

Vliv organického a minerálního hnojení a plečkování na kvalitu půdy a výnos cukrové řepy

EFFECT OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION AND HOEING ON SOIL QUALITY AND SUGAR BEET ROOT YIELD

Helena Kusá, Gabriela Mühlbachová, Martin Káš, Pavel Růžek
Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.

Cukrová řepa, stejně jako další okopaniny, odčerpává z půdy velké množství živin, má pro ně dobrou osvojovací schopnost. Dle VAŇKA ET AL. (1) na 1 tunu bulev a odpovídající množství chrástu cukrovka přijme: 4,8 kg K, 3,9 kg N, 2 kg Ca, 0,9 kg Na, 0,8 kg Mg a 0,5 kg P. Větší část živin je obsažena v chrástu, takže v případě jeho zaorávky zůstává velká část živin na pozemku a jejich export je podstatně nižší než celkový odběr. Cukrová řepa je velmi citlivá na přehnojení dusíkem, které vede k poklesu cukernatosti a v některých případech i k poklesu výnosu. Naopak příznivě je cukernatost sklizených bulev ovlivněna biochemickou funkcí draslíku (2). Optimální výživu cukrové řepy lze zajistit kombinací statkových a minerálních hnojiv. Nejvhodnější hnojiva jsou hnůj a kompost, ale lze je nahradit i dalšími organickými hnojivy např. slámou + kejdou (lihovarskými výpalky, digestátem) + zeleným hnojením. Optimální dávka hnoje představuje 30–40 t·ha⁻¹. Vyšší dávky již nezvyšují výnos ani nezlepšují kvalitu bulev (1). Důležitější než dávka je vždy termín zaorání. Nejvhodnější pro přeměnu hnoje a pro tvorbu půdní struktury je zaorání v září, na těžkých půdách nebo v suchých oblastech již k předplodině (2). Dynamiku dlouhodobého působení organických hnojiv významně ovlivňují podmínky stanoviště.

KLASINK A STEFFENS (3) v dlouhodobých polních pokusech s různým hnojením na stanovištích v Německu zaznamenali významnější rozdíly ve výnosech bulev až po deseti letech, kdy došlo k poklesu výnosů na variantách bez organického hnojení. HLISNIKOVSKÝ ET AL. (4) zjistili pouze 2% nárůst výnosu po opakované aplikaci hnoje ve srovnání s nehnojenou kontrolou, což přisoudili nepříznivým povětrnostním podmínkám ročníků, jež ovlivnily výnos z 95 %, zatímco hnojení pouze z 5 %. Uvedená statková a organická hnojiva jsou významnými zdroji draslíku. To spolu se zaorávkou chrástu vracejícího většinu draslíku přijatého rostlinou zpět do půdy může vést k nárůstu obsahu K v půdách, jak potvrdili HLISNIKOVSKÝ ET AL. (4). Rovněž BALÍK ET AL. (5) zjistili kladnou bilanci draslíku při pravidelné aplikaci hnoje (každý 3. rok) na různých stanovištích.

Cílem naší práce bylo vyhodnotit vliv organického a minerálního hnojení na půdní vlastnosti a výnos bulev cukrové řepy a jejich reakci na omezení P, K hnojení v dlouhodobém polním pokusu. Dále analyzovat půdy v zemědělských podnicích s různými způsoby hnojení k cukrové řepě a ověřit možnost plečkování meziřádkového prostoru cukrovky a podpovrchové aplikace hnojiv.

