

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Diplomová práce

Brno 2015

Bc. Jiří Jelínek

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav agrochemie, půdoznalství a výživy rostlin



Účinek hnojení na obsah vybraných forem draslíku v půdě

Vedoucí práce:

Ing. Petr Škarpa, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Jiří Jelínek

Brno 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Bc. Jiří Jelínek**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Zemědělské inženýrství
Název tématu: **Účinek hnojení na obsah vybraných forem draslíku v půdě**
Rozsah práce: 50 – 60 stran

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literárního přehledu na zadané téma
2. Zpracování půdních vzorků, jejich příprava k analýze
3. Stanovení vybraných frakcí půdního draslíku
4. Vyhodnocení výsledků stanovení půdních forem K v závislosti na intenzitě hnojení
5. Navržení a realizace metodiky statistického zpracování dat

Seznam odborné literatury:

1. TORMA, S. *Draslík – důležitá živina v půdě a v rostlině*. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 1999. 69 s. Dizertačné práce. ISBN 80-85361-51-5.
2. Licencované databáze: CAB abstract (online)
3. Licencované databáze: Biological Abstracts (online)
4. Licencované databáze: SCOPUS (online)
5. Licencované databáze: Web of Science (online)

Datum zadání diplomové práce: říjen 2013

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L. S.



Bc. Jiří Jelínek
Autor práce



Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí práce



prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Účinek hnojení na obsah vybraných forem draslíku v půdě vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

Podpis.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Škarpovi, Ph.D., za odborné vedení, rady a pomoc při vedení diplomové práce. Také děkuji panu Jiřímu Ungrovi za měření analyzovaných vzorků.

Dále bych chtěl poděkovat Ústřednímu kontrolnímu a zkušebnímu ústavu zemědělskému za odebrání a zapůjčení půdních vzorků z dlouhodobého stacionárního pokusu, bez kterých by práce nevznikla.

Abstrakt

Diplomová práce řeší účinek stupňovaného hnojení draselnými hnojivými na obsah vodorozpustného, přístupného draslíku a mobilní draselné rezervy v půdě. Práce vychází z dlouhodobých stacionárních pokusů založených Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským.

Analyzovaná půda pocházela s pokusných lokalit řepařské (Uherský Ostroh, Věrovany, Žatec) a bramborářské výrobní oblasti (Chrastava, Staňkov, Svitavy, Horažďovice, Lípa). Do hodnocení bylo zařazeno šest variant hnojení se stupňovanými dávkami draslíku v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ podle výrobní oblasti (bramborářské a řepařské): 1. nehnojená kontrolní varianta (0; 0), 2. chlévský hnůj (35; 35), 3. chlévský hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ (35; 35), 4. chlévský hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ (104; 96), 5. chlévský hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ (143, 132), 6. chlévský hnůj + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$ (193, 178).

Vodorozpustný draslík byl statisticky průkazně ($p \leq 0,05$) ovlivněn stupňovanými dávkami hnojení. Obsah vodorozpustného K se v rámci výrobní oblasti signifikantně ($p \leq 0,05$) liší. Půdní typ se na celkové variabilitě obsahu vodorozpustného draslíku podílel nejvíce (35,3 %). Množství vodorozpustného K se vlivem aplikace draslíku zvyšovalo nejvíce na půdách těžkých.

Obsah přístupného K se po aplikaci 1 kg K v průměru zvýšil o $0,6289 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Varianta hnojení se na celkové variabilitě obsahu přístupného draslíku podílela z 32,48 %. V bramborářské výrobní oblasti bylo množství přístupného draslíku nižší oproti řepařské výrobní oblasti o $89,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy. Nejnížší hodnoty v rámci půdního typu byly zjištěny na kambizemi. Skupina půdního druhu signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivnila množství sledované formy K.

Mobilní draselná rezerva nebyla hnojením signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivněna. Půdní typ měl na obsah mobilní K rezervy signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv. Stupňované dávky draslíku měly signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na zvýšení obsahu mobilní draselné rezervy na těžkých půdách.

Klíčová slova: hnojení, draslík, přístupný draslík, vodorozpustný draslík, mobilní draselná rezerva, bramborářská výrobní oblast, řepařská výrobní oblast, půdní typ, půdní druh.

Abstract

The thesis deals with the impact of intensified fertilizing with the potassium fertilizer on the content of watersoluble potassium, exchangeable potassium, available potassium and the reserve of mobile potassium in the soil. The thesis is based on the long stationary experiments founded by the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture.

The analysed soil came from experimental localities: the sugar beet growing region (Uherský Ostroh, Věrovany, Žatec) and the potato processing region (Chrastava, Staňkov, Svitavy, Horažďovice, Lípa). Five options of fertilization were included with a different dosage (intensity) of potassium in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ depending on the region (potato and sugar beet growing): 1. A checking option without fertilization (0;0), 2. farmyard manure (35; 35), 3. farmyard manure + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ (35; 35), 4. farmyard manure + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ (104; 96) 5. farmyard manure + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ (143, 132), 6. farmyard manure + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$ (193, 178).

Watersoluble potassium was statistically provable ($p \leq 0.5$) influenced by the increasing of dosage of fertilization. The content of watersoluble potassium is within the producing region very ($p \leq 0.05$) varied. It was the soil type who was the most influential on the variability of the watersoluble potassium (35,3 %). The content of watersoluble K was due to the application of potassium increasing the most in the heavy soil.

The content of available potassium increased after the application of 1 kg K by $0,6289 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The variant of fertilization participated on the overall variability of the content of available potassium by 32,48 %. In the potato-growing region was the amount of potassium lower than in sugar beet region by $89,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of soil. The lowest figures were found in cambisol. The group of the type of soil influenced significantly ($p \leq 0.05$) the amount of observed form of K.

The reserve of mobile potassium wasn't significantly influenced by fertilization ($p \leq 0.05$). The soil type had a significant impact ($p \leq 0.05$) on the reserve of mobile potassium. The dosages of different intensity of potassium had a significant impact ($p \leq 0.05$) on the increase of the reserve of mobile potassium in heavy soil.

Key words: fertilization, potassium, available potassium, watersoluble potassium, the reserve of mobile potassium, potato-growing region, sugar beet growing region, soil type

Obsah

1 ÚVOD.....	11
2 CÍL PRÁCE	12
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	13
3.1 Draslík v přírodě.....	13
3.2 Draslík v půdě	16
3.2.1 Fixace draslíku v půdě.....	17
3.3.1 Nevýměnný draslík	19
3.3.3 Výměnný draslík.....	22
3.3.4 Vodorozpustný draslík	23
3.5.1 Chloridová draselná hnojiva.....	28
3.5.2 Síranová draselná hnojiva	29
3.5.3 Kapalná draselná hnojiva	30
3.5.4 Zásady používání draselných hnojiv.....	30
4 MATERIÁL A METODIKA.....	32
4.1 Charakteristika pokusných lokalit	32
4.1.1 Chrastava	33
4.1.2 Horažďovice	33
4.1.3 Staňkov	33
4.1.4 Lípa	34
4.1.5 Svitavy.....	34
4.1.6 Uherský Ostroh.....	35
4.1.7 Žatec	35
4.1.8 Věrovany	35
4.2 Schéma pokusu.....	37
4.3 Analytické metody.....	38
4.3.1 Analýza půd.....	39
4.3.1.1 Mobilní draselná rezerva	39
4.3.1.2 Výměnný draslík.....	39
4.3.1.3 Přístupný draslík.....	39
4.4 Statistické hodnocení.....	40
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	41

5.1 Vodorozpustný draslík	41
5.1.1 Výrobní oblast	42
5.1.2 Půdní typ.....	43
5.1.3 Skupina půdního druhu	45
5.2 Přístupný draslík	48
5.2.1 Výrobní oblast	49
5.2.2 Půdní typ.....	50
5.2.3 Skupina půdního druhu	51
5.3 Mobilní draselná rezerva.....	54
5.3.1 Výrobní oblast	55
5.3.2 Půdní typ.....	56
5.3.3 Skupina půdního druhu	57
6 ZÁVĚR.....	60
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
8 SEZNAM OBRÁZKŮ	68
9 SEZNAM TABULEK	69

1 ÚVOD

Půdní úrodnost je schopnost půdy zajistit rostlinám optimální živinové i vláhové podmínky pro růst a vývoj, aby byl dosažen požadovaný výnos a kvalita produkce. Udržení optimálního živního režimu je jedním ze základních faktorů půdní úrodnosti. Vlivem nedostatečného hnojení statkovými, minerálními a vápenatými hnojivy se v současné době úrodnost půd snižuje. To se projevuje okyselováním půd a snížením obsahu přístupných forem živin a snížení rentability pěstovaných plodin. Pro zvýšení zásoby přístupných živin v půdě je potřeba učinit příslušná hnojařská opatření. Tato opatření zajistíme dodáním takového množství živin, které pěstovaná plodina potřebuje pro tvorbu výnosu.

