnojení se tedy jako stěžejní ukazuje prognóza potřeby hnojení. Nejjednodušší prognóza se dělá bilanční metodou (7): odběr nebo potřeba dusíku plodinou

Obr. 2. Proložení výnosové křivky experimentálními daty



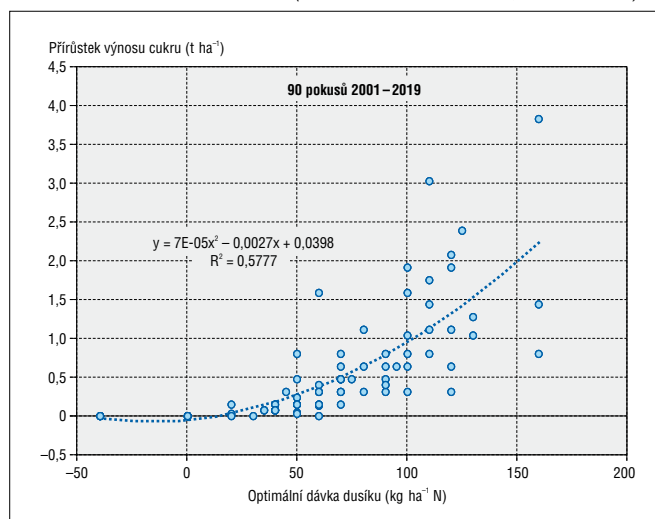
Obr. 3. Příklady pokusů s nulovou potřebou hnojení



Tab. II. Dávka dusíku a výnos polarizačního cukru

Lokalita	Rok	Dávka dusíku (kg·ha ⁻¹ N)						ODN (kg·ha ⁻¹ N)
		0	40	80	120	160	200	
		Výnos polarizačního cukru (t·ha ⁻¹)						
Straškov	2017	18,5	18,4	17,6	17,5	17,5	17,6	40,0
	2018	15,2	16,4	17,1	16,0	16,5	16,5	60,0
	2019	12,7	12,3	11,3	11,9	11,9	11,9	0,0
Bezno	2017	14,2	16,6	17,9	18,1	18,2	18,1	125,0
	2018	15,5	15,7	16,2	15,7	15,9	15,9	100,0
	2019	11,7	12,7	12,6	12,4	12,4	12,4	60,0
Všestary	2017	17,2	17,4	17,3	17,0	16,8	16,7	50,0
	2018	19,2	19,8	19,4	18,9	18,8	18,8	45,0
	2019	17,8	18,1	18,1	18,0	18,0	18,0	50,0
Všechny pokusy	2017–2019	15,2	15,6	15,7	15,6	15,4	15,1	63,0

minus předpokládaná mineralizace z půdní organické hmoty minus příspěvek organického hnojení, případně předplodiny – výsledkem je potřebná dávka dusíku v hnojivech. Pokusné pozemky, na kterých jsme správnou dávkou dusíku zjišťovali, byly z hlediska této bilance velmi uniformní (tab. I.), tj. vysoký výnos, úrodná půda, předplodina v drtivé většině pšenice, takže výsledek bilance měnilo pouze organické hnojení a dávka dusíku vycházela velmi vysoká, 130–190 kg·ha⁻¹ N. Mezi touto prognózou a skutečně zjištěnou optimální dávkou nebyla žádná závislost, prognóza by vedla k absurdně vysokému hnojení, v průměru o 80 kg·ha⁻¹ N vyššímu, než byla naše průměrná ODN, v jednotlivých případech by přehnojení dosáhlo i 190 kg·ha⁻¹ N. Takové hnojení neznamená jen zbytečný náklad, nýbrž i snížení výnosu – se třemi výjimkami z 90 případů bychom se dostávali daleko do sestupné fáze výnosové křivky.