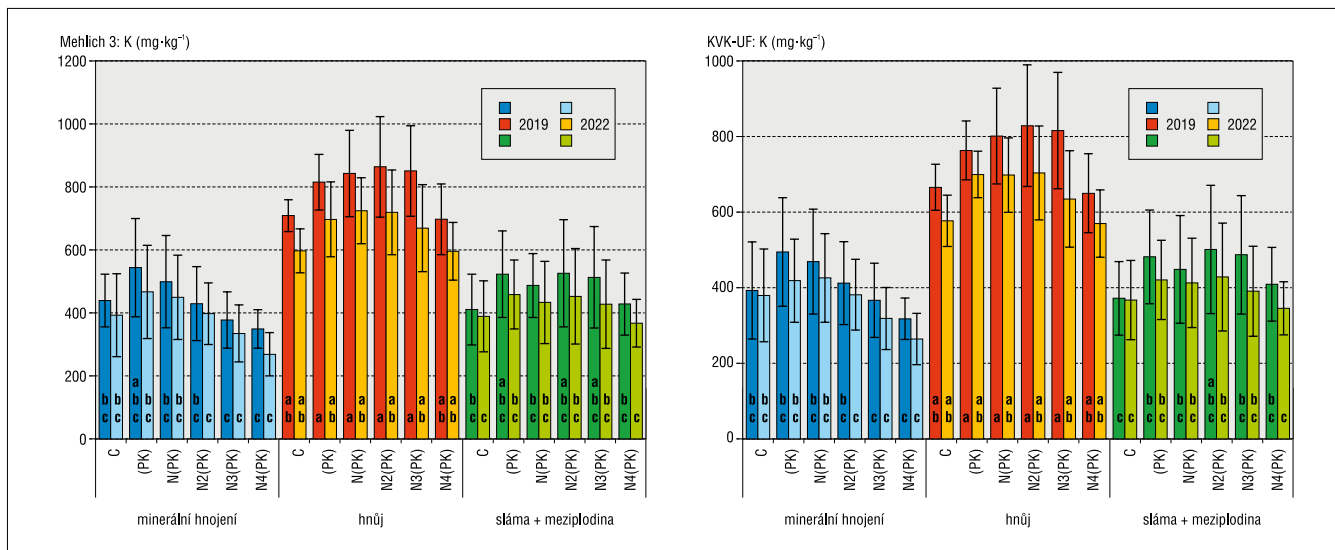


Materiál a metody

Vliv různého organického a minerálního hnojení na výnos cukrové řepy a vlastnosti půdy byl sledován v mezinárodním dlouhodobém polním pokusu IOSDV (Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch) založeném v roce 1984 na stanovišti v Ivanovicích na Hané (225 m n. m., roční úhrn srážek 558 mm, průměrná roční teplota 9,4 °C, degradovaná černozem, na spraši, pH (CaCl₂) 6,3, obsah živin dle Mehlich 3: 117 mg·kg⁻¹ P, 452 mg·kg⁻¹ K, 245 mg·kg⁻¹ Mg, 3 564 mg·kg⁻¹ Ca) s osevním sledem: cukrová řepa – ozimá pšenice – ozimý ječmen. V pokusu jsou použity tři základní systémy hnojení:

1. pouze minerální hnojení,
2. 30 t·ha⁻¹ hnoje skotu jednou za 3 roky pod cukrovou řepu,
3. sláma obilnin (5 t·ha⁻¹) + 50 kg·ha⁻¹ N na rozklad slámy + meziplodina jednou za tři roky – po ječmeni.

Obr. 1. Obsah přístupného (Mehlich 3) a výměnného (KVK-UF) draslíku v ornici (0–30 cm) po 35 letech minerálního hnojení K (2019) a po jednom osevním sledu (2022) bez hnojení K



V systémech s pouze minerálním hnojením nebo s hnojem je sláma sbírána. Řepný chrást je na všech variantách zaoráván. S výjimkou nehnojené kontroly bylo na všech variantách pokusu hnojeno jednotnou dávkou 35 kg·ha⁻¹ P (trojitý superfosfát) a 83 kg·ha⁻¹ K (draselná sůl) stanovenou podle předpokládaného odběru K cukrovou řepou. Od roku 2019 nejsou P, K hnojiva aplikována z důvodu vysokého obsahu P, K zjištěného v půdě v důsledku nízkých výnosů a odběru živin z půdy v suchých letech. V každém systému hnojení je realizováno pět úrovní minerálního hnojení dusíkem (síran amonný, LAV) aplikovaným ve dvou dávkách – před setím a v polovině června, které pro řepu představují 0, 50, 100, 150 a 200 kg·ha⁻¹ N. Půda je zpracovávána konvenčním způsobem s podmtkou a orbou, ošetření pesticidy probíhá standardním způsobem podle podmínek ročníku.

V půdních vzorcích z profilu 0–30 cm (ornice) byl sledován obsah živin metodou Mehlich 3 (6), výměnných podílů živin extrakcí v octanu amonném (metoda KVK-UF)(7), půdní reakce a obsah C_{ox} (metoda ÚKZÚZ)(8), dále výnos řepných bulev a některé kvalitativní parametry sklizené řepy (ty v tomto článku nejsou prezentovány).

Různé způsoby kultivace meziřádkového prostoru pro zvýšení zadržení vody ze srážek byly testovány v poloprovozních pokusech v ŘVO ve středních Čechách (2021: k. ú. Kochánky, 248 m n.m., DBP 6501/1; 2022: k. ú. Bašť 241 m n. m, DPB 8003/3) na plochách po ozimé pšenici se zapravením slámy a minerálním hnojením dusíkem k cukrové řepě (200 kg·ha⁻¹ NPK 8–25–25 před setím, přihnojení na povrch půdy LAV podle stavu porostu). Plečkování bylo provedeno ve fázi 4.–6. pravého listu cukrové řepy (v roce 2022 pak ve fázi 8.–10. listu). Bylo ověřováno plečkování pouze dláty po obou stranách řádku nebo v kombinaci s důlkováním pro lepší zadržení vody ze srážek. Rovněž byly zařazeny i varianty s přihnojením kapalným hnojivem DAM (30 kg·ha⁻¹ N). Při sklizni pokusu byl stanoven výnos bulev a jejich cukernatost.

Výsledky byly statisticky zpracovány pomocí softwaru Statistica 13 (TIBCO, USA) s využitím jednocestného testu ANOVA. Rozdílná písmena užitá v grafech znázorňují statisticky průkazné rozdíly zjištěné pomocí Tukey testu na hladině významnosti p < 0,05.