Biogenní prvky (N, P, K, Ca, Mg, S) jsou pro pěstované plodiny nepostradatelné pro zajištění životních funkcí a produkci rostlinné hmoty. Rostliny je přijímají především kořeny z půdního roztoku.

Z pohledu kvalitativního a kvantitativního řadíme draslík mezi nejdůležitější biogenní prvky. Agrochemickým zkoušením zemědělských půd se stanoví jeho množství v půdě. Podle takto zjištěného obsahu K v půdě stanovíme optimální dávky hnojiv.

Podklady na stanovení vhodné intenzity hnojení, pro dosažení optimální zásoby přístupných forem draslíku, vychází z údajů dlouhodobých stacionárních pokusů založených v řepařské a bramborářské výrobní oblasti. Výzkum posuzoval účinek hnojení na obsah vybraných forem draslíku.

2 CÍL PRÁCE

Předkládaná diplomová práce řeší změny obsahů vodorozpustného K, přístupného K a mobilní draselné rezervy v závislosti na dávce draselných hnojiv. Téma vychází z analýzy půd odebraných v rámci dlouhodobých stacionárních pokusů založených Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ).

Konkrétní cíle práce byly stanoveny takto:

- Sledovat vliv stupňovaných dávek minerálních hnojiv na změnu obsahu vodorozpustného draslíku v půdě vybraných výrobních oblastí, půdních typů a skupin půdního druhu.
- Sledovat vliv stupňovaných dávek minerálních hnojiv na změnu obsahu přístupného draslíku v půdě vybraných výrobních oblastí, půdních typů a skupin půdního druhu.
- Sledovat vliv stupňovaných dávek minerálních hnojiv na změnu obsahu mobilní draselné rezervy v půdě vybraných výrobních oblastí, půdních typů a skupin půdního druhu.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Draslík v přírodě

Draslík se řadí do I.A skupiny prvků 4. periody, označovaných jako alkalické kovy (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr). V roce 1807 izoloval kovový draslík Humphry Davy elektrolýzou roztaveného KOH. Draslík je měkký, stříbrobílý a nízkotající kov. Tvoří krystaly s prostorově centrovanými kubickými mřížkami (Greenwood a Earnshaw, 1993). Draslík charakteristicky barví plamen fialově, což odpovídá vlnové délce 766,5 nm, proto se používá při plamenových zkouškách k důkazu solí kovů alkalických zemin a solí alkalických kovů (Remy, 1971).

Atomové vlastnosti draslíku uvádí tabulka 1., fyzikální vlastnosti tabulka 2.

Tabulka 1. Atomové vlastnosti draslíku (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Vlastnost	Hodnota
Atomové číslo	19
Počet přírodních izotopů	2 + 1 radioaktivní
Atomová hmotnost	39,0983
Elektronová konfigurace	[Ar] 4s ¹
Ionizační energie	418,6 kJ.mol ⁻¹
$\Delta H_{\text{dis}}^{\circ}/\text{kJ.mol}^{-1}$ (M ₂)	49,9
Poloměr kovu	227 pm
Iontový poloměr (pro koordinační číslo 6)	138 pm
E°/V pro M ⁺ (aq) + e ⁻ → M(s)	-2,925

Tabulka 2. Fyzikální vlastnosti draslíku (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Vlastnost	Hodnota
Teplota tání	63,2 °C
Teplota varu	765,5 °C
Hustota (20 °C)	0,856 g.cm ⁻³
Tvrдость	0,4

Greenwood a Earnshaw (1993) uvádí, že draslík je radioaktivní prvek, ale poločas rozpadu jeho izotopů je tak dlouhý, že se jeho relativní atomová hmotnost z tohoto

důvodu nemění. Nízkou teplotu tání, teplotu varu, hustotu a malou sublimační, výparní a disociační teplotu zapříčiňuje slabá vazba jednoho valenčního elektronu. Naopak má draslík velkou atomovou hmotnost a iontový poloměr a extrémně vysokou tepelnou a elektrickou vodivost. Vysoká hodnota ionizační energie druhého stupně má za následek, že oxidační číslo draslíku nepřekročí hodnotu I. Na čerstvém řezu je kov velmi lesklý, na vzduchu se vlivem reakce s O_2 a vlhkostí lesk rychle ztrácí. Reakce s halogeny je velmi prudká, a někdy dokonce explozivní. Draslík reaguje s vodíkem a s protonovými donory, jako jsou alkoholy, plynný amoniak, a dokonce i s alkiny.

Draslík je hmotnostně sedmým nejtěžším prvkem v zemské kůře. Má velký iontový poloměr (0,142 nm), je největší ze všech horninotvorných kationtů. Draselný živcovortoklas tvoří 16 % zemské kůry a patří mezi hlavní půdotvorné minerály obsahující draslík (Ahrens, 1965). Ve skupině živců a zástupců živců je izomorfní slučitelnost draslíku jen částečná, a nebo se omezuje na vysoké teploty. V magmatických procesech je draslík přede všemi prvky ve výškové krystalizaci a vchází do složení svého nejdůležitějšího minerálu, primárního draselného živce $K[Al_2Si_3O_8]$. Z bazického magmatu se při vysokých teplotách uvolňuje leucit $(KNa)[AlSi_2O_6]$, může se nahromadit až do takové míry (do 12 % K_2O), že leucitové horniny mohou obsahovat nejvíce draslíku mezi primárními magmatickými diferenciačními produkty. Tyto horniny se však v zemské kůře vyskytují jen zřídka (Polanski a Smulikowski, 1978).

Draslík se v přírodě vyskytuje jako chlorid (sylvín), bezvodý síran (langbeinit) $K_2Mg_2(SO_4)_3$ a podvojný chlorid (karnalit) $KCl.MgCl_2.6H_2O$. Pro chemický průmysl jsou nejvýznamnějšími draselnými minerály sylvín (KCl) a sylvinit (směs NaCl a KCl). Obsah rozpustných draselných minerálů se obecně (nesprávně) vyjadřuje jako potaš a výroba se udává hmotností ekvivalentu K_2O . Mohutné vrstvy rozpustných solí draslíku byly objeveny ve Stassfurtu v Německu v roce 1856, sůl kamenná a potaš se zde vyráběly od roku 1861 až do roku 1972 (Greenwood a Earnshaw, 1993). Ve Velké Británii jsou ložiska potaše v Clevelandu, jejich mocnost je cca 11 m a zásoby činí více než 500 milionů tun. Draslík je základním prvkem nezbytným pro růst rostlin, a proto výroba umělých draselných hnojiv představuje největší část výroby sloučenin draslíku (více než 95 %). Převládá výroba KCl, který je hlavní složkou hnojiv. Dalším výborným hnojivem je $K_2SO_4.KNO_3$, ale jeho malý význam spočívá ve vysokých výrobních nákladech. KCl se také používá při výrobě KOH a K.

Březina et al. (1986) uvádí, že draslík je v přírodě zastoupen třemi izotopy ^{39}K , ^{40}K a ^{41}K v procentuálním poměru 93,08 : 0,11 : 6,81. Izotop ^{40}K je radioaktivní (β -záření) s poločasem rozpadu $1,18 \cdot 10^9$ roku. Dle Polanského a Smulikowského (1978) je poločas rozpadu izotopu draslíku ^{40}K 1,3 miliardy let. Březina et al. (1986) uvádí, že v přírodě existují umělé izotopy draslíku, které jsou však velmi nestabilní (^{37}K , ^{38}K , ^{42}K , ^{43}K , ^{44}K). Praktické využití má pouze izotop ^{42}K , to je ale omezeno krátkým poločasem rozpadu, který je jen asi 12,5 hodiny (Ludík, 1971).

Draslík se v čisté formě v přírodě nevyskytuje, zato je velmi rozšířený ve sloučeninách (např. sírany, fosforečnany, uhličitany, chloridy, křemičitany). Oproti ostatním kationtům má draslík velký iontový poloměr a malý hydratační obal (Bujnovský et al., 1994; Torma, 1999). Hydratační čísla a poloměry iontů uvádí tabulka 3.

Tabulka 3. Poloměry a hydratační čísla některých iontů (Munson, 1968).