Obr. 4. Závislost přírůstku výnosu dosažitelného hnojením na optimální dávce dusíku ($7E-05x^2 - 0,0027x + 0,0398$, $R^2 = 0,5777$)

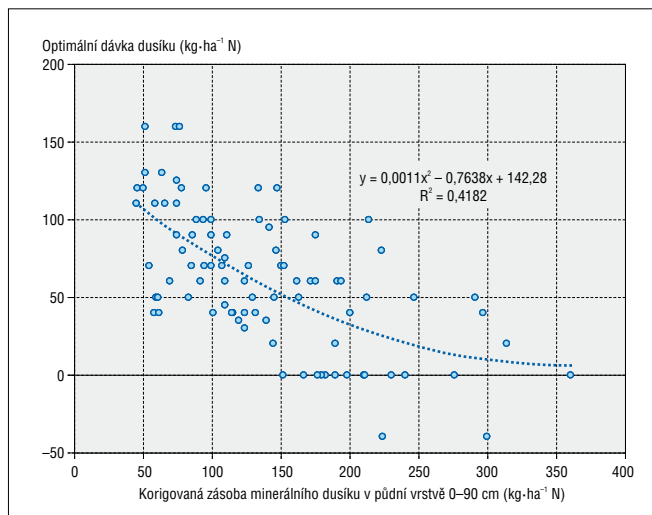
Prognóza optimální dávky dusíku na základě jeho zásoby v půdě

Na obr. 5. jsou všechna naše zjištění vztahu mezi korigovanou (upravenou o případný příspěvek organického hnojení či předplodiny) zásobou minerálního dusíku a optimální dávkou. Přes značný rozptyl je možno daty proložit křivku vysoce signifikantní závislosti. Potřeba hnojení dusíkem tedy na jeho zásobě v půdě jednoznačně závisí. Vysoce signifikantní a velmi podobnou závislost jsme získali i pro ODN a prostou zásobu N (nekorigovanou o organické hnojení a předplodinu) ve vrstvě 0–90 cm, obr. 6. Vysoce signifikantní byly i vztahy mezi ODN a zásobou dusíku ve vrstvě 0–60 cm, tady však byl korelační koeficient pro nekorigovanou zásobu o něco nižší, závislost nebyla tak těsná. Nalezené vztahy použitelné pro předpověď potřeby hnojení jsou tedy tyto:

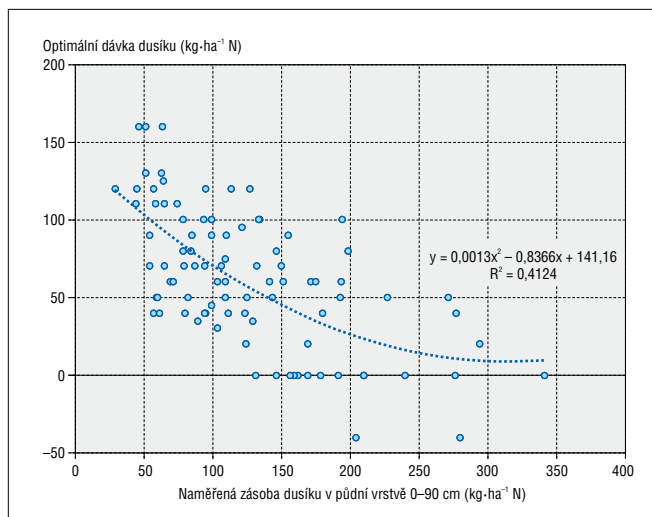
1. $ODN = 141 - 0,84x + 0,0013x^2$,
kde x je zásoba N v půdní vrstvě 0–90 cm, $R^2 = 0,412^{**}$.
2. $ODN = 141 - 0,76x + 0,0011x^2$,
kde x je korigovaná zásoba N v půdní vrstvě 0–90 cm (zvýšená o příspěvek organického hnojení a (před)předplodiny), $R^2 = 0,418^{**}$.
3. $ODN = 129 - 1,01x + 0,0022x^2$,
kde x je zásoba N v půdní vrstvě 0–60 cm, $R^2 = 0,351^{**}$.
4. $ODN = 130 - 0,857x + 0,00192x^2$,
kde x je korigovaná zásoba N v půdní vrstvě 0–60 cm (zvýšená o příspěvek organického hnojení a (před)předplodiny), $R^2 = 0,374^{**}$.

