

THE BALANCE OF POTASSIUM IN LONG-TERM STATIONARY EXPERIMENTS

BILANCE DRASLÍKU V DLOUHODOBÝCH STACIONÁRNÍCH POKUSECH

Škarpa P.

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: pskarpa@seznam.cz

ABSTRACT

Good reserves of available nutrients in soil are some of the basic preconditions for the maintenance of soil fertility and assuring optimum conditions for growth and development of plants. Potassium belongs to the most important nutrients that influence both quantitative and qualitative parameters of yields of cultural crops. The aim of the long-term fertilizer experiment was to determine the effect of mineral fertilizers and organic manure on potassium balances. The balance of potassium was investigated in long-term small-plot field trials at the seven stations (four in potato-growing region and three in sugar-beet growing region), where five variants of fertilization were used during the experimental period of 1982-1998. Experiments were established by the Central Institute for Checking and Testing in Agriculture in Brno and were carried out on small plots. The potassium balance values in the sowing rotation during the experimental period of 1982-1998 shows that a balance deficit of all fertilization options (1-5) was noted during the harvest and transport of the harvested products (the whole product) from the field, both in the potato- as well as in the sugar beet production areas. In the case of ploughing in of the harvest side-product (straw, tops) the situation has changed significantly. In the sugar beet production areas, the balance of potassium was excessive already from the first (option 3) level while in the potato production areas from the second (option 4) level of mineral fertilization. The detected balance excess was gradually increasing due to the increased doses of applied fertilizers.

Keywords: balance, potassium, fertilization, long-term trials

ABSTRAKT

Dobrá zásoba přístupných živin v půdě je jedním ze základních předpokladů pro udržení stabilní půdní úrodnosti a tím i zabezpečení optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin. Mezi nejdůležitější živiny ovlivňující kvantitativní a kvalitativní parametry výnosu hospodářských plodin řadíme bezesporu draslík. Cílem dlouhodobého hnojařského pokusu bylo zjištění vlivu organického a minerálního hnojení na bilanci draslíku. Ta byla zjišťována v dlouhodobých stacionárních pokusech na 7 lokalitách (4 v BVO a 3 v ŘVO) při 5 variantách hnojení, v průběhu let 1982 - 1998. Experiment založil ÚKZÚZ Brno formou

maloparcelkových pokusů. Z hodnot bilancování draslíku v osevním sledu za pokusné období let 1982-1998 vyplývá, že při sklizni a odvozu obou sklizňových produktů (celkového produktu) z pole byl zaznamenán u všech variant hnojení (var. 1 - 5) v bramborářské i řepařské výrobní oblasti bilanční deficit. V případě zaorávky vedlejšího sklizňového produktu (slámy, chrástu) se situace značně změnila. Balance draslíku byla přebytková v ŘVO již od první (var. 3) a v BVO od druhé hladiny (var. 4) minerálního hnojení. Zjištěný bilanční přebytek se z důvodu stupňovaných dávek aplikovaných hnojiv postupně zvyšoval.

Klíčové slova: balance, draslík, hnojení, dlouhodobý pokus

ÚVOD

Průměrná spotřeba draselných hnojiv v České Republice je v současném období na úrovni pod 10 kg.ha⁻¹ zemědělské půdy. Tyto výrazně nízké dávky hnojiv nejsou schopny pokrýt potřebu pěstovaných plodin. Dochází tedy k postupnému úbytku zejména přístupných forem draslíku z půdních zdrojů. Zemědělská výroba se ovšem nemůže spoléhat na tyto existující půdní zásoby živin, které nejsou nevyčerpatelné. Vysoké odběry draslíku pěstovanými plodinami při intenzivní výrobě mohou mít za takového stavu za následek v krátké budoucnosti podstatné změny v režimu půdního K. Proto je třeba provádět taková hnojařská opatření, která zaručí žádaný efekt. A to je možné jen za předpokladu optimální intenzity hnojení, která by přinesla jednak efektivní produkci a ještě zajistila potřebnou zásobu živin v půdě (Hodanová et al., 1998). A právě zásoba přístupného draslíku v půdě je jedním ze základních limitujících faktorů ovlivňujících půdní úrodnost, jako i zabezpečení optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin.