Kationt	Hydratační číslo	Poloměr hydratovaného iontu (nm)
Li+	6	1,003
Na+	4	0,790
K+	2,5	0,532
NH ₄ ⁺	–	0,537
Mg ²⁺	9–13	0,540
Ca ²⁺	8–10	0,480

Dle Greenwooda a Earnshawa (1993) je efektivní iontový poloměr draslíku pro oxidační číslo K^{I} 138 pm. V tabulce 4 jsou uvedeny atomové poloměry alkalických kovů (Vacík et al., 1999). Greenwood a Earnshaw (1993) uvádí poloměry iontů alkalických kovů v tabulce 5.

Tabulka 4. Atomový poloměr alkalických kovů (Vacík et al., 1999).

Kationt	Poloměr (pm)
Li	152
Na	186
K	227
Rb	248
Cs	265

Tabulka 5. Poloměr iontů alkalických kovů (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Iont	Poloměr (pm)
Li ⁺	152
Na ⁺	204
K ⁺	276
Rb ⁺	304
Cs ⁺	334

3.2 Draslík v půdě

Šarapatka et al. (2010) uvádí, že obsah draslíku v půdě závisí na půdotvorném substrátu a pohybuje se v rozmezí 0,5–3,3 %. Dle Ryanta et al. (2003) se obsah draslíku v našich podmínkách pohybuje od 0,05 do 3,2 % K₂O. Markewitz a Richter (2000) uvádí celkový obsah půdního draslíku od 0,15 do 3,25 %. Na draslík bývají nejbohatší zpravidla jílovité půdy. Madaras et al. (2012) uvádí, že obsah draslíku v litosféře je průměrně 2,6 %. Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že obsah draslíku v zemské kůře je 2,3 % a celkový obsah K v půdě se pohybuje v širokém rozmezí od 0,1 do 4 %, přičemž nejčastější hodnoty jsou 0,8–3,2 %. Podle Madarase et al. (2012) se obsah K výrazně liší v závislosti na půdním druhu a typu. S vyšším obsahem jílové frakce se zvyšuje i obsah draslíku. Do půdy se uvolňuje zvětrávání minerálů obsahujících draslík, především jsou to živce, slídy, glaukonit, chlorit a illit. Převážná část draselné zásoby je pevně vázaná v mezivrstvách jílových minerálů a pro rostliny se stává přístupnou až při nízkém obsahu draslíku v půdním roztoku (Torma, 1999). Draslík je doplňován z půdních minerálů nebo je přijímán částečně z nevýměnných forem jílových minerálů (Moritsuka et al., 2004). Jandák et al. (2010) uvádí, že draslík je primárně obsažen

v silikátech (ortoklas), halogenidech a slídách, především v jemnozrnných frakcích (jíl). Vaněk et al. (2007) uvádí, že se draslík v půdách nejčastěji vyskytuje v primárních a sekundárních křemičitanech. V půdě je více pohyblivý než hořčík a vápník a ve srovnání s nimi je jeho vazba labilnější. Hromadí se v zasolených půdách. Zvětráváním hornin se na 1 ha uvolní asi 5–50 kg K, z mřížek jílových minerálů 10–60 kg. Z uvolněného množství draslíku se zpět fixuje 5–30 kg. Ročně je v půdě k dispozici 10–80 kg draslíku na 1 ha. Ztráty vyplavením se pohybují v rozmezí 20–60 kg K na ha a rok. Depozice draslíku za rok je podle ČHMU do 30 kg.ha⁻¹ (Šarapatka et al., 2010).

V současné době je průměrný obsah přístupného draslíku v zemědělské půdě ČR 242 mg.kg⁻¹. Půdy s nízkým a vyhovujícím obsahem draslíku zaujímají 38 % výměry, tato výměra vyžaduje hnojení. Naopak vysoká a velmi vysoká zásoba byla zjištěna na 24 % výměry zemědělské půdy. Draslík je rostlinou nejlépe přijímaný kationt, z tohoto důvodu působí jeho nadbytek v půdě negativně na příjem ostatních živin, zvláště hořčíku (Klement, Sušil 2013). Dle Madarase et al. (2012) je průměrný obsah přístupného draslíku v zemědělské půdě 237 mg.kg⁻¹.

3.2.1 Fixace draslíku v půdě

Kationty draslíku se adsorbují na negativní náboje do mezivrstevních prostor sekundárních jílových minerálů. Takto se draslík fixuje a stává se pro rostliny dočasně nepřístupným. Stupeň fixace draslíku je závislý na několika faktorech, a to na hustotě negativních nábojů na povrchu a v mezivrstvách jílových minerálů, na koncentraci K⁺ iontů v půdním roztoku, vlhkosti půdy, sorpční kapacitě půdy, pH půdy a obsahu organických látek v půdě (Fecenko a Ložek, 2000). Fixace K se zvyšuje s hustotou negativních nábojů na plochu mezivrstevního prostoru. Na poutání draslíku se podílejí elektrostatické síly mezi kladně nabitými draselnými ionty a zápornými náboji vrstev jílu (Kittrick, 1966).

Se snižováním vlhkosti půdy se prostory mezi vrstvami jílových minerálů zužují a sorbované ionty se v nich mechanicky fixují. Při vyšší vlhkosti se prostory mezi vrstvami zvětšují a draslík může být vytěšňován jinými kationty a uvolňuje se do půdního roztoku. Z tohoto důvodu je v suších půdách vyšší fixace K⁺. Kyselé prostředí

fixaci draslíku zabraňují Al^{3+} a H^+ . Obsah CaCO_3 nad 3 % snižuje fixaci K. Všeobecně vyšší fixační kapacita je v podorničí, protože je zde více jílových minerálů než v ornici. Fixaci draslíku zmírňuje vyšší obsah humusu v půdě, neboť koloidní humusové látky vytváří na povrchu jílových minerálů ochrannou vrstvu, která zabraňuje vniknutí draslíku do mezivrstevních prostorů mřížky. Za fixovaný draslík považujeme jen ten, který se dostal do mezivrstevních prostorů druhotně, například z minerálních hnojiv.

Fixace draslíku v půdě je nežádoucí jev, neboť znepřístupňuje draslík pro rostliny. Jedna z významných výhod fixace je zadržení draslíku v půdě, tím se omezují ztráty vyplavováním (Fecenko a Ložek, 2000). Fixace K může být tedy i prospěšná, neboť nedochází k vyplavování draslíku z půdy a vázaný K je zdrojem pro další rostliny. Půdy jsou schopny udržet obsah přístupného draslíku na vysoké úrovni po dobu několika let (Korb et al., 2005). Fixovaný draslík není trvale nepřístupný, po určité době a za vhodných podmínek může část fixovaného draslíku přejít do výměnné formy. Při vysoušení a zvlhčování půdy je stupeň fixace závislý na typu koloidu a množství draselných iontů v půdním roztoku (Sparks, 2000).

Organicky vázaný draslík v půdě zaujímá pouze malý podíl z celkového množství draslíku. Jde o draslík fixovaný mikroorganismy a organickými zbytky, který se uvolní a stává se pro rostliny přístupný až po mineralizaci (Fecenko a Ložek, 2000). Scheffer a Schachtschabel (1982) ve své práci uvádí, že obsah organicky vázaného draslíku v půdě je 30–60 $\text{kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$. Tento draslík je vázán především mikroorganismy. Obsah draslíku dělíme podle přístupnosti rostlinám na:

- lehký přístupný,
- středně přístupný,
- těžko přístupný.

Lehký přístupný K je tvořený vodorozpustným a výměnným draslíkem, to je intenzivní podíl draslíku ze sorpčního komplexu půdy.

Středně přístupný draslík představuje mobilní draselná rezerva, což je extenzivně výměnný podíl draslíku z půdního sorpčního komplexu.

Těžko přístupný draslík je K v jílových minerálech, živcích a slídách. Tento draslík je nevýměnně vázaný na půdní sorpční komplex a v mřížce draselných alumosilikátů (Fecenko a Ložek, 2000).