Zásoba dusíku ve vrstvě 0–90 cm, ať už prostá či korigovaná je tedy nejlepším parametrem pro prognózu potřebného hnojení cukrové řepy, k jakému jsme se dopracovali. Tento výsledek

Obr. 5. Závislost optimální dávky dusíku na korigované zásobě dusíku v půdní vrstvě 0–90 cm



Obr. 6. Závislost optimální dávky dusíku na naměřené zásobě dusíku v půdní vrstvě 0–90 cm



potvrzuje i vztah mezi zásobou dusíku a přírůstkem výnosu dosažitelným hnojením (obr. 7.). I tady byla zjištěna významná a velmi logická závislost: se zásobou dusíku přírůstek dosažitelný hnojením klesá. Na obr. 7. je kromě konstatované závislosti pozoruhodný velký počet případů, kdy se nepodařilo hnojením dosáhnout přírůstku výnosu vůbec. Tyto případy začínají už při zásobách kolem 50 kg·ha⁻¹ N a nad 100 kg·ha⁻¹ jsou opravdu časté. Je to jednak potvrzení skutečnosti, že hnojení dusíkem není zvláště silným výnosovým faktorem, jednak důvod ke spekulacím, že během vegetace řepy se zejména v důsledku mineralizace dusíku z půdní zásoby může efekt přímého hnojení výrazně snížit. Z konfrontace obr. 5. a 6. oproti obr. 7. vyplývá ještě jeden významný poznatek: Na obr. 5. a 6. jsou případy, kdy i při zásobě dusíku ≥ 200 kg·ha⁻¹ N byla ODN i nad 50 kg·ha⁻¹ N. Z obr. 7. však současně vyplývá, že toto hnojení přinášelo jen minimální výnosový přírůstek a že tedy chyba z „nedohnojení“ je zcela nevýznamná.

Zjištěná souvislost mezi zásobou N a ODN je sice významná na hladině pravděpodobnosti 99 %, není však nijak těsná.