Výsledky a diskuse

Draslík v půdě

Dávky draslíku aplikované v minerálních hnojivech odpovídaly doporučením pro pěstování cukrové řepy v podmínkách Česka (100 kg na hektar v K₂O) (2) či Evropy (9). Přesto došlo během třiceti pěti let trvání pokusu ke značnému nárůstu obsahu fosforu a zejména draslíku v půdě. Příčinou byly stále stejně vysoké dávky hnojiv dle jednotné metodiky bez ohledu na podmínky ročníku, dosažený výnos a odčerpání živin rostlinami. Mimoto je pokusné stanoviště v okrese Vyškov, kde průměrný obsah K podle Mehlich 3 dosahuje 322 mg·kg⁻¹ K, jen 0,4 % orné půdy má nízkou zásobu přijatelného K v půdě a téměř 40 % vysokou a velmi vysokou (10). Cukrovka má vysokou osvojecí schopnost vůči živinám a mohutný kořenový systém, který dokáže odčerpat živiny až z hloubky 150 cm (11), nejen ze zpracovávané vrstvy půdy, kam jsou zaorávána hnojiva. Jak uvádí BALÍK ET AL. (5) podomíčí představuje výrazný zdroj přijatelného draslíku na úrovni 64 % (výměnný K) až 98 % (Mehlich 3) obsahu v ornici. Na nehnojené kontrole pokusu dosahoval po sklizni v roce 2019 obsah draslíku v ornici do 30 cm 439 mg·kg⁻¹. Aplikace minerálních draselných hnojiv jej zvýšila až na 543 mg·kg⁻¹ K půdy. Obdobné hodnoty byly zjištěny v systému se zapravením slámy obilnin a meziplodiny po ječmeni (410–525 mg·kg⁻¹ K). Zapravení samotného hnoje zvýšilo obsah K v půdě na 709 mg·kg⁻¹, v kombinaci s minerálním hnojením K až na 863 mg·kg⁻¹. Rovněž HLISNIKOVSÝ ET AL. (4) potvrdili zvýšení obsahu draslíku a fosforu při použití hnoje + NPK ve srovnání s aplikací samotného NPK.

Na základě těchto stanovení byla vynechána aplikace minerálních P, K hnojiv. Po jednom osevním sledu bez tohoto hnojení byly nejvyšší obsahy přístupného i výměnného K opět zjištěny v systému s hnojem (obr. 1), kde dosahovaly 596–725 mg·kg⁻¹ u různých úrovní hnojení dusíkem. V systému s hnojem jsou dosahovány nejvyšší výnosy bulev a odběry živin, proto i pokles obsahu K byl v tomto systému nejvyšší (102–180 mg·kg⁻¹). Pouze o 22–85 mg·kg⁻¹ poklesly obsahy draslíku v půdách systému sláma + meziplodina, kam byl ve dvou letech draslík navrácen do půdy

Obr. 2. Špatná struktura povrchové vrstvy půdy



v zapravené slámě a obsahy dosáhly hodnot 367–452 mg·kg⁻¹. Podobný trend byl pozorován i v systému s pouze minerálním hnojením, bez zdroje draslíku ve sledovaném období, ale zároveň i nízkými odběry živin (pokles o 32–80 mg·kg⁻¹, aktuální hodnoty 268–466 mg·kg⁻¹). Půdy všech variant i nadále vykazují vysokou až velmi vysokou zásobu draslíku dle metody Mehlich 3. Snížení obsahu draslíku v ornici u žádné varianty nebylo statisticky významné vzhledem ke značné heterogenitě pozemku. Stejně trendy byly zjištěny i u výměnné frakce draslíku, jejíž obsah byl u všech variant hnojení v obou ročníchích o jednotky procent nižší než obsah přístupného K dle Mehlich 3.

Povrchová vrstva půdy

Draslík jako jednomocný kation může nepříznivě ovlivňovat stabilitu půdních agregátů. JAŠA ET AL. (12) zjistili nárůst podílu jemných půdních elementů a zhoršení strukturního koeficientu

půdy po opakované aplikaci organických či statkových hnojiv s vysokým obsahem draslíku. Rovněž CSITÁRI ET AL. (13) potvrdili nižší stabilitu agregátů při aplikaci hnoje než po zapravení slámy. Jedním z důsledků poškození půdní struktury je i omezené vsakování vody do půdy, o němž rozhoduje především povrchová vrstva půdy, která je v těch případech rozplavená (slitá) (obr. 2). Draslík jako jednomocný kation je silně vázán na sorpční komplex půdy, zatímco dvoumocné kationy Ca²⁺ a Mg²⁺ jsou v půdním roztoku více pohyblivé a v důsledku srážek jsou vyplavovány z povrchové vrstvy, kde tak vzrůstá podíl jednomocných kationů. Pro optimální strukturu půdy by měl poměr jedno- a dvoumocných iontů v ekvivalentním vyjádření dosahovat poměru Σ(+): Mg : Ca = 1 : 2–3 : 10–15 (14). Největší problémy s nerovnoměrným rozdělením živin v půdním profilu nastávají při konzervačních způsobech zpracování půdy, kde nedochází k jejímu obracení a zapravení hnojiv, extrémním případem jsou technologie bez zpracování půdy (15), kde jsou všechna hnojiva aplikována na povrch půdy.

Samostatnou analýzou povrchové vrstvy půdy 0–2 cm a ornice (0–30 cm) v roce 2022 byly i v této půdě s konvenčním zpracováním půdy a zaoráním fosforečných a draselných hnojiv i hnoje zjištěny značné rozdíly v poměru kationtů v obou vrstvách. Ve všech vzorcích byla zjištěna velká převaha jednomocných kationtů, zde pro jednoduchost zastoupených pouze draslíkem, vyplývající z jeho vysokého obsahu v půdách tohoto regionu obecně a obzvláště v pokusu s dlouhodobým pravidelným hnojením draslíkem (tab. I.). Proto byly nejnižší poměry zjištěny po hnojení hnojem, následované slámou + meziplodinou a samotným minerálním hnojením. Ve všech vzorcích byly

Tab. I. Poměry kationtů K : Mg : Ca v ornici při různém hnojení (2022)