3.3 Formy draslíku

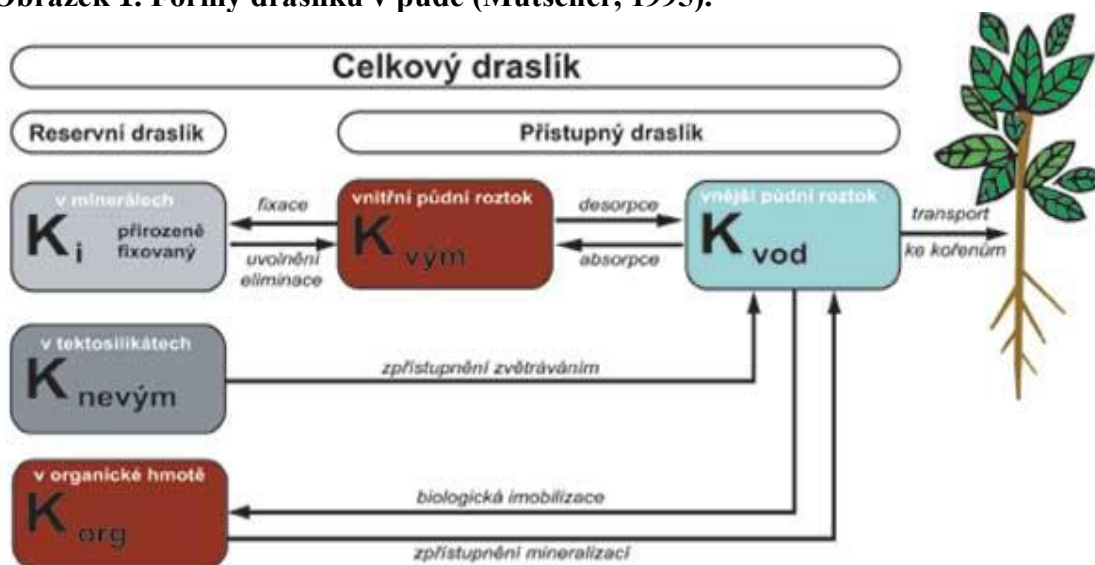
Draslík v půdě se rozděluje podle přístupnosti pro rostliny a druhu vazby do tří skupin:

- nevýměnný draslík,
- výměnný draslík,
- vodorozpustný draslík.

Formy půdního draslíku a jejich vazbu zachycuje obrázek 1.

Přímo přístupnou formou draslíku pro rostliny je forma vodorozpustná a draslík sorbovaný na povrchu koloidních částic. Z celkového množství draslíku je podíl těchto forem poměrně malý a zaujímá cca 1–2 % (Bukovský et al, 1994).

Obrázek 1. Formy draslíku v půdě (Mutscher, 1995).



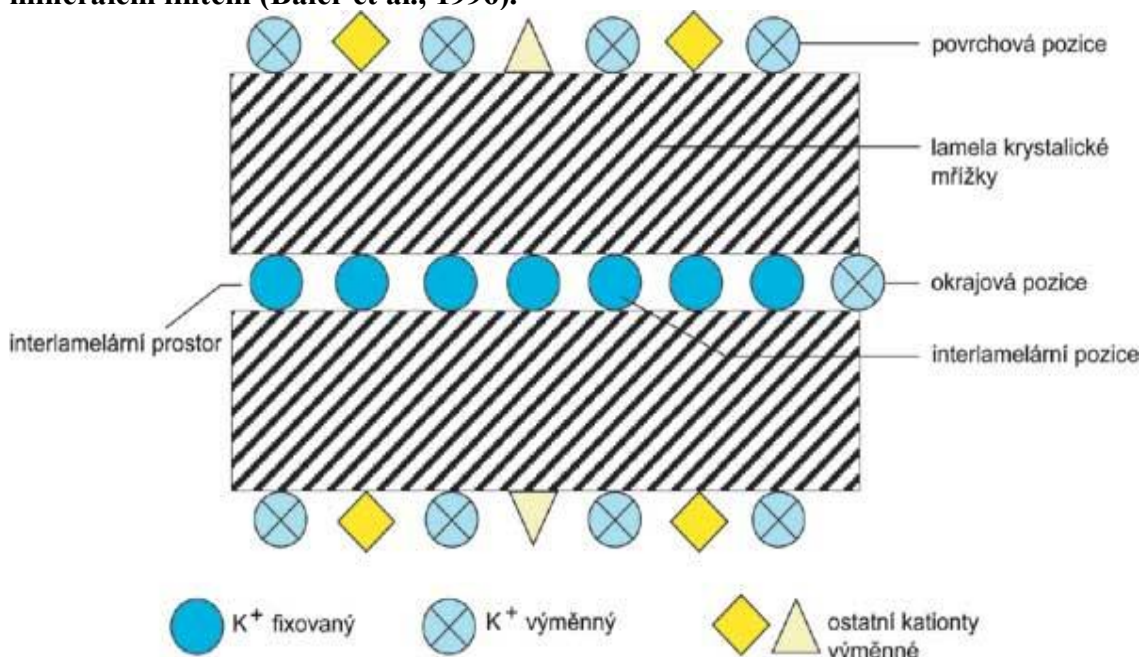
3.3.1 Nevýměnný draslík

Nevýměnný draslík tvoří nad 95 % veškerého obsahu v půdě a nelze ho z půdy vytěsnit roztoky neutrálních solí. Tato forma je tvořena draslíkem pevně vázaným v krystalové mřížce silikátových minerálů (Šarapatka et al., 2010). Ryant et al. (2003) uvádí, že jde především o illit (4–7 % K), glaukonit (3–7 % K), vermikulit (0–2 % K), chlorit (0–1 % K) a montmorillonit (0–0,5 % K).

Dále je nevýměnný draslík tvořen organicky vázaným draslíkem v tělech mikroorganismů, takto vázaný draslík představuje množství 25–50 kg.ha⁻¹ (Šarapatka et al., 2010). Dle Ryanta et al. (2003) představuje organicky vázaný draslík jen velmi malý podíl z celkové zásoby v půdě. Jde o draslík vázaný mikroorganismy a draslík z odumřelých rostlinných zbytků. V této podobě je K pro rostliny přístupný teprve až po mineralizaci.

Třetí formou nevýměnného K je draslík fixovaný (Šarapatka et al., 2010). Fixace je schopnost půdy vázat draslík dodaný nebo uvolňovaný zvětráváním nebo mineralizací organické hmoty. U jílových minerálů dochází k včlenění draslíku do krystalové mřížky minerálu. V minerálech typu 2:1 se draslík nachází v tetraedrické vrstvě. Mřížka illitu má prostor 1,56 nm, to bylo prokázáno rentgenovou strukturální analýzou, po vniknutí K⁺, NH₄⁺, Cs⁺, Rb⁺ se mřížka uzavře a ionty jsou pevně vázány. Zvětráváním část iontů migruje a ty jsou pak nahrazeny kationty s menším iontovým poloměrem, jako jsou Na⁺, Ca₂⁺ a Mg₂⁺, tím je minerál degradován a obsah K se snižuje. Hnojením draslíkem se jeho obsah postupně doplňuje. Některé půdy mohou působit jako konkurent pro rostliny tím, že draselné ionty fixují do forem rostlinám nepřístupným. Tuto fixaci znázorňuje obrázek 2.

Obrázek 2. Schéma poutání a fixace draslíku a ostatních kationtů jílovým minerálem illitem (Baier et al., 1996).



Na některých půdách je obsah fixovaného K⁺ vyšší než obsah výměnného draslíku. S klesající hodnotou pH půdy se fixace K⁺ snižuje, je to dáno tím, že při nízkém pH se H⁺ váže na nosiče sorpce a je těžko vyměnitelný za K⁺. Vápněním kyselých půd se fixace draslíku zvyšuje (Richter, Hlušek, 1994).

3.3.2 Mobilní draselná rezerva

Mobilní draselná rezerva je tvořena částí nevýměnného draslíku, která v krátké době může přejít do přístupné formy. Dle Fecenka a Ložka (2000) tvoří mobilní draselnou rezervu výměnný K, vodorozpustný K a část draslíku přecházející z rozpadu mřížky některých draselných alumosilikátů. Mobilní draselnou rezervu představuje draslík, který mohou rostliny využívat 1–5 let. Zaujímá asi 4–6,5 % z celkového obsahu K v půdě. Hodnota mobilní draselné rezervy se obvykle pohybuje v rozmezí 300–1600 mg.kg⁻¹ půdy. Torma (1999) ve své publikaci uvádí, že mobilní draselná rezerva dosahuje nejčastěji hodnot 425–1519 mg.kg⁻¹ půdy, což je 6,5 % veškerého draslíku v půdě. Macháček et al. (2001) uvádí rozmezí mobilní draselné rezervy na 112–1887 mg.kg⁻¹ půdy. Kritéria hodnocení půdní zásoby uvádí tabulka 6.

Tabulka 6. Kriteria hodnocení půdní zásoby obsahu mobilní draselné rezervy (Macháček, 2002).