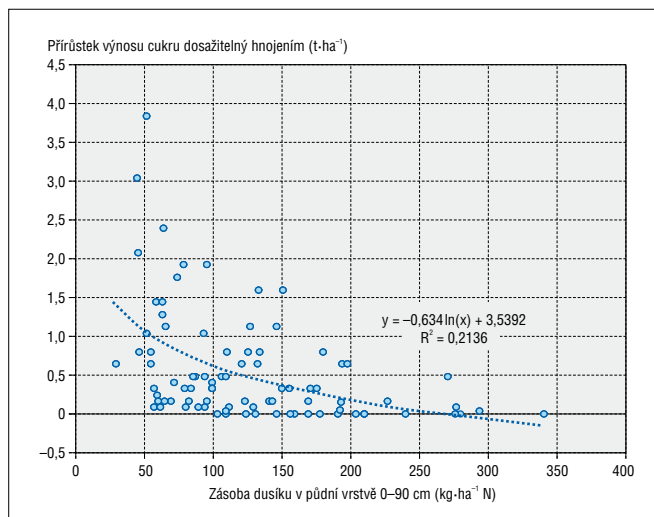


Vyskytují se případy potřeby hnojení kolem $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N při zásobě kolem $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N a naopak, případy nulové potřeby hnojení při zásobě $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Prognóza tedy nemá velkou přesnost. Zde je ovšem potřeba si uvědomit, že mezi prognózou a sklizní je zhruba 240 dnů a množství vlivů, které mohou změnit jak množství a dostupnost dusíku v půdě (mineralizace, vyplavování, denitrifikace), tak jeho využití pro tvorbu výnosu (počasí během vegetace, choroby a škůdci). Požadavek na přesnost prognózy ovlivňuje podstatně také citlivost hodnotícího parametru – optimální dávky dusíku. Výnosová křivka na obr. 2. má ve vrcholové části poměrně plochý průběh a v rozmezí $70\text{--}140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N se její hodnota mění v rozsahu do 1 % výnosu. Chyba prognózy $\pm 30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N tedy má jen nevýznamný vliv na konečný výsledek. Je tedy nereálné a nesmyslné prognózování potřeby hnojení na jednotky kilogramů N.

Diskuse

Na prezentovaných výsledcích je nejnápadnější především jejich veliký rozptyl. Výnosy cukru kolísají od 8 do $16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, optimální dávka dusíku se pohybuje od 0 do $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,

Obr. 7. Závislost výnosového přírůstku dosažitelného hnojením na zásobě dusíku v půdě



zásoba dusíku od 44 do $341 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, přírůstek výnosu cukru vlivem hnojení od 0 do $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vyskytují se případy významné potřeby hnojení při vysoké zásobě dusíku v půdě a naopak nízké potřeby při nízké zásobě. Variabilita výnosů je kombinací vlivu lokality, ročníku, někdy i fytopatologických problémů a je pochopitelná. Před nedávnem publikoval podobnou sérii 114 pokusů s dusíkatým hnojením v jižním Německu BÜRCKY (1) a variabilita výnosových parametrů byla podobná. Variabilitu zásob dusíku na provozních plochách jsme analyzovali v naší předchozí práci (5): „I malé rozdíly klimatické, půdní a ve způsobu obhospodařování zjevně postupně vedou až k řádovým rozdílům“. Veliké rozdíly v zásobě dusíku mezi pozemky nejsou specifikou našich pokusných lokalit (ty zakládáme na řepných polích v zemědělských podnicích), jsou zjevně realitou českého zemědělství. V zásadě šablonovité dávkování dusíku, popř. bilanční metoda stanovení dávek tyto rozdíly nijak nereflektuje, a to vede k ekonomickým ztrátám a k environmentálním problémům (nitráty ve spodních vodách, uhlíková stopa).

Při veliké variabilitě vstupních parametrů (zásoba dusíku) i výnosů nepřekvapuje pak, že závislost mezi zásobou dusíku a jeho optimální dávkou není těsná, je však statisticky významná a reprodukovatelná: stejnou závislost jsme na menším souboru pokusů publikovali v roce 2012 (4) a tentokrát jsme se dopracovali k velmi podobným regresním rovnicím i korelačním koeficientům. Netěsná závislost mezi zásobou a ODN je ovlivněna i objektivními nepřesnostmi při jejím zjišťování. Prognózu i stanovení optimální dávky zatěžují chyby při vzorkování půdy či při analýze vzorků i pokusnická chyba stanovení výnosů a jakosti. V případech vysoké zásoby nad $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N a současně významné potřeby hnojení nad $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N (5 případů) je obtížné hledat vysvětlení jinde, než v chybě stanovení té zásoby nebo v chybě pokusu stanovujícího potřebu hnojení. Ztrátu dusíku ze zásoby je bez mimořádného vyplavení či denitrifikace nemožné rozumně vysvětlit (imobilizace nitrátů do organických forem je nepravděpodobná). Opačný pól – nízká zásoba a současně nízká potřeba hnojení (7 případů) by se dala vysvětlit vysokou mineralizací. Proč k ní ovšem došlo, když je v tom 5 případů bez organického hnojení? A proč se tato situace na stejné lokalitě neopakuje? Opět je tedy pravděpodobnější chybné stanovení zásoby nebo chyba pokusu.