Pokusy umístěné v různých půdně-klimatických podmínkách řepařské a bramborářské výrobní oblasti poskytují vhodné podklady pro stanovení racionální intenzity hnojení, při které jsou dosahovány příznivé výnosy, za současného udržení odpovídající půdní úrodnosti. V práci byla zaměřena pozornost na stanovení a posouzení balance draslíku. Balance vyjadřuje v obecném pojetí rozdíl mezi množstvím živin vstupujících do půdy (vstupy) a množstvím živin opouštějících půdu (výstupy). Má-li být balance vyrovnaná, musí být vstupy rovné výstupům (Kubát a Klír, 2000). Přestože je tento bilanční princip velmi jednoduchý, jeho praktická aplikace je relativně obtížná.

MATERIÁL A METODIKA

Řešené téma bylo součástí grantového projektu QD 1326 nazvaného „Stabilizace půdní úrodnosti z pohledu výživy rostlin fosforem a draslíkem“, jehož nositelem byl Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně.

Za účelem zpřesnění hodnocení výsledků agrochemického zkoušení půd byly založeny polní pokusy se stupňovanými dávkami dusíku, fosforu a draslíku. Pokus založil Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský formou polního dlouhodobého maloparcelkového

stacionáru na 7 pokusných lokalitách, jejichž základní charakteristika je uvedena v tab. 1. Bilance draslíku byla provedena za období let 1982 - 1998.

V dlouhodobém polním pokusu byla sledována bilance draslíku v závislosti na rozdílné zásobě přístupných živin v půdách způsobené stupňovaným hnojením dusíkem, draslíkem a fosforem. Schéma pokusu s rozdělením na jednotlivé varianty pro BVO je uvedeno v tab. 2 a pro ŘVO v tab. 3.

Tab. 1 Základní charakteristika pokusných lokalit

Lokalita	Výrobní oblast	Nadmořská výška	Průměrné roční		Půdní druh	Půdní typ
			srážky	teploty		
Horažďovice	BVO	470	573	7,4	hlinitopísčitá	kambizem
Svitavy	BVO	460	624	6,5	písčitohlinitá	kambizem
Chrastava	BVO	345	798	7,1	hlinitopísčitá	hnědozem
Staňkov	BVO	370	511	7,8	hlinitá	hnědozem
Pusté Jakartice	ŘVO	295	640	8,0	hlinitá	hnědozem
Uherský Ostroh	ŘVO	196	551	9,2	hlinitá	hnědozem
Žatec	ŘVO	247	451	8,3	jílovitohlinitá	černozem

Tab. 2 Průměrné roční dávky živin v organických a minerálních hnojivech v BVO (kg.ha⁻¹)

Var. č.	Schéma hnojení	Živiny v kg . ha ⁻¹ . rok			NPK
		N	P	K	
1.	Nehnojeno	0	0	0	0
2.	Chlévský hnůj	25	8	35	68
3.	Chlévský hnůj + N ₁ P ₁ K ₁	25 + 58	8 + 23	35 + 57	206
4.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	25 + 88	8 + 35	35 + 90	281
5.	Chlévský hnůj + N ₃ P ₃ K ₃	25 + 117	8 + 51	35 + 131	367

Tab. 3 Průměrné roční dávky živin v organických a minerálních hnojivech v ŘVO (kg.ha⁻¹)

Var. č.	Schéma hnojení	Živiny v kg . ha ⁻¹ . rok			NPK
		N	P	K	
1.	Nehnojeno	0	0	0	0
2.	Chlévský hnůj	25	8	35	68
3.	Chlévský hnůj + N ₁ P ₁ K ₁	25 + 58	8 + 21	35 + 51	198
4.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	25 + 87	8 + 33	35 + 81	269
5.	Chlévský hnůj + N ₃ P ₃ K ₃	25 + 115	8 + 49	35 + 119	351

Dusík, fosfor a draslík byly aplikovány v minerálních hnojivech ve třech hladinách (1 - nízká, 2 - střední, 3 - vysoká). V bramborářské i řepářské výrobní oblasti se fosforem i draslíkem obsaženým v minerálních hnojivech hnojilo zásobně. Dusík byl při přípravě půdy k setí a sázení aplikován v síranu amonném, k přihnojení na list byl použit ledek amonný s vápencem. Zdroj fosforu představoval granulovaný superfosfát, draslík se dodával ve formě draselné soli. Organické hnojení bylo provedeno dvakrát za osevní postup. Ve výrobní oblasti

řepařské se organicky hnojilo k silážní kukuřici a k cukrovce, ve výrobní oblasti bramborářské k bramborám. Byl použit kvalitní chlévský hnůj v dávce 40 t.ha⁻¹.