Varianta hnojení N	Vrstva půdy (cm)	Minerální hnojení			Hnůj			Sláma + meziplodina		
		K	Mg	Ca	K	Mg	Ca	K	Mg	Ca
		KVK-UF (mmol _{chem.} ekv. · kg ⁻¹)								
0	0–2	1	1,02	4,53	1	0,76	3,14	1	1,01	4,53
	0–30	1	1,16	5,52	1	0,83	3,56	1	1,11	4,97
(PK)	0–2	1	1,06	4,58	1	0,75	2,97	1	0,97	4,15
	0–30	1	1,01	4,79	1	0,73	3,15	1	1,05	4,80
N1(PK)	0–2	1	0,97	3,99	1	0,69	2,75	1	0,92	3,79
	0–30	1	1,02	4,67	1	0,72	3,07	1	1,02	4,69
N3(PK)	0–2	1	1,08	4,27	1	0,72	2,73	1	0,98	3,98
	0–30	1	1,63	6,68	1	0,83	3,24	1	1,15	4,70
Průměr	0–2	1	1,03	4,34	1	0,73	2,90	1	0,97	4,11
	0–30	1	1,20	5,41	1	0,78	3,25	1	1,08	4,79

zjištěny méně příznivé ukazatele v povrchové vrstvě, bez ohledu na způsob minerálního i organického hnojení.

Vliv různých systémů hnojení na půdní reakci

Nejvyšší hodnoty půdní reakce (v průměru 6,8) byly zjištěny v systému s hnojem (obr. 3.), který redukoval negativní vliv minerálních hnojiv na pH, což potvrdili i HLISNIKOVSÝ ET AL. (4). Organické hnojení sláma + meziplodina tento efekt nepřineslo a průměrné hodnoty pH byly téměř identické se samotným minerálním hnojením (6,4 a 6,5). V jednotlivých systémech hnojení půdní reakce klesala se stoupající dávkou minerálních hnojiv. Vynechání podzimní aplikace P, K hnojiv se po třech letech projevilo většinou neprůkazným zvýšením půdní reakce (o 0,1–0,2) u všech variant pokusu.

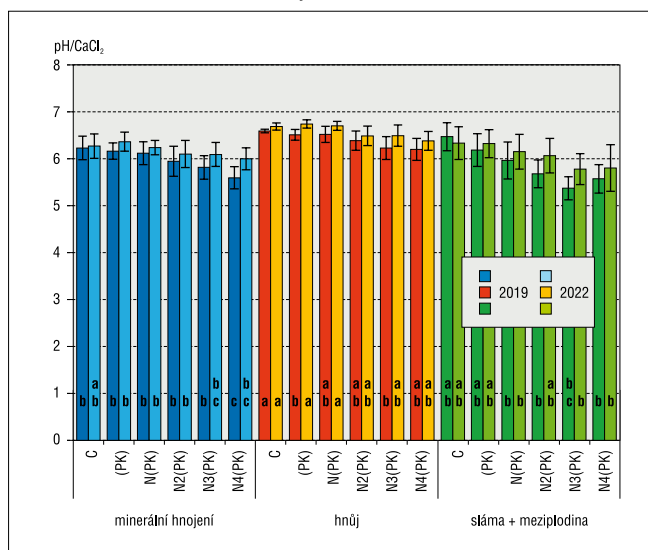
Vliv různých systémů hnojení na obsah C_{ox} v půdě

Obsah organického uhlíku (C_{ox}) v půdě nebyl hodnocen po jednotlivých letech vzhledem k delší reakci tohoto parametru na dodání organických látek do půdy. Tento dlouhodobý pokus má prokázat, zda je možná plnohodnotná náhrada hnoje zapravením slámy obilnin v kombinaci s mezipločinou. Z obr. 4. je patrné, že v systému s hnojem byl zjištěn významně vyšší obsah C_{ox} v půdě (v průměru 1,9 %) než po zapravení slámy s mezipločinou (1,7 %) nebo minerálním hnojením (1,6 %) bez ohledu na dávku minerálních dusíkatých hnojiv. To potvrzují výsledky BALÍKA ET AL. (5), kteří zjistili nevyšší obsah organického uhlíku v půdě po aplikaci hnoje s NPK. Sláma obilnin + meziplodina zvýšily obsah C_{ox} v půdě pouze ve srovnání s minerálním hnojením, ale samostatně nedokáží z tohoto hlediska hnůj nahradit. K tomu by, podle VAŇKA ET AL. (1) a PULKRÁBKA ET AL. (2), bylo nutné aplikovat na slámu ještě tekutá statková či kapalná organická hnojiva.

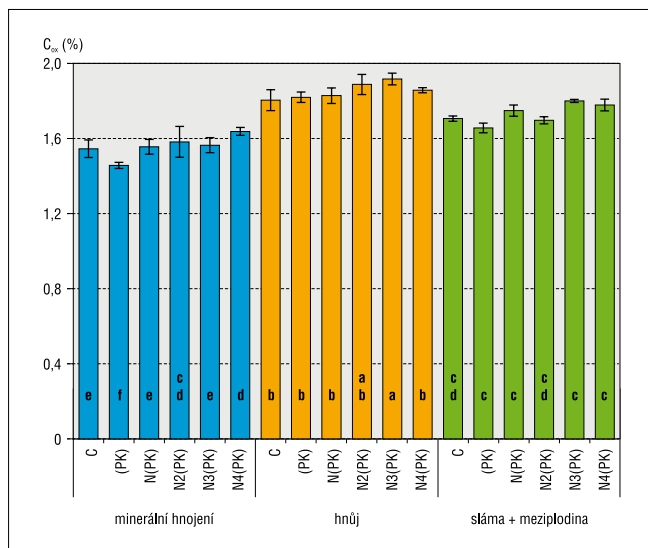
Dlouhodobý vliv různého hnojení na výnos cukrové řepy