Přes uvedené výhrady je závislost mezi zásobou dusíku a potřebou hnojení jediná opravdu významná, parametry jako organické hnojení či (před)předplodina a předpokládaný výnos

ji pouze doplňují. Pravděpodobnost, že s pomocí této závislosti se optimální dávce dusíku ve většině případů přiblížíme, je vysoká, je to nejvýznamnější informace, jak dávkování dusíku zpřesnit. Tento výsledek je v souladu s mnoha výzkumy provedenými po roce 1980, např. (9), a na tomto základě byly poradenskými organizacemi zavedeny různé metody doporučení dávků dusíku: N_{\min} v severním Německu, EUP v jižním Německu a v Rakousku (10), Azofert ve Francii (2). V Česku jsme od EUP v osmdesátých letech přešli na laboratorně jednodušší metody blízké N_{\min} (3) a dnes odhadujeme, že doporučení se vypracovává pro 20–30 % ploch cukrové řepy. Rozsah měření půdní zásoby a doporučení v Česku považujeme za naprosto nedostatečný, vedoucí k významným ztrátám a dalším následkům. Popsaná netěsnost závislosti a případy, kdy se osvědčí vyšší dávka než prognózovaná, jsou argumentem praktických agronomů pro šablonovitě stanovené vyšší hnojení, hnojení „na jistotu“. Zcela se přitom zanedbává fakt, že ještě častěji se (v našich výsledcích) vyskytovaly opačné případy – optimální dávka byla nižší, než prognózovaná.

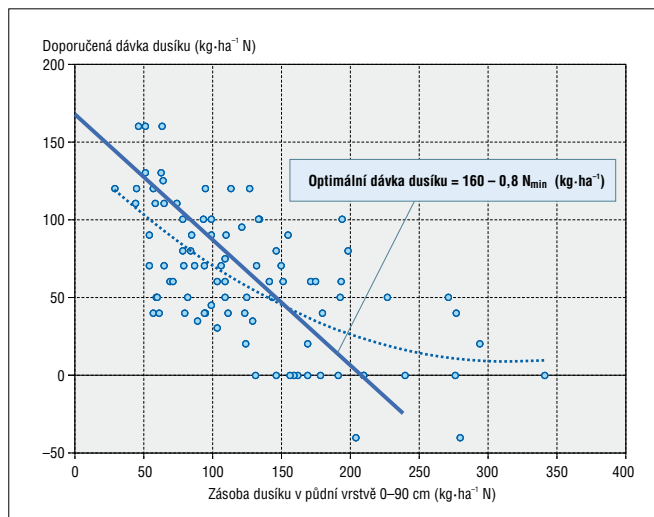
Hnojení v praxi, bez znalosti půdní zásoby dusíku, je tedy v drtivé většině případů příliš vysoké. Odhadujeme, že v České republice se k cukrové řepě v průměru hnojí 100–120 kg·ha⁻¹ N a je to tedy o 40–50 kg·ha⁻¹ N více než optimální dávka v našich pokusech. Tam, kde je zásoba dusíku v půdě vysoká, se tímto hnojením dostáváme do sestupné fáze výnosové křivky, snižujeme si výnos a cukernatost. Současně se bez efektu zvyšují náklady na dusíkatá hnojiva. Dnes, kdy musí zemědělec velmi dbát na společenskou akceptovatelnost svého podnikání, musí

být zohledňovány i environmentální souvislosti: nebezpečí vyplavení nespoteřovaných nitrátů do spodních vod a uhlíková stopa nadměrného dusíkatého hnojení. Aspekt uhlíkové stopy zůstával zatím stranou pozornosti. Výroba dusíkatých hnojiv je ovšem energeticky velmi náročná a je spojena s významnými emisemi oxidu uhličitého. REJN (8) vyčíslil podíl dusíkatých hnojiv na emisích při výrobě cukru na 20 %, větší než např. emise z nafty spotřebované při pěstování. Jakékoliv zbytečné navyšování této stopy zhoršuje image zemědělců.