Pokusné plodiny byly řazeny do pravidelných osevních sledů. Do roku 1989 (1981 - 1989) byly použity u obou výrobních oblastí osevní postupy s devíti hony, od roku 1990 (1990 - 1997 a 1998 - 2005) byly upraveny na postupy s osmi hony, s 50% zastoupením obilnin. Pro volbu plodin byla určující výrobní oblast. V ŘVO byla pěstována vojtěška, pšenice ozimá, kukuřice na siláž, ječmen jarní, oves a cukrovka, v BVO jetel, pšenice ozimá, ranné brambory, ječmen jarní a oves. Odrůdy byly stanoveny pro všechna stanoviště jednotně.

Pro posouzení příjmu draslíku a výpočtu jeho bilance byly každoročně před sklizní pěstovaných plodin odebrány z každé kombinace hnojení vzorky rostlinné hmoty, a to jak z hlavního, tak i z vedlejšího produktu. Po úpravě rostlinné hmoty byla provedena analýza obsahů živin v suchém materiálu (ZBÍRAL, 1994). Pro stanovení draslíku byla rostlinná hmota mineralizována směsí kyseliny sírové, peroxidu vodíku a selenu (ZBÍRAL, 1994). Vlastní stanovení obsahu draslíku bylo provedeno optickou emisní spektrofotometrií v indukčně vázaném plazmatu (ICP - AES) na přístroji firmy Jobin - Yvon.

Mineralizace rostlinné hmoty a vlastní stanovení draslíku bylo provedeno akreditovanou laboratoří ÚKZÚZ Brno.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Při bilanci sestavené z výsledků získaných z dlouhodobého stacionárního pokusu je vstupem draslík dodaný do půdy v organických (chlévském hnoji) a minerálních hnojivech a výstupem draslík odčerpaný výnosy pěstovaných plodin. Mezi vstupy tak není zahrnuta přirozená zásoba K v půdě a atmosférické depozice draslíku mezi výstupy není brán v úvahu K vyplavený z půdy. Přestože byl z pokusů odvezen vždy celý sklizený produkt (celkový produkt = hlavní + vedlejší produkt) byla při výpočtu bilance zvolena i varianta zapravení vedlejšího produktu zpět do půdy. V tomto případě jsou výstupem pouze živiny obsažené v hlavním produktu.

Hodnocené parametry pokusu byly zjišťovány u jednotlivých pokusných lokalit zvlášť. Ze zjištěných výsledků byla bilance draslíku vyhodnocena z pohledu sledovaných výrobních oblastí.

Bramborářská výrobní oblast

Celkový produkt

Jak vyplývá z průměrných výsledků zjištěných za bramborářskou výrobní oblast (tab. 4), nepokrylo množství dodaného draslíku v aplikovaných hnojivech jeho potřebu k tvorbě celkové produkce pěstovaných plodin u žádné z variant hnojení. K vytvoření vyrovnané bilance by bylo zapotřebí na variantě hnojené nejvyšší dávkou minerálních hnojiv (var. 5) dodat ročně o 11,5 kg K.ha⁻¹ více (graf 1). Nejvyšší deficit byl zjištěn u kombinace

nehnojené, kde za pokusné období bylo spotřebováno z půdní zásoby 1617 kg K.ha⁻¹ (95,1 kg K.ha⁻¹.rok⁻¹). Deficity draslíku se u dalších variant s přibývajícím dávkou hnojiv snižovaly až na úroveň 33,5 kg K.ha⁻¹.rok⁻¹, zjištěné na kombinaci hnojené střední dávkou minerálních hnojiv.

Hlavní produkt

Při bilancování draslíku v bramborářské výrobní oblasti vyplývá, že jeho potřeba k tvorbě hlavního produktu nebyla pokryta na kombinaci nehnojené, hnojené chlévským hnojem a hnojené nejnižší dávkou minerálních hnojiv (graf 1). Na variantě kontrolní dosahoval roční deficit 63,9 kg K.ha⁻¹, na variantě hnojené pouze hnojem 39,6 kg K.ha⁻¹.rok⁻¹. U varianty N₁P₁K₁ bylo v průběhu pokusného období let 1982 - 1998 dodáno do půdy 1564 kg K.ha⁻¹ a hlavním produktem odebráno 1771 kg K.ha⁻¹, což představuje roční deficit v hodnotě 12,2 kg K.ha⁻¹. Jak uvádí tab. 4, roční přebytek draslíku se projevil u variant hnojených nejvyššími dávkami minerálních hnojiv (var.4 a 5), a to na úrovni 12,5; respektive 41,5 kg K.ha⁻¹.