Dlouhodobý vliv různého organického či minerálního hnojení v pokusu IOSDV na výnos bulev cukrové řepy a jejich kvalitativní ukazatele byl již v tomto periodiku publikován (16) a zde nebude podrobněji diskutován. Výsledky posledních tří osevních sledů (2014–2022) potvrdily, že vliv ročníku a dostatek srážek je pro tvorbu výnosu rozhodujícím faktorem (4), převažujícím nad způsobem hnojení. V suchých letech (2017, 2018) s ročním úhrnem srážek nižším než 400 mm dosahovaly výnosy bulev cukrové řepy v jednotlivých systémech hnojení v průměru jen 34–43 t·ha⁻¹, nejvyšší byly po zapravení slámy s mezipločinou. Vliv stupňovaných dávek minerálního N za těchto podmínek nebyl významný, zvyšovaly výnos bulev jen do dávky 100 kg·ha⁻¹ N. Za příznivých srážkových podmínek výnosy řepy (56–74 t·ha⁻¹) v jednotlivých systémech hnojení stoupaly většinou v pořadí: minerální hnojení < hnůj ≤ sláma + meziplodina. Při vhodném rozložení srážek se příznivě projeví i nejvyšší dávky minerálního dusíku. Vynechání aplikace minerálních P, K hnojiv v posledních letech neovlivnilo nepříznivě výnos bulev, neboť zásoba obou živin v půdě dle hodnocení AZZP stále zůstává na dobré až velmi vysoké úrovni (K: 284 mg·kg⁻¹ v systému s pouze minerálním hnojením až 724 mg·kg⁻¹ v systému s hnojem; P: 110 mg·kg⁻¹ nehnojená kontrola až 199 mg·kg⁻¹ po hnojení

Obr. 3. Půdní reakce v ornici (0–30 cm) po 35 letech stálého hnojení (2019) a po jednom osevním sledu (2022) bez minerálního P, K hnojení



Obr. 4. Obsah C_{ox} v půdě při různém organickém a (nebo) minerálním hnojení (průměr let 2020–2022)



hnojem). Největší odezva na zvyšování dávek dusíku byla zjištěna u pouze minerálního hnojení, nejnižší byla v systému s hnojem, kde docházelo během vegetace k uvolňování živin.

Vliv různého hnojení cukrové řepy na vlastnosti půdy

Rozbory půd ze zemědělských podniků v řepářských výrobních oblastech České republiky potvrdily poznatky z dlouhodobých pokusů. Po pravidelné aplikaci hnoje k cukrové řepě byly v půdách zjištěny vysoké obsahy draslíku a vyhovující (Ca, Mg), příp. dobré (P) obsahy dalších živin. To se projevilo nižšími poměry jedno- a dvoumocných iontů v ornici (K : Mg : Ca = 1 : 1,44 : 9,0) a zejména v povrchové vrstvě (1 : 1,37 : 8,22). Extrémní obsah draslíku v tomto souboru půd (706 mg·kg⁻¹ v ornici a 874 mg·kg⁻¹ v povrchové vrstvičce, stanoveno metodou

Obr. 5. Hrubá struktura povrchu půdy po plečkování cukrovky (nahore) a po plečkování rozšířeném o důlkování mezi řádky pro lepší zadržení srážkové vody (dole) – v pravé části obrázků vždy neošetřená varianta



KVK-UF) vykázala půda s vysokou dávkou hnoje a povrchovou aplikací NPK. V uvedených poměrech je z jednomocných kationtů započítáván pouze draslík (K^+). Správně by měl být zohledněn i sodík a amonný kation. V běžném hodnocení je neuvádíme, protože koncentrace sodíku v půdách jsou řádově nižší než draslíku a amonný ion se vyskytuje v půdě přechodně, neboť podléhá nitrifikaci. Dočasně však může nepříznivě ovlivňovat vsakování vody a stabilitu agregátů. V povrchové vrstvě půdy s cukrovou řepou hnojenou na podzim hnojem, při seti NPK a přihnojenou LAV bylo dva měsíce po seti zjištěno $175 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ NH}_4\text{-N}$, což výrazně změnilo již tak nepříznivý, poměr iontů v povrchové vrstvě ($K : \text{Mg} : \text{Ca} = 1 : 1,37 : 4,36$; $\Sigma(+): \text{Mg} : \text{Ca} = 1 : 0,61 : 1,94$). Na všech testovaných půdách byl k cukrové řepě pravidelně zaoráván hnůj a poměr $C : N$ v nich dosahoval jen 6,1–7,3.

Pravidelná aplikace hnoje přispívá k udržení obsahu organické hmoty v půdě, důležité mj. i pro její schopnost zadržet vodu ze srážek. Zároveň však vede k nárůstu koncentrace draslíku v půdě, což potvrdila dlouhodobá měření v našich pokusech i rozbory půd v zemědělských podnicích. Problémy s nadbytkem draslíku vyvolává i aplikace melasových výpalků, v nichž obsah draslíku několikanásobně převyšuje obsah dusíku. Při hnojení hnojem nebo digestátem (kejdou)(17) by mělo být významně omezeno (vypuštěno) hnojení draslíkem v minerálních hnojivech včetně NPK, popř. i minerálními hnojivy s obsahem Na a amonné formy N na povrch půdy. Pro zachování dobré struktury je třeba udržovat vyvážený poměr jednomocných a dvoumocných kationtů pravidelným vápněním, nejlépe dolomitickým vápněním.