Kategorie	Půdní druh			
	Lehká	Středně těžká	Těžká	Všechny půdy
Nízká	do 450	do 560	do 640	do 570
Vyhovující	451–530	561–820	640–850	571–780
Dobrá	531–640	821–1000	851–1050	781–950
Vysoká	641–850	1001–1260	1051–1350	951–1180
Velmi vysoká	nad 580	nad 1260	nad 1350	nad 1180

3.3.3 Výměnný draslík

Šarapatka et al. (2010) uvádí, že výměnný draslík je vázán fyzikálně-chemickou sorpcí na povrchu půdních koloidů. Z celkového množství představuje pouze 0,8–3 %, ale pro výživu rostlin má nezastupitelný význam. Nepodléhá vyplavování a nezvyšuje koncentraci solí v půdním roztoku. Na sorpčním komplexu by nemělo zastoupení K přesáhnout 5 %. Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že tato forma draslíku je lehce nahraditelná jinými kationty. Ryant et al. (2003) uvádí, že výměnný draslík je přednostně soustředěn na jemné půdní frakce, minerální i organické. Množství výměnného K velmi kolísá v závislosti na mineralogickém složení půdy, stupni zvětrání, hnojení, koncentraci a druhu ostatních iontů, vodním režimu, reakci půdy a půdním druhu. Obsah výměnné formy draslíku je závislý také na půdních vlastnostech (Orlovius, 1999). U písčítých půd představuje výměnný draslík pouze 0,8 % veškerého draslíku a u humózních půd až 3 % celkového K v půdě. Draslík zaujímá asi 2–7 % kationové výměnné kapacity, vysoký obsah draslíku způsobuje snížený příjem Mg^{2+} . Krauss (2002) uvádí obsah výměnného draslíku v rozmezí 100–500 kg K.ha⁻¹. Podle Tormy (1999) je obsah výměnného draslíku v půdě značně rozdílný a závisí hlavně na obsahu a kvalitě jílové frakce půdy. Změny obsahu výměnného draslíku na stanovišti jsou dány střídáním plodin v rámci osevního postupu (Håland et al., 1983). Zaujímá asi 1,3 % z celkového množství K v půdě. Vaněk et al. (2007) uvádí, že obsah výměnného draslíku je 1–2 % z celkového množství v půdě. Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že

obsah výměnného draslíku zaujímá 1–5 % z celkového obsahu. Vaněk et al. (2007) uvádí, že v kationové výměnné kapacitě má tvořit 3–4 %. Obsah draslíku v kationové výměnné kapacitě má vliv na ostatní kationty, především je důležitý poměr K : Mg, kdy obsah Mg by měl být asi 3x vyšší než obsah K. Pro rostliny má výměnný draslík nezastupitelný význam, takto vázané draselné kationty jsou snadno přístupné, nejsou náchylné k rychlému vyplavení. Rostliny přijímají výměnný K buď přímo kontaktní výměnou za H^+ , nebo nepřímo přes rovnovážný stav mezi výměnným K a draslíkem v půdním roztoku. Během vegetace se obsah rozpustného i výměnného K v půdě snižuje (Ryant et al., 2003).

3.3.4 Vodorozpustný draslík

Vodorozpustný K je okamžitě přístupný pro rostliny (Torma, 1999). Tvoří ho soli rozpuštěné ve vodě (KCl, K_2CO_3 , K_2SO_4 , KNO_3). V půdním roztoku se optimální koncentrace K pohybuje do 20 mg.l⁻¹ (Šarapatka et al., 2010). Dle Ryanta et al. (2003) je koncentrace K^+ v půdním roztoku velmi nízká a pohybuje se v rozmezí 0,02–0,1 mmol na 100 g půdy. Vaněk et al. (2007) uvádí, že rozsah vodorozpustného draslíku se pohybuje v rozmezí 10–20 mg K.l⁻¹ půdního roztoku. Krauss (2002) uvádí rozmezí vodorozpustného draslíku 5–20 kg K.ha⁻¹. Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že obsah vodorozpustného draslíku se pohybuje od 10 do 100 mg.kg⁻¹ půdy. Torma (1999) uvádí hodnoty vodorozpustného draslíku v rozmezí od 1 do 280 mg.kg⁻¹ půdy. Dle Prasada a Powera (1997) je rozpětí této formy K podstatně nižší, a to 1–10 mg.kg⁻¹. Při obsahu nad 20 mg K.l⁻¹ mohou nastat disproporce v příjmu ostatních kationtů a může mít antagonistický vliv na ostatní kationty. Podíl vodorozpustného draslíku zaujímá asi 1–10 % z výměnného draslíku (Fecenko a Ložek, 2000). Množství této frakce draslíku je přibližně 0,05 % z celkového draslíku (Torma, 1999). Množství vodorozpustného K závisí obsahu vody v půdě, druhu a koncentraci jiných kationtů a na typu jílových minerálů. Množství draslíku v půdě se během vegetace mění v závislosti na hnojení, mineralizaci a odčerpáváním K^+ rostlinami. Koncentrace vodorozpustného K je závislá především na půdním zvětrávání, hnojení a osevním sledu (Syers, 1998). Mezi jednotlivými formami draslíku platí rovnovážný stav, který je v průběhu vegetace

narušován odběrem a vyplavováním živin, hnojením, zvětráváním a mineralizací. Po každém narušení rovnováhy se znovu ustaluje. Sklizní plodin se průměrně odčerpá 80–250 kg K.ha⁻¹. Vyplavování draslíku z půdy je závislé na sorpční kapacitě půdy, množství a rozdělení srážek během roku. Ztráty draslíku činí 13–60 kg.ha⁻¹, nejvýrazněji se na nich podílí povrchový smyv (Vaněk et al., 2007).

3.4 Hnojení draslíkem v ČR

Draslík řadíme mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Obsah přístupného draslíku v zemědělských půdách klesá, a tak se stává limitujícím prvkem pro výnos a kvalitu plodin. V současné době se omezuje hnojení jak statkovými hnojivy, tak i minerálními hnojivy, tím dochází k odčerpání draslíku z půdy a snížení obsahu přístupných forem. Omezeným hnojením dochází k zastavení nárůstu půd s kategorií s vysokým a velmi vysokým obsahem K a začal přechod do nižších kategorií zásobenosti.

Nedostatečné používání draselných hnojiv má za následek zvýšené čerpání K z půdy, čímž se výrazně snižuje půdní úrodnost (Kunzová, 2010). Vaněk et al. (2007) uvádí, že při hnojení draslíkem platí zásada, že se hnojí půda. Aplikací hnojiv je třeba vytvářet a udržovat vyhovující obsah přijatelného draslíku, čímž zajistíme přiměřený a stabilní výnos. Dávky aplikovaných hnojiv jsou určovány podle zásoby živiny v půdě a rovně požadovaného výnosu. Úroveň hnojení draslíkem by měla být na takové míře, aby nedocházelo k jeho trvalému deficitu v půdě, což by ohrožovalo produkci rostlin. Tím se snižuje konkurence rostlinné výroby České republiky a potlačuje se také další rozvoj českého zemědělství. Půdní úrodnost je předpokladem pro stabilní výnosy a kvalitu produkce, kterou zajistíme dostatečnou náhradou živin odebraných rostlinami a volbou vhodných hnojiv a agrotechnických operací. Při nižších dávkách hnojiv, anebo úplném nehnojení dokáže půda svojí pufrací schopností zásobovat rostliny po určitou dobu, aniž by došlo k výraznému poklesu výnosů. K poklesu půdní úrodnosti ani nepřispívá snížená spotřeba vápenatých hnojiv. Tato nevyrovnaná bilance živin vede k poklesu výnosů plodin i rentability rostlinné výroby (Čermák et al., 1999). Nejprve rostliny čerpají draslík ze „staré půdní síly“, což je v rozporu s intenzivním pěstováním a účinek je pouze dočasný. Obsah přístupného draslíku se na orných půdách snížil oproti začátku 90. let minulého století o 44 mg.kg⁻¹. To se především projevilo přesunem 17 % výměry orné půdy z kategorie velmi vysoký, vysoký a dobrý obsah kategorie vyhovující a nízký. Toto snížení obsahu přístupného draslíku se projevilo snížením poměru K : Mg pod hodnotu 1, což signalizuje potřebu vyšších dávek draselných hnojiv (Kunzová, 2010). Trávník a Sušil (2003) uvádí, že se zužuje poměr

mezi K : Mg. Průměrně hodnota klesá pod 1,6. Údaje pod touto hodnotou přechází z poměru nevyhovujícího a vyhovujícího do poměru dobrého.