Tab. 4 Bilance draslíku v bramborářské výrobní oblasti (kg K.ha⁻¹)

Sklizňový produkt	Varianta hnojení	vstup K Σ 1982 - 1998	výstup K Σ 1982 - 1998	bilance K Σ 1982 - 1998	bilance K ø za rok
Celkový produkt	Nehnojeno	0	1617	-1617	-95,1
	Ch. hnůj	595	1836	-1241	-73,0
	Ch. hnůj + N ₁ P ₁ K ₁	1564	2527	-963	-56,6
	Ch. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	2125	2694	-569	-33,5
	Ch. hnůj + N ₃ P ₃ K ₃	2822	3017	-195	-11,5
Hlavní produkt	Nehnojeno	0	1086	-1086	-63,9
	Ch. hnůj	595	1268	-673	-39,6
	Ch. hnůj + N ₁ P ₁ K ₁	1564	1771	-207	-12,2
	Ch. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	2125	1913	212	12,5
	Ch. hnůj + N ₃ P ₃ K ₃	2822	2117	705	41,5

Řepařská výrobní oblast

Celkový produkt

V řepařské výrobní oblasti byla situace obdobná jako v oblasti bramborářské. Při odčerpání draslíku celkovým produktem se projevila jeho záporná bilance u všech sledovaných variant (tab. 5). Nejvyšší deficit (107,3 kg K.ha⁻¹.rok⁻¹) byl zaznamenán na variantě kontrolní. U dalších variant se nedostatky draslíku se stoupajícím draselným hnojením postupně snižovaly. I u nejvíce hnojené varianty, kde vstupy K aplikované ve formě organické i minerální za sledované období let 1982 - 1998 dosáhly 2618 kg K.ha⁻¹, chybělo

dodat k dosažení vyrovnané bilance 462 kg K.ha^{-1} , což představuje dávku $27,2 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (graf 2).

Hlavní produkt

Na rozdíl od bramborářské výrobní oblasti byla z průměrných výsledků charakterizujících řepářskou výrobní oblast zjištěna negativní bilance draslíku pouze u varianty kontrolní a varianty hnojené chlévským hnojem. Jeho celkový deficit zjištěný za pokusné období se na těchto dvou variantách pohyboval na úrovni 819; respektive 294 kg K.ha^{-1} . Jak je uvedeno v tab. 5, ostatní sledované varianty hnojení vykázaly pozitivní bilanci draslíku, jehož množství se zvyšovalo se stoupající dávkou draselných hnojiv. U varianty s nejnižší dávkou minerálního hnojení byl zjištěn roční přebytek ve výši $17,2 \text{ kg K.ha}^{-1}$, u varianty $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ $45,9 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ a $74,1 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ na variantě hnojené nejvyšší dávkou hnojiv (graf 2).

Tab. 5 Bilance draslíku v řepářské výrobní oblasti (kg K.ha^{-1})

Sklizňový produkt	Varianta hnojení	vstup K $\Sigma 1982 - 1998$	výstup K $\Sigma 1982 - 1998$	bilance K $\Sigma 1982 - 1998$	bilance K $\bar{\sigma}$ za rok
Celkový produkt	Nehnojeno	0	1824	-1824	-107,3
	Ch. hnůj	595	1999	-1404	-82,6
	Ch. hnůj + $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	1462	2621	-1159	-68,2
	Ch. hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	1972	2778	-806	-47,4
	Ch. hnůj + $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$	2618	3080	-462	-27,2
Hlavní produkt	Nehnojeno	0	819	-819	-48,2
	Ch. hnůj	595	889	-294	-17,3
	Ch. hnůj + $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$	1462	1169	293	17,2
	Ch. hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	1972	1192	780	45,9
	Ch. hnůj + $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$	2618	1359	1259	74,1

Při systematickém hnojení organickými i minerálními hnojivy dochází v podmínkách intenzivní rostlinné výroby buď k ztrátám, nebo hromadění přístupných živin v orniční vrstvě. Může nastat také případ, že odběr živin rostlinami je v rovnováze s dodanými živinami hnojivy. Porovnání těchto údajů bilanční metodou s analýzou půd umožňuje učinit závěry o využívání živin (Vopěnka a Macháček, 1985).