Poloprovozní pokusy s meziřádkovým plečkováním a pod-povrchovou aplikací hnojiv

Schopnost půdy zadržet vodu ze srážek a hospodařit s ní bude stále významnějším faktorem vzhledem k probíhající změně klimatu. Výrazně zvýšená evapotranspirace způsobená vyššími teplotami bude jednou z hlavních příčin čtenějších epizod sucha, které budou v řadě ročníků limitem zemědělské produkce a současně hlavní příčinou nevyrovnanosti meziročních výnosů, včetně cukrové řepy. Druhým extrémem budou vysoké teploty a výskyt tzv. horkých vln. Proto jsme se v této práci zaměřili spíše na půdu a důsledky hnojení ovlivňující její retenční schopnost. Plečkování či kypření meziřádkového prostoru přispělo k infiltraci vody do půdy, omezení povrchového odtoku a částečně i ztráty půdy (18).

Cílem bylo ověřit pracovní nástroje s nízkým odporem a dobrým odplevelovacím účinkem, jež vytvoří na povrchu půdy hrubou strukturu a rýhu pro vstup vody ke kořenům rostlin při omezeném provzdušnění půdy, jež je doprovázeno ztrátami uhlíku z půdy ve formě emisí CO_2 . Plečkování dlátý po stranách řádků bylo rozšířeno o tvorbu důlků v meziřádkovém prostoru (obr. 5.), jež vytvořily akumulaci pro srážkovou vodu a oddálily počátek povrchového odtoku na svažitých plochách. Plečkování s důlkováním v jedné či dvou řadách se osvědčilo také u kukuřice či celeru (19, 20). Aplikaci dlátý umožnila přihnojení porostu kapalnými hnojivy z obou stran řádku do kořenové zóny rostlin, což snižuje ztráty živin (např. volatilizaci amoniaku), zvyšuje jejich využití rostlinami a zejména snižuje zatížení povrchové vrstvy půdy solemi, k němuž dochází při povrchové aplikaci hnojiv.

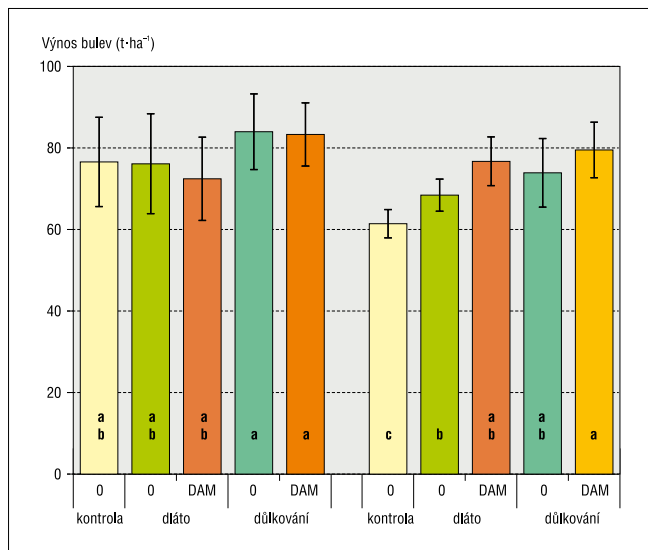
V obou ročních byl patrný příznivý vliv důlkování meziřádkového prostoru a zadržování vody v důlcích na dosažené výnosy bulev ve srovnání s neupravenou kontrolou či samotným plečkováním dláty, i když v roce 2021 došlo při ověřování inovačního postupu k poškození části porostu. V roce 2022 plečkování, a zejména v kombinaci s důlkováním, průkazně zvýšilo výnosy cukrovky o 8 a 11 t·ha⁻¹ ve srovnání s konvenční variantou (67,5 t·ha⁻¹; obr. 6.). Přihnojení kapalným hnojivem (DAM + StabilureN) do kořenové zóny rostlin se v jednotlivých technologiích projevilo dalším nárůstem výnosu o 9 t·ha⁻¹ a 6 t·ha⁻¹. Nejvýnosnější (87,5 t·ha⁻¹) tak byla varianta s plečkováním dláty aplikujícími hnojivo a důlkováním meziřádkového prostoru. Zde se projeví přínosy všech provedených zásahů – zvýšená mineralizace živin z půdy po jejím provzdušnění, uložení hnojiva do blízkosti kořenů rostlin a přivedení vody k němu a lepší dostupnost vody pro rostliny. Ta neodtékala po mírném svahu, ale zůstala zadržena v důlcích, kde měla delší dobu na vsáknutí do půdy. V průměru obou let zvýšilo samotné plečkování dláty výnos o 5 %, v souladu s poznatkem PULKRÁBKA ET AL. (18), a plečkování s důlkováním o 14 % v porovnání s kontrolou. Cukernatost bulev byla vysoká (20,7–21,3 %) s minimálními rozdíly mezi variantami.