Madaras et al. (2012) uvádí, že v posledních dvaceti letech došlo k výraznému snížení aplikované dávky draselných hnojiv v ČR. Jeden z mnoha důvodů snížení aplikovaných dávek hnojiv po roce 1990 bylo zjištění vysoké zásoby draslíku v půdě, která negativně ovlivňuje příjem ostatních kationtů (Torma a Jambor, 2000). Spotřebu minerálních hnojiv v tunách živin a v kilogramech na hektar půdy uvádí tabulky 6 a 7. Do roku 1980 spotřeba K hnojiv vzrůstala a dávka činila 87 kg čisté živiny $K_2O \cdot ha^{-1}$. V důsledku takto vysokých dávek hnojiv se snížil podíl půd s nízkým obsahem draslíku ze 40,5 % na 12 % a také se zvýšil podíl půd s vysokým obsahem na 20,6 %. Do roku 1992 se podíl špatně zásobených půd snížil na 8,7 % (Madaras et al., 2012).

Tabulka 7. Spotřeba minerálních hnojiv (ČSÚ).

Hnojiva	Hospodářský rok					
	2004/05	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Celkem (kg)	279 818	278 198	281 484	303 927	318 225	33 764
Dusíkatá (kg N)	206 576	221 667	225 982	238 554	248 024	261 216
Fosforečná (kg P_2O_5)	43 338	35 218	35 078	39 991	43 001	47 053
Draselná (kg K_2O)	29 904	21 313	20 424	25 382	27 199	29 495

Tabulka 8. Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha obhospodařované zemědělské půdy (ČSÚ).

Hnojiva	Hospodářský rok					
	2004/05	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Celkem (kg)	97,0	98,0	99,8	108,1	113,2	122,0
Dusíkatá (kg N)	71,7	78,1	80,2	84,9	88,3	94,4
Fosforečn á (kg P ₂ O ₅)	15,0	12,4	12,4	14,2	15,3	17,0
Draselná (kg K ₂ O)	10,3	7,5	7,2	9,0	9,6	10,6

3.5 Draselná hnojiva

Draselná hnojiva jsou látky, ve kterých je hlavní složkou draslík. Kromě tohoto draslíku mohou obsahovat i další biogenní prvky, jako jsou Ca, Mg, B, z užitečných Cl, Na (Richter, Hlušek, 1994). Ryant et al. (2003) uvádí, že suroviny pro výrobu draselných hnojiv pochází z přirozených ložisek, která vznikla odpařením mořské vody. Dalším přítokem vody a následným odpařením se soli zahušťovaly a krystalizovaly v aridních podmínkách (Torma, 1999). Rozemletím a rozpuštěním nízkoprocentních surových solí a následnou flotací se vyrábějí průmyslová draselná hnojiva.

Mezi přirozené draselné soli řadíme:

1. Sylvinit – směs halitu (NaCl) a sylvinu (KCl) – 12–22 % K_2O .
2. Tvrdá sůl – směs sylvinu a halitu s příměsí kieseritu, anhydridu, langbeinitu a polyhalitu – 15 % K_2O .
3. Karnalit – podvojná sůl $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ – 10–16 % K_2O .
4. Kainit – $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$.
5. Kainitit – směs halitu a kainitu – 12–16 % K_2O .

3.5.1 Chloridová draselná hnojiva

Richter, Hlušek (1994) uvádí, že chloridová draselná hnojiva se získávají rozpuštěním ve vodě, zahušťováním a rekrystalizací nízkoprocentních surových solí.

Draselná sůl 60 %

Draselná sůl 60 % je nejvýznamnější minerální hnojivo, které je výrazně hyroskopické (Prokhorov, 1989). Jedná se o technickou sůl KCl s obsahem 60 % K_2O a 48 % chlóru, dále neobsahuje žádné doprovodné soli (Richter, Hlušek, 1994). V celkové spotřebě zaujímá 90–95 % (Russell, 1992). Draselnou sůl není vhodné aplikovat na těžké jílovité půdy náchylné ke kornatění a k plodinám citlivým na chlór. Aplikace je vhodná při předset'ové přípravě nebo při orbě. Draselná sůl se používá do

kombinovaných hnojiv jako jeden z komponentů. Toto hnojivo je ve formě granulí, krystalků nebo prášku (Ryant et al., 2003).

Kamex granulovaný

Kamex granulovaný je hnojivo lehce narůžovělé barvy, je tvořeno směsí chloridu sodného a draselného a síranu hořečnatého. Obsahuje 40 % K_2O , 43 % Cl a 5 % MgO. Kamex je dobře rozpustný ve vodě, je vhodný na půdy s nízkou zásobou hořčíku (Richter, Hlušek, 1994). Kamex ve formě prášku obsahuje 40 % K_2O a 4 % MgO. Toto hnojivo je především určeno k základnímu hnojení na lehčích a středních půdách, kde byl zjištěn deficit hořčíku (Ryant et al., 2003).

Magnesia-kainit

Jediná směs surových draselných solí má narůžovělou barvu a obsahuje červené, bílé a šedé krystaly. Dobře se rozpouští ve vodě (Richter, Hlušek, 1994). Obsahuje 7,5 % K, 2,5 % Mg, 15 % Na, 29 % Cl a 8–10 % S. Je velmi vhodným hnojivem ke hnojení pastvin, porostů píce na orné půdě, pokud nejsou pěstované na půdách slévavých nebo náchylných k zasolení (Vaněk et al., 2007).

3.5.2 Síranová draselná hnojiva

Patentkali

Dle Vaňka et al. (2007) je patentkali granulované hnojivo o velikosti granulí 1–5 mm. Jedná se o směs síranu draselného a hořečnatého. Složení hnojiva je v zastoupení minimálně 23,5 % draslíku, 18 % síry, 6 % hořčíku a maximálně 3 % chlóru. Hnojivo se využívá k hnojení plodin citlivých na chlór a náročných na hořčík. Zejména je vhodné pro zeleninu, peckoviny, okrasné dřeviny a drobné ovoce. Dále je vhodné ke kukuřici a vojtěšce pěstovaným především na písčitých půdách (Schmidt a Ehm, 2002).

Síran draselný

Síran draselný K_2SO_4 v granulované nebo krystalické formě je vysoce kvalitní hnojivo. Obsahuje 42 % K a 17–18 % S (Vaněk et al., 2007). Ryant et al. (2003) uvádí,

že síran draselný obsahuje 50 % K_2O v práškové formě a granulovaný má 40 % K_2O . Obsah chlóru nesmí být vyšší než 2 %. Toto hnojivo má poměrně vysokou cenu, proto je vhodná aplikace pouze k plodinám citlivým na chlór, jako jsou chmel, drobné ovoce, hrách, brambory a další. Převážně se dodává volně ložený. Je hydrofilní, proto se musí skladovat v suchých skladech (Vaněk et al., 2007). V přírodě se vyskytuje jako langbeinite a vzniká z chloridu draselného a kainitu $KCl.MgSO_4.3H_2O$ (Gowariker, 2009).

3.5.3 Kapalná draselná hnojiva

SK-sol

Toto hnojivo obsahuje 26 % K_2O a 17 % S. SK-sol se vyrábí z thiosíranu draselného a vody. Je ve formě čiré nažloutlé kapaliny. SK-sol je hnojivo s vysokou koncentrací draslíku a síry, a proto je vhodné pro plodiny náročné na K a S. Především to jsou olejniny, hořčice, chmel, řepa a některé druhy zeleniny a ovoce. Forma síry v hnojivu plní také fungicidní funkci, po aplikaci na list se síra uvolňuje v koloidní formě a tím potlačuje houbové choroby.

CK-sol

Obsahuje 26 % K_2O , základ hnojiva tvoří roztok uhličitanu draselného (K_2CO_3). Používá se ke hnojení zelenin, ovocných stromů a polních plodin. Nejčastěji se využívá k přihnojování během vegetace (Ryant et al., 2003).