Při hodnocení povrchové bilance draslíku zaznamenal Klír (2002) postupné zvyšování jeho deficitu na zemědělské půdě ČR. Podle jeho výsledků činilo saldo z období let 1986 - 1990 přebytek $44,3 \text{ kg K.ha}^{-1}$, v letech 1996 - 1999 byl zjištěn v bilanci nedostatek v hodnotě $5,2 \text{ kg K.ha}^{-1}$.

Z výsledků našeho pokusu vyplynulo, že u obou sledovaných výrobních oblastí nebyla pokryta potřeba draslíku k tvorbě hlavního produktu u varianty kontrolní a varianty hnojené chlévským hnojem (var. 1 a 2). V BVO se deficit draslíku projevil také na variantě hnojené nejnižší dávkou minerálních hnojiv. Podobné závěry prezentují ve své práci Vopěnka

Macháček (1985). Tito autoři uvádějí, že teprve až u varianty hnojené dávkou $140 \text{ kg K. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ byla zjištěna celková bilance draslíku pozitivní na všech sledovaných lokalitách. Z našeho pokusu dále vyplývá, že v ŘVO byla potřeba draslíku k tvorbě hlavního produktu pokryta u všech variant hnojení, u nichž byl aplikován draslík minerálními hnojivy (var. 3 - 5). Z výsledků dlouhodobých pokusů uveřejněných Trávníkem a Richterm (1999) je zřejmá vyrovnaná bilance draslíku, které bylo dosaženo až při vysoké hladině hnojení, jež odpovídala ročnímu vstupu 170 kg K.ha^{-1} . Také Vaněk a Balík (1993) uvádí bilanci draslíku z trvalých pokusů. Pozitivní bilance draslíku v BVO se zde projevila u nejvyšší dávky K aplikované hnojivy na úrovni $163 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Při bilancování draslíku odebraného celkovým produktem byl v ŘVO zaznamenán u nejvyšší hladiny minerálního draselného hnojení ($160 \text{ kg K. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$) jeho deficit. V bramborářské oblasti byla na stejné variantě hnojení zjištěna rovněž jeho záporná bilance. Závěry shodující se s výsledky této práce presentoval Macháček et al. (2004). K podobným výstupům dospěl také Klír et al. (1998) a Klír s Růžkem (1996), kteří zaznamenali vyrovnanou bilanci draslíku až při celkových ročních vstupech ve výši 170 kg K.ha^{-1} . Tito autoři uvádí průměrné odčerpání draslíku ve sklizených produktech (včetně chrástu a slámy) v rozmezí od 75 do $185 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$.

ZÁVĚR

Při odvozu celkové produkce pěstovaných plodin z pole nedostačovala pro dosažení vyrovnané bilance draslíku v BVO a ŘVO ani jeho nejvyšší dávka aplikovaná hnojivy (166 ; respektive 154 kg K.ha^{-1}). Přitom nejvyšší deficity K byly zaznamenány na variantě nehnojené (v BVO $95,1$ a v ŘVO $107,3 \text{ kg K.ha}^{-1}$). Výrazné zlepšení bilance draslíku nastalo až při zpětném zapravení vedlejšího produktu do půdy. Z hlediska bilancování hlavního produktu byla v BVO zjištěna negativní bilance u varianty kontrolní, hnojené chlévským hnojem a $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ a v ŘVO pouze na variantě kontrolní a variantě hnojené chlévským hnojem. V BVO by tak k dodání potřebného množství draslíku do půdy, které bylo využito k tvorbě hlavního produktu plodin pěstovaných v průběhu pokusného období let 1982 - 1998, byla zapotřebí průměrná roční dávka $112,5 \text{ kg K.ha}^{-1}$. K tvorbě hlavního produktu pěstovaných plodin v ŘVO by tak dostačovalo průměrné množství draslíku aplikované ročně v dávce $68,8 \text{ kg K.ha}^{-1}$.

LITERATURA

Hodanová, J., Čermák, P., Trávník, K. (1998): Sledování vlivu různé intenzity hnojení na výnosy plodin a na vývoj agrochemických vlastností půd. Závěrečná zpráva za období 1990-1997. ÚKZÚZ Brno, Plzeň, 19.

Klír, J., Růžek, P. (1996): Jak hospodaříme se živinami? Farmář (5), 19 - 20 s.

Klír, J. (2002): Hospodaření se vstupy živin. Závěrečná zpráva projektu MŠMT OK 393, VÚRV, 22 s.