Závěr

Po 35 letech hnojení stejnými dávkami P (35 kg·ha⁻¹) a K (83 kg·ha⁻¹) v kombinaci s minerálním hnojením dusíkem nebo organickým hnojením slámostí + meziplodinou nebo hnojením byla zjištěna kumulace draslíku v půdě, nejvíce po hnojení hnojem (až 860 mg·kg⁻¹ K dle Mehlich 3). Hlavní příčinou vysoké kumulace K v půdě byl nízký odběr draslíku cukrovkou při nízkých výnosech (30–40 t·ha⁻¹) v suchých letech (např. 2017 a 2018) a značné množství draslíku dodaného v hnoji i zapravením chrástu. Dlouhodobá aplikace hnoje v kombinaci s minerálními hnojivy měla příznivý vliv na půdní reakci, kde redukovala negativní vliv i vysokých dávek dusíkatých minerálních hnojiv. Po hnojení hnojem byl zjištěn vyšší obsah C_{ox} v půdě (v průměru 1,9 %) než po zapravení slámostí obilnin v kombinaci s meziplodinou (v průměru 1,7 %) nebo samotném minerálním hnojení v průměru 1,6 %). Vysoký obsah K v půdě je častou příčinou nevyváženého poměru kationtů K : Mg : Ca (v systému s hnojem až 1 : 0,7 : 2,7 namísto 1 : 2–3 : 10–15), což může vést ke zhoršení půdní struktury, tvorbě škraloupů a omezuje schopnost půdy vsakovat a zadržet vodu. Ke zmírnění těchto dopadů je vhodné aplikovat živiny podpovrchově, aby se snížilo zatížení povrchové vrstvy půdy solemi. K hnojivům aplikovaným lokálně nebo zonálně pod povrch půdy je třeba zejména v sušších oblastech přivést vodu zadržovanou ze srážek (důlkování, hrubá struktura půdy apod.).

V poloprovozních pokusech se osvědčilo přihnojení do kořenové zóny rostlin při plečkování ve fázi 6.–10. listu, které zároveň zvýšilo vsakování vody a využití živin z hnojiv rostlinami. Účinnější bylo plečkování v kombinaci s tvorbou důlků v meziřádkovém prostoru, které slouží jako akumulací pro srážkovou vodu, a na svažitých plochách mají i ochranný protierozní efekt (omezení povrchového odtoku a ztráty půdy). Význam těchto opatření se bude v příštích letech zvyšovat v souvislosti s probíhající změnou klimatu s častějšími přísuškami a přivalovými srážkami. Plečkování s důlkováním, popř. v kombinaci s přihnojením kapalným hnojivem DAM do kořenové zóny, mělo příznivý vliv na dosažené výnosy cukrové

Obr. 6. Výnos bulev cukrové řepy z poloprovozních pokusů a různým způsobem plečkování a přihnojení



řepy. V průměru obou let zvýšilo samotné plečkování dláty výnos o 5 % a plečkování s důlkováním o 14 % v porovnání s neupravenou kontrolou.

Publikované výsledky byly získány za finanční podpory MZe ČR v rámci projektu QK1910382 a Institucionální podpory MZe-RO0423.

Souhrn

V dlouhodobém pokusu IOSDV od roku 1984 na stanovišti v Ivanovicích na Hané (225 m n. m., roční úhrn srážek 558 mm, průměrná roční teplota 9,4 °C, degradovaná čemozem) došlo po každoročním hnojení draslíkem (83 kg·ha⁻¹) a fosforem (35 kg·ha⁻¹) v kombinaci s minerálním hnojením dusíkem nebo organickým hnojením hnojem nebo slámostí + meziplodinou ke kumulaci draslíku v půdě, nejvíce u hnoje (až 860 mg·kg⁻¹ K dle Mehlich 3). Hlavní příčinou vysoké kumulace K v půdě byl nízký odběr draslíku cukrovkou řepou při nízkých výnosech bulev (30–40 t·ha⁻¹) v suchých letech (v posledních letech např. 2017 a 2018) i zapravení chrástu s vysokým obsahem K. Dlouhodobá aplikace hnoje měla příznivý vliv na stabilní pH půdy i při vysokých dávkách N a obsah C_{ox} (v průměru 1,9 %), který byl vyšší než po zapravení slámostí obilnin v kombinaci s meziplodinou (v průměru 1,7 %). Vysoký obsah K v půdě je častou příčinou nevyváženého poměru kationtů K : Mg : Ca (po hnojení hnojem až 1 : 0,7 : 2,7 namísto 1 : 2–3 : 10–15), což může vést ke zhoršení půdní struktury, tvorbě škraloupů a zhoršení retenční schopnosti půdy. V poloprovozním pokusu byl zjištěn příznivý vliv plečkování s důlkováním na zadržování vody ze srážek v půdě a dosažené výnosy cukrové řepy, které byly o 14 % vyšší v porovnání s kontrolou bez plečkování.

Klíčová slova: organické a minerální hnojení, výnos bulev, draslík, C_{ox}, plečkování.

Literatura

- VANĚK, V. ET AL.: *Výživa polních a zabraďních plodin*. Praha: Profi Press, 2007, 167 s., ISBN 978-80-86726-25-0.
- PULKRÁBEK, J. ET AL.: *Řepa cukrová: Pěstitelský rádce*. České Budějovice: Kurent s.r.o., 2007, 64 s., ISBN 978-80-87111-00-0.
- KLASINK, A.; STEFFENS, G.: Der internationale organische Stickstoff-dauerdüngungsversuch (IOSDV) oldenburg nach neun versuchsjahren. *Archives of Agron. and Soil Sci.*, 39, 1995, s. 449–460.