3.5.4 Zásady používání draselných hnojiv

Pozitivní vliv na příjem draslíku rostlinou ovlivňuje teplota půdy, intenzita osvětlení a přístup vzduchu (Klement et al., 2012). Draslík je nezbytný pro růst rostlin, podporuje fotosyntézu a asimilační schopnost chlorofylu. Ovlivňuje obsah cukrů v buňkách a tím se zvyšuje jejich odolnost proti mrazu (Vaněk et al., 2007). Při hnojení půdy draselnými hnojivy je potřeba vzít v úvahu půdní vlastnosti, zásobu K v půdě a živinové nároky

pěstovaných plodin. Draselná hnojiva se dobře rozpouští ve vodě. Draslík uvolněný z hnojiv se váže na půdní sorpční komplex a uvolňuje kationty do půdního roztoku (Ryant et al., 2003). Ze sorpčního komplexu se na nasycených půdách vytěsňují vápník a hořčík, naváží se na chlór, společně s ním se vyplavují a tím dochází k okyselování půdy. Také se zbavujeme chlóru (Richter, Hlušek, 1994). Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že na vyplavení chlóru je zapotřebí dostatek vody v půdě. Na půdách s nenасыceným sorpčním komplexem se z něho vytěsňuje H^+ a vlivem vzniku HCl se okyseluje půda. Z tohoto důvodu nesmíme zapomínat na vápnění, 56,5 kg Ca vyváže z půdy 100 kg chlóru (Richter, Hlušek, 1994). V nabídce draselných hnojiv převažují hnojiva chloridového typu. Aplikace těchto hnojiv není vhodná na půdy silně kyselé s nízkým obsahem $CaCO_3$ a na půdy s vysokým obsahem sodíku, které jsou náchylné ke kornatění (Ryant et al., 2003). Na tyto půdy je vhodné používat hnojiva síranového typu. V krajním případě, kdy jsme nuceni aplikovat hnojiva chloridového typu k plodinám nesnášejícím chlór, aplikujeme je již na podzim, aby ještě před založením porostu došlo k vyplavení chlóru (Prokhorov, 1989).

Draselná hnojiva aplikujeme na různé druhy půd v různých termínech. Na půdy lehké a písčité provedeme aplikaci hnojiv při předset'ové přípravě a zapravíme je do půdy kultivačním nářadím (Soukup a Matouš, 1979). Půdy středně těžké a těžké hnojíme již na podzim i pro jařiny a zapravíme je orbou. Na půdy střední, těžké a půdy s pH nad 5,5 lze za předpokladu dobré fixační schopnosti půdy hnojit zásobně. Hnojivo zapravíme orbou společně s fosforečnými hnojivy a chlévským hnojem.

Aplikovat draselná hnojiva na list (na pastviny a louky, jeteloviny na orné půdě) se doporučuje brzy na jaře, na rovném terénu už na podzim. Zásobní hnojení draslíkem se nepoužívá na lehkých kyselých půdách s pH pod 5,5 (Richter, Hlušek, 1994).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika pokusných lokalit

Pokusné lokality reprezentují řepářskou a bramborářskou výrobní oblast, některé půdní typy a půdní druhy. Lokality jsou z různých krajů, tudíž byl zohledněn i faktor klimatických podmínek. V bramborářské výrobní oblasti se nachází lokality Chrastava, Staňkov, Horažďovice, Lípa a Svitavy. Do řepářské výrobní oblasti patří Žatec, Věrovany a Uherský Ostroh. Poloha lokalit je uvedena na obrázku 3.

Obrázek 3. Mapa se sledovanými lokalitami.



4.1.1 Chrastava

Chrastava se nachází v Libereckém kraji, v okrese Liberec. Její nadmořská výška je 295 m.n.m. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 7,1 °C, množství srážek za rok je průměrně 798 mm. Lokalita se nachází v mírně teplém klimatu. Terén je málo členitý, pozemky v této oblasti nepřesáhnou svažitost 5°.

Chrastava je zařazena do bramborářské výrobní oblasti. Půda lokality Chrastava je hnědozem vzniklá na spraši. Půdní druh je hlinito-písčité s obsahem jílu 28,2 %. Půda má slabě až silně kyselou půdní reakci, rozmezí pH je 4,2–6,0. Mocnost ornice je 25 cm. Na lokalitě Chrastava byl založen dlouhodobý stacionární pokus v roce 1977.

4.1.2 Horažďovice

Lokalita Horažďovice se nachází v Plzeňském kraji, v okrese Klatovy. Nadmořská výška Horažďovic je 470 metrů nad mořem. Průměrný úhrn srážek za rok je 573 mm a roční teplota je průměrně 7,6 °C. Členitost terénu je výrazná, svažitost pozemků této lokality je do 12°. Horažďovice se nachází v místě s mírně teplým klimatem.

Lokalita leží v bramborářské výrobní oblasti s půdním druhem hlinito-písčitém, obsah jílové frakce je 20,4 %. Půdní typ je hnědá půda vzniklá na matečním substrátu pararula. Hloubka ornice sahá až do 20 cm. Půdní reakce lokality je slabě kyselá s pH v rozmezí 5,3–6,4. V Horažďovicích byl založen dlouhodobý stacionární pokus v roce 1978.

4.1.3 Staňkov

Staňkov leží v Plzeňském kraji, v okrese Domažlice. Nadmořská výška Staňkova je 370 metrů nad mořem. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 8,3 °C. Úhrn srážek za rok je 443 mm. Tato lokalita je zahrnuta do mírně teplého a vlhčího klimatu.

Pokusná lokalita Staňkov se nachází v bramborářské výrobní oblasti s mocností ornice 20–25 cm. Půdní typ je hnědozem vzniklá na říčních sedimentech. Druh půdy je hlinitá s obsahem jílu 40,4 %. Rozmezí pH půdy je 5,2–6,7, jde tedy o kyselou až neutrální půdní reakci. V roce 1981 byl založen dlouhodobý stacionární pokus na lokalitě Staňkov.

4.1.4 Lípa

Lokalita Lípa leží v kraji Vysočina v okrese Havlíčkův Brod. Nadmořská výška lokality je 505 metrů nad mořem. Roční úhrn srážek v dané lokalitě je 632 mm, průměrná roční teplota se pohybuje okolo 7,7 °C.

Pokusná lokalita Lípa patří do bramborářské výrobní oblasti s půdním typem kambizem a písčito-hlinitým půdním druhem. Obsah jílovité frakce je 31 %. Hloubka ornice na stanovišti je 18–20 cm. Půdní reakce je slabě kyselá, což odpovídá 6,1 pH. Na lokalitě Lípa byl založen dlouhodobí stacionární pokus v roce 1974.

4.1.5 Svitavy

Pokusná lokalita Svitavy leží v Pardubickém kraji, okrese Pardubice. Nadmořská výška lokality je 460 metrů nad mořem. Úhrn srážek za rok činí 624 mm a průměrná roční teplota je 6,5 °C. Svažitosť terénu je nad 12°. Lokalita je charakterizována mírně teplým až vlhkým klimatem.

Lokalita Svitavy se nachází v bramborářské výrobní oblasti. Půdní typ je kambizem ilimerizovaná vzniklá na opuce. Druh půdy je písčito-hlinitý s obsahem jílu 22 %, což je středně těžká půda. Mocnost orniční vrstvy je 22–25 cm. Půdní reakce je silně kyselá až neutrální, této reakci odpovídá pH 4,9–7,2. Dlouhodobý stacionární pokus byl v lokalitě Svitavy založen v roce 1981.

4.1.6 Uherský Ostroh

Pokusná lokalita Uherský Ostroh leží ve Zlínském kraji, okres Uherské Hradiště. Nadmořská výška je 196 metrů nad mořem. Průměrná roční teplota je 9,2 °C a roční úhrn srážek činí 551 mm. Svažítost terénu lokality Uherský Ostroh je do 3°. Tato lokalita je charakterizována teplým a mírně vlhkým klimatem.

Zemědělská výrobní oblast lokality je řepařská. Půdní podmínky jsou charakterizovány hnědozemí vzniklou na spraši a hlinitou, středně těžkou půdou s obsahem jílových částic 32,1 %. Mocnost orniční vrstvy je 22–30 cm. Půdní reakce je neutrální až alkalická, pH je 6,2–7,3. V Uherském Ostrohu byl dlouhodobý stacionární pokus založen v roce 1972.

4.1.7 Žatec

Pokusná lokalita Žatec se nachází v Ústeckém kraji, v okrese Louny. Nadmořská výška lokality Žatec je 247 metrů nad mořem. Průměrná roční teplota je 8,3 °C, roční srážky se pohybují okolo hranice 451 mm. Žatec je charakteristický teplým klimatem.

Žatec patří do řepařské výrobní oblasti. Půdní typ pozemků této lokality je černozem, mateční hornina je spraš. Půdní druh je jílovito-hlinitý, obsah jílových frakcí je 38,2 %. Na sledované lokalitě je půdní reakce kyselá až neutrální, odpovídající pH je 5,1–7,0. Pokusná lokalita Žatec byla zařazena do dlouhodobého stacionárního pokusu v roce 1972.

4.1.8 Věrovany

Lokalita Věrovany leží v Olomouckém kraji, okres Olomouc. Nadmořská výška Věrovan je 222 metrů nad mořem. Průměrná roční teplota Věrovan byla 8,5 °C a úhrn srážek za rok 563 mm.

Věrovany patří do řepařské výrobní oblasti. Půdní typ lokality je černozem. Půdní druh je hlinitý s obsahem jílu 31 %. Ornice zasahuje do hloubky 30–40 cm. Půdní reakce je slabě kyselá, to odpovídá 6,1 pH. Dlouhodobí stacionární pokus byl založen v roce 1990.