Kubát, J., Klír, J. (2000): Nové metody hodnocení bilance organických látek v půdě. Půdní úrodnost, Sborník referátů z 2. konference s mezinárodní účastí, MZLU, 11-15 s.

Macháček, V., Čermák, P., Hlušek, J., Horáček, J. (2004): Stabilizace půdní úrodnosti z pohledu výživy rostlin fosforem a draslíkem, Závěrečná zpráva, VÚRV Praha, 41 s.

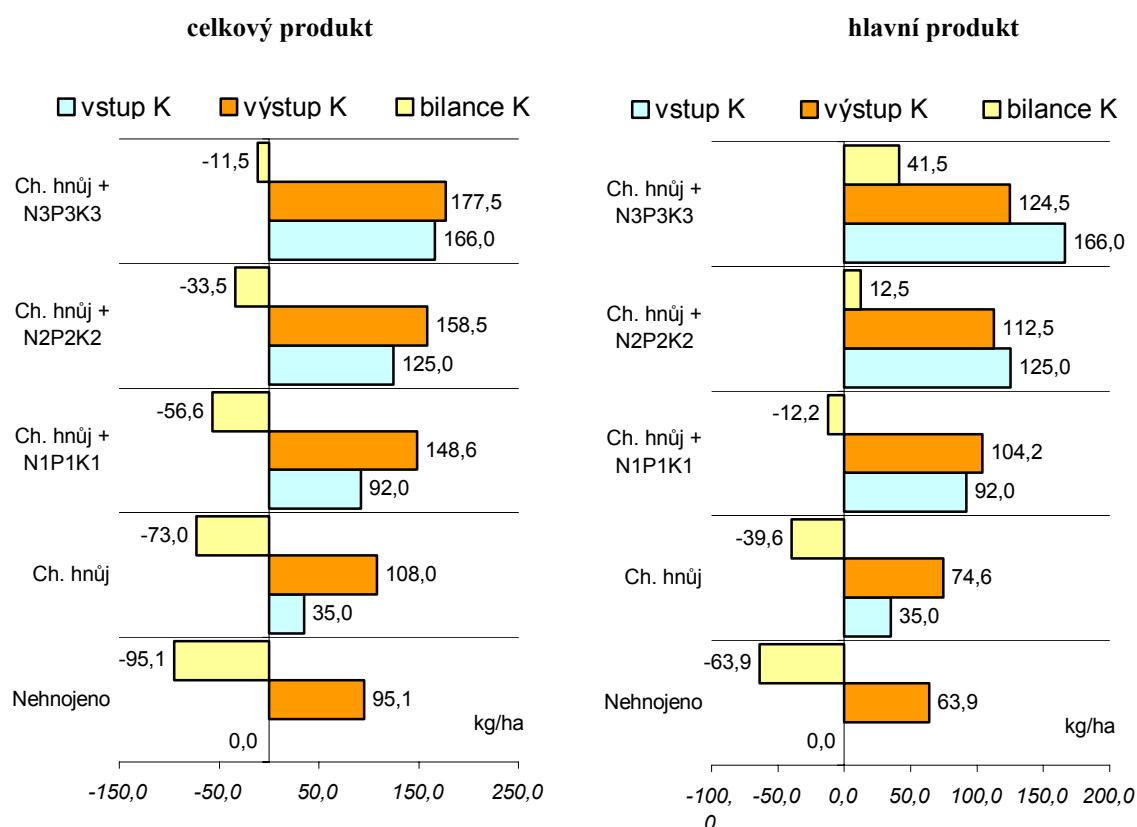
Trávník, K., Richter, R. (1999): Bilance živin a potřeba hnojení, Sborník z konference Racionální použití hnojiv, ČZU Praha, 38 - 42 s.

Vaněk, V., Balík, J. (1993): Úloha a spotřeba draslíku v rostlinné výrobě, Agrochémia 33 (7), 190 - 192 s.

Vopěnka, L., Macháček, V. (1985): Study of the balance of potassium reserve in the soil. Rostlinná výroba 31 (9): 905-912 s.

Zbíral, J. (1994): Analýza rostlinného materiálu - jednotné pracovní postupy. SKZÚZ, 164 s.

Graf 1 Bilance draslíku v bramborářské výrobní oblasti ($\text{kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$)



Graf 2 Bilance draslíku v řepařské výrobní oblasti ($\text{kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$)