4. HLISNIKOVSKÝ, L. ET AL.: The Effect of Farmyard Manure and Mineral Fertilizers on Sugar Beet Beetroot and Top Yield and Soil Chemical Parameters. *Agronomy*, 2021, 11 (1), s. 133, doi.org/10.3390/agronomy11010133.
5. BALÍK, J. ET AL.: Zásoba živin v půdě s akcentem na problematiku draslíku. In *Sborník z 28. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv*. ČZU: Praha, 2022, s. 17–26.
6. MEHLICH, A.: Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1984, 15, s. 1409–1416.
7. MATULA, J.: *Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF. Metodika pro praxi*. Praha: VÚRV, v.v.i., 2007, 47 s., ISBN 978-80-87011-16-4.
8. ZBÍRAL, J. ET AL.: *Jednotné pracovní postupy: Analýza půd III*. 3. vydání, Brno: ÚKZÚZ, 2011.
9. VARGA, I. ET AL.: Efficiency and Management of Nitrogen Fertilization in Sugar Beet as Spring Crop: A Review. *Nitrogen*, 2022 (3), s. 170–185, doi.org/10.3390/nitrogen3020013.
10. SMATANOVÁ, M.: *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2016–2021*. Brno: ÚKZÚZ, 2022, č.j.: ÚKZÚZ 145096/2022.
11. CHOCHOLA, J.: *Průvodce pěstováním cukrové řepy*. Semčice: Řepářský institut a KWS osiva, 2010, 65 s.
12. JAŠA, S.; BADALÍKOVÁ, B.; ČERVINKA, J.: Influence of digestate on physical properties of soil in ZD Budišov. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun.*, 2019, 67, s. 75–83.
13. CSITÁRI, G.; TÓTH, Z.; KÖKÉNY, M.: Effects of Organic Amendments on Soil Aggregate Stability and Microbial Biomass in a Long-Term Fertilization Experiment (IOSDV). *Sustainability*, 2021, 13, 9769, doi.org/10.3390/su13179769.
14. VANĚK, V. ET AL.: *Výživa zabraďních rostlin*. Praha: ACADEMIA, 2012, 568 s., ISBN 978-80-200-2147-2.
15. NEUGSCHWANDTNER, R. W. ET AL.: Exchangeable and Plant-Available Macronutrients in a Long-Term Tillage and Crop Rotation Experiment after 15 Years. *Plants*, 2022 (11), s. 565, doi.org/10.3390/plants11040565.
16. KAŠ, M.; MÜHLBACHOVÁ, G.; KUSÁ, H.: Předplodinová hodnota cukrové řepy v podmínkách změny klimatu. *Listy cukrov, řepář.*, 138, 2022 (2), s. 58–62.
17. BARLÓG, P. ET AL.: Effect of Digestate on Soil Organic Carbon and Plant-Available Nutrient Content Compared to Cattle Slurry and Mineral Fertilization. *Agronomy*, 2020 (10), s. 379, doi:10.3390/agronomy10030379.
18. PULKRÁBEK, J. ET AL.: *Začlenění podzimního hlubokého kypření půdy a kypření za vegetace do půdoochranné technologie pěstování cukrové řepy*. Uplatněná certifikovaná metodika. Praha: ČZU, 2015, 42 s., ISBN: 978-80-213-2614-9.
19. RŮŽEK, P. ET AL.: Vliv plečkování a hnojení na výnos kukuřice. *Úroda*, 70, 2023 (12 věd. příloha), s. 329–334.
20. KUSÁ, H.; RŮŽEK, P.; VAVERA R.: Vliv různých způsobů zpracování půdy a hnojení celeru na dosažené výnosy a vlastnosti půdy. *Úroda*, 70, 2023 (12 věd. příloha), s. 261–268.

Kusá H., Mühlbachová G., Kaš M., Růžek P.: Effect of Organic and Mineral Fertilization and Hoeing on Soil Quality and Sugar Beet Root Yield

Accumulation of potassium in soil occurred in a long-term experiment by the OISDV carried out since 1984 at a site in Ivanovice na Hané (225 m above sea level, annual precipitation 558 mm, average annual temperature 9.4 °C, illimerized luvisol) due to annual fertilization with potassium (83 kg·ha⁻¹) and phosphorus (35 kg·ha⁻¹) in combination with only mineral nitrogen fertilization or organic fertilization with manure or straw + catch crop. The most potassium in soil was found after manure application (up to 860 mg·kg⁻¹ K according to Mehlich 3). Low uptake of potassium by sugar beet with low yields of tubers (30–40 t·ha⁻¹) in dry years (in recent years, e.g. 2017 and 2018) was the main cause of N accumulation in the soil, ploughing high-potassium beet tops back into soil also contributed. Long-term manure application had a beneficial effect on stable soil pH even at high N rates and Cox content (average 1.9%), which was higher than after incorporation of cereal straw in combination with a catch crop (average 1.7%) or mineral fertilization only (1.6 %). A high K content in the soil is a frequent cause of an unbalanced ratio of cations K : Mg : Ca (up to 1 : 0.7 : 2.7 instead of 1 : 2–3 : 10–15 after fertilization with manure), which can lead to deterioration of the soil structure, formation of crust and deterioration of the soil retention capacity. The pilot experiment confirmed a beneficial effect of hoeing with pitting in order to retain precipitation water in soil and the achieved sugar beet yields, which were 14% higher compared to the control without hoeing.

Key words: organic and mineral fertilization, sugar beet root yield, potassium, C_{ox}, hoeing.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Helena Kusá, Ph.D., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6, Česká republika, e-mail: kusa@vurv.cz

Obr. 7. Meziřádkové plečkování porostu cukrové řepy s důlkováním