Argumenty pro vysoké hnojení cukrové řepy poskytuje bilanční metoda odhadu potřeby hnojení (7). Potřeba dusíku pro tvorbu výnosu se v ní odvozuje z lineárního vztahu mezi koncentrací dusíku v rostlinách a výnosem. Dnešní výnosy řepy jsou vysoké, 60–100 t·ha⁻¹, a potřeba dusíku pak vychází často vysoko přes 300 kg·ha⁻¹ N. V posledních 20 letech však došlo k velké proměně habitu cukrovky. Výrazně se zmenšil listový aparát (s vyšší koncentrací dusíku) a zvětšil se podíl bulev (s nízkou koncentrací) na celkovém výnosu. Ačkoliv výnosy řepy (bulev) narostly o 30–50 %, odběr dusíku rostlinami se nezměnil (1) a zůstává, stejně jako před 30 lety, ca 220 kg·ha⁻¹ N.

Naše výsledky je možné (a považujeme to za nanejvýš potřebné) využít k přesnějšímu dávkování dusíku v praxi. Použitelné vztahy mezi zásobou dusíku a ODN jsou v části Výsledky označeny (1, 2, 3, 4). Vyšší korelační koeficienty jsme našli pro půdní vrstvu 0–90 cm, proto ji pro prognózu potřeby hnojení preferujeme, i když je vzorkování půdy do 90 cm náročnější. I při vzorkování jen do 60 cm však znalost zásoby umožní hnojení zpřesnit.

Obr. 8. Návrh prakticky použitelného vztahu pro doporučení dávky N na základě jeho zásoby v půdní vrstvě 0–90 cm



Pro praktické doporučování jsou výše uvedené vztahy komplikované a málo názorné. Doporučujeme upravit je takto:

1. Vypustit kvadratický člen a proložit závislost lineárně.
2. Zvýšit (zajistit) doporučení pro nízké zásoby dusíku – nahradit absolutní člen (136 resp. 139, 125, 128) hodnotou 160.
3. Zaokrouhlit lineární člen na jedno desetinné místo.

Po této úpravě navrhuje doporučovat dávku dusíku podle obr. 8. pro vzorkování z vrstvy 0–90 cm a podle obr. 9. pro vzorkování 0–60 cm.

Souhrn

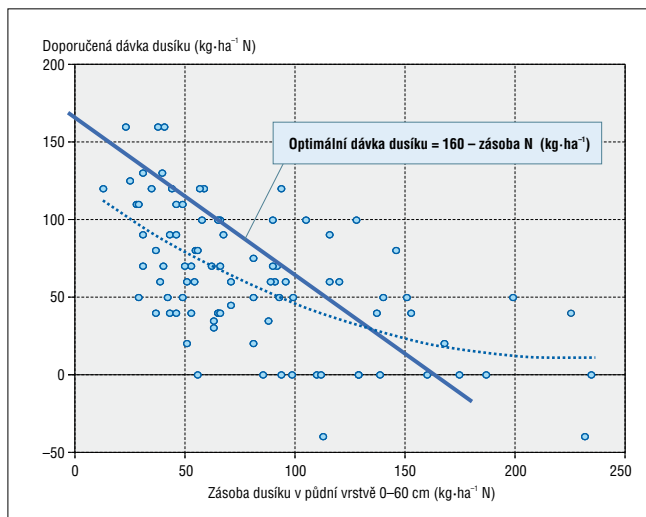
V české řepářské oblasti bylo v letech 2001–2019 provedeno 90 pokusů se stupňovaným hnojením dusíkem. Před založením pokusů byla na přelomu února a března stanovena zásoba minerálního dusíku v půdních vrstvách 0–30, 30–60 a 60–90 cm. V pokusech byla určena dávka dusíku při níž bylo dosaženo maximálního výnosu polarizačního cukru. Tato dávka byla v průměru všech pokusů 60 kg-ha⁻¹ N, v jednotlivých případech však kolísala v rozpětí 0–160 kg-ha⁻¹ N a v 15 % případů byl maximální výnos dosažen při nulové dávce dusíku. Dávka dusíku pro maximální výnos cukru závisela vysoce signifikantně na zásobě minerálního dusíku v půdě. Pro praktickou prognózu optimální dávky dusíku je doporučen vztah: optimální dávka N (kg-ha⁻¹) = 160 – 0,8 × zásoba dusíku v půdní vrstvě 0–90 cm.

Klíčová slova: minerální dusík, dávka N, výnos cukru, pokusy s hnojením.

Literatura

1. BŮRČKY, K. ET AL.: Nährstoffaufnahme der Zuckerrübe. Teil 1: Rübe und Blatt. *Sugar Ind. / Zuckerind.*, 142, 2017, s. 162–167.
2. DUVAL, R.; MACHET, J.-M.: Field N recommendation: Validation of a new software, AZOFERT®. In *Proc. 71st IIRB Congress 2008*, 13.–14. 2. 2008, Brussels.
3. CHOCHOLA, J.; RADEK, J.: Možnosti prognózy potřebné dávky dusíku k cukrovce na základě půdních rozborů. *Rostlinná výroba*, 28, 1982 (1), s. 21–33.
4. CHOCHOLA, J.: Vliv půdní zásoby dusíku na potřebu hnojení cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 128, 2012 (3), s. 90–95.

Obr. 9. Návrh prakticky použitelného vztahu pro doporučení dávky N na základě jeho zásoby v půdní vrstvě 0–60 cm



5. CHOCHOLA, J.; PAVLŮ, K.: 30 let monitorování zásoby dusíku na řepných polích. *Listy cukrov. řepář.*, 236, 2020 (2), s. 66–72.
6. JAGGARD, K. W.; QI, A.; ARMSTRONG, M. J.: A meta-analysis of sugar beet yield responses to nitrogen fertilizer measured in England since 1980. In *Proc. 71st IIRB Congress 2008*, Brussels, s. 157–171.
7. KLÍR, J. ET AL.: *Rámcová metodika výživa rostlin a bnojení*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., 2007, 52 s.
8. REIN, P. W.: The carbon footprint of sugar. *Sugar Ind. / Zuckerind.* 135, 2010 (7), s. 427–434.
9. WEHRMANN, J.; SCHARPF, H. C.: Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf. *Plant and Soil*, 52, 1979, s. 109–126.
10. WIKLICKY, L.; NÉMETH, K.; RECKE, H.: Beurteilung des Stickstoffdüngerbedarfes für die Zuckerrübe mittels EUF (Elektroultrafiltration wasserklare Filtrate). In *Symp. Stickstoff und Zuckerrüben*, Brussels: IIRB, 1983, s. 533–544.

Chochola J., Pavlů K., Radek J.: Soil Nitrogen Supply and Sugar Beet Fertilization Needs

In the Czech beet-growing region, 90 experiments with nitrogen fertilization were carried out between 2001 and 2019. In late February/early March, before the experiments were set, the mineral nitrogen supply in soil was established in soil layers 0–30, 30–60 and 60–90 cm. The experiments determined the dose of nitrogen needed for the maximum yield of polarized sugar. The average dose for all experiments was 60 kg ha⁻¹ N, but in individual cases it was in the range 0–160 kg ha⁻¹ N and in 15% of cases, the maximum yield was achieved with zero nitrogen dose. The nitrogen dose for maximum sugar yield depended highly significantly on the mineral nitrogen content in soil. For a practical prediction of optimum nitrogen dose, the following relationship is recommended: N optimum dose (kg ha⁻¹) = 160 – 0.8 × nitrogen content in soil layer 0–90 cm.

Key words: mineral nitrogen, N dose, sugar yield, fertilization experiments.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jaromír Chochola, CSc., Řepářský institut, spol. s r. o. Semčice 69, 294 46 Semčice, Česká republika, e-mail: chochola@semcice.cz