4.2 Schéma pokusu

Polní pokusy jsou vedeny jako dlouhodobé stacionární pokusy s přesnou výměrou odpovídající zavedené výživářské bázi. Zařazeno bylo 6 variant hnojení. Schéma hnojení je uvedeno v tabulkách 9 a 10. V roce 2010, kdy byly odebírány půdní vzorky, byla na obou výrobních oblastech pěstována ozimá pšenice.

Tabulka 9. Průměrné roční dávky živin v minerálních a organických hnojivech v bramborářské výrobní oblasti (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 ₂ P ₂ K ₀	25+88	8+80	35+0	236
4.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	25+88	8+80	35+69	305
5.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	25+88	8+80	35+108	344
6.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	25+88	8+80	35+158	394

Tabulka 10. Průměrné roční dávky živin v minerálních a organických hnojivech v řepařské výrobní oblasti (kg.ha⁻¹).

Var. č.	Schéma pokusu	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 ₂ P ₂ K ₀	25+87	8+76	35+0	231
4.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	25+87	8+76	35+61	292
5.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	25+87	8+76	35+97	328
6.	Chlévský hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	25+87	8+76	35+143	374

Dusík, draslík a fosfor byly dodány minerálními hnojivy ve třech hladinách (1 – nízká, 2 – střední, 3 – vysoká). V řepařské i bramborářské výrobní oblasti se draslíkem i fosforem hnojilo zásobně. Dusíkatá hnojiva se aplikovala k setí a sázení v podobě síranu amonného, k přihnojování byl používán ledek amonný s vápencem. Draslík byl aplikován draselnou solí, fosfor granulovaným superfosfátem. Chlévský hnůj se aplikoval dvakrát za osevní postup, v bramborářské výrobní oblasti k bramborám a v řepařské výrobní oblasti k cukrové řepě a silážní kukuřici. Chlévský hnůj byl aplikován v dávce 40 t.ha⁻¹.

V průběhu osevního postupu se dvakrát aplikovala vápenatá hnojiva v podobě mletého vápence, dávky hnojiva se stanovovaly podle kritérií agrochemického zkoušení zemědělských půd, to je podle druhu půdy a hodnoty pH konkrétní kombinace (viz tabulka 11).

Tabulka 11. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v t CaO.ha⁻¹.

Druh půdy					
Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO.ha ⁻¹	pH	t CaO.ha ⁻¹	pH	t CaO.ha ⁻¹
Do 4,5	1,2	Do 4,5	1,5	Do 4,5	1,7
4,6–5,0	0,8	4,6–5,0	1	4,6–5,0	1,25
5,1–5,5	0,6	5,1–5,5	0,7	5,1–5,5	0,85
5,6–5,7	0,3	5,6–6,0	0,4	5,6–6,0	0,5
		6,1–6,5	0,2	6,1–6,5	0,25
				6,6–6,7	0,2

4.3 Analytické metody

Po sklizni pěstované plodiny byly v roce 2010 odebrány půdní vzorky na sledovaných stanovištích z každé varianty hnojení za účelem sledování vlivu hnojení na vybrané formy draslíku.

Podle pracovních postupů dle Neutberga (1985), Zbírala (2002) a Javorského et al. (1987) byly vzorky připraveny k analyzování následných forem draslíku:

- vodorozpuštěného draslíku,
- přístupného draslíku,
- mobilní draselné rezervy.

Kvůli malému množství odebrané zeminy ve vzorcích musely být analyzované navážky upraveny na polovinu. Z důvodu zachování poměru, dle jednotlivých metodik, se upravily na polovinu také objemy extrakčních činidel.

4.3.1 Analýza půd

4.3.1.1 Mobilní draselná rezerva

Stanovení mobilní draselné rezervy se provádí povařením půdního vzorku (5 g zeminy) v kyselině dusičné (50 ml, 1M HNO₃) dle metodiky Neutberga (1985). Povaření trvalo 10 minut, poté se vzorky ochladily a následně přefiltrovaly. Filtrát byl naředěn destilovanou vodou do objemu 100 ml, obsah draslíku se stanovoval z filtrátu na atomovém absorpčním spektrofotometru (ContrAA 700, Analytik Jena AG, Jena, Německo).

Odečtením obsahu přístupného draslíku od množství draslíku stanoveného dle Neutberga získáme množství mobilní draselné rezervy.

Mobilní draselná rezerva = K stanovený výše popsaným způsobem – K přístupný.

4.3.1.2 Výměnný draslík

Množství výměnného draslíku se vypočítá odečtením obsahu vodorozpustného K od obsahu přístupného K.

Výměnný K = přístupný K – vodorozpustný K.

4.3.1.3 Přístupný draslík

Půda je extrahována kyselým roztokem, pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na hliník obsahuje roztok fluorid amonný. Extrakční činidlo obsahuje také dusičnan amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci draslíku, vápníku a hořčíku. Kyselá reakce činidla je zajištěna kyselinou dusičnou a kyselinou octovou. Přítomností EDTA (etylen-diamino-tetraoctová kyselina) je zajištěna dobrá uvolnitelnost významných mikroelementů (Zbiral, 2002). Půdní vzorek (5 g zeminy) byl zalit

extrakčním činidlem Melich III (50 ml). Vzorky se extrahovaly 15 minut na třepačce (GFL-3006, Germany) při 200 otáčkách za minutu. Po extrakci byl vzorek filtrován a přístupný draslík byl stanoven na atomovém absorpčním spektrofotometru (ContrAA 700, Analytik Jena AG, Jena, Německo) přímo z filtrátu.

4.3.1.4 Vodorozpustný draslík

Vodorozpustný draslík byl stanoven dle Javorského et al. (1987). Draslík byl vyluhován z půdního vzorku (5 g zeminy) horkou destilovanou vodou (25 ml). Poté se vzorky extrahovaly 5 minut na třepačce (GFL-3006, Germany) při 200 otáčkách za minutu. Následovalo odstředění vzorků na centrifuze (LMC-3000, Biosan Ltd., Riga, Latvia) po dobu 3 minut při 3000 otáčkách. Poté se vzorky filtrovaly. Obsah vodorozpustného draslíku se stanovil přímo z filtrátu na atomovém absorpčním spektrofotometru (ContrAA 700, Analytik Jena AG, Jena, Německo).

4.4 Statistické hodnocení

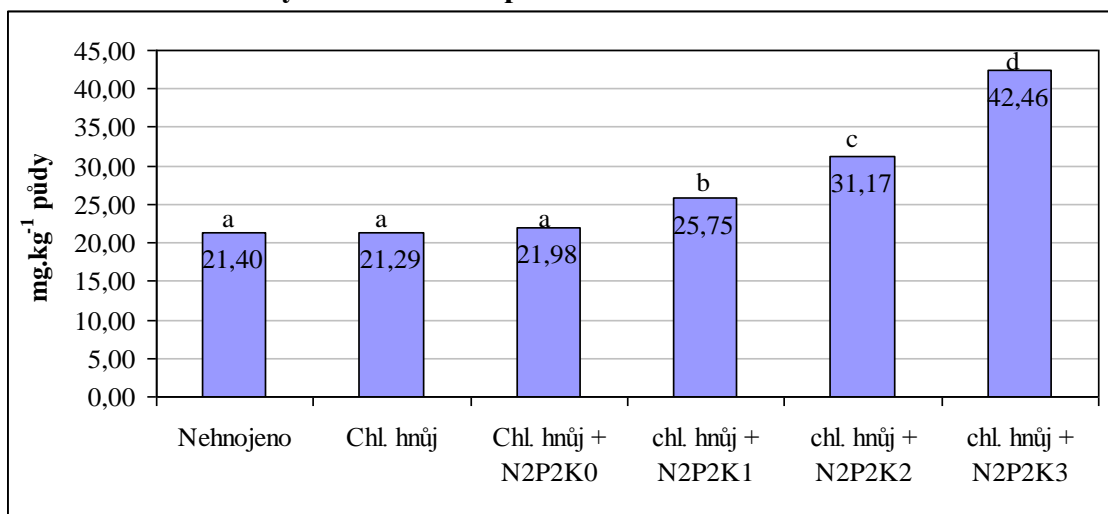
Statistické hodnocení bylo provedeno za pomoci programu Statistica 9 CZ. Výsledky analýz půd, vyjádřené průměrnými hodnotami \pm směrodatnou chybou od průměru (SE), byly hodnoceny vícefaktorovou analýzou variance (ANOVA) hlavních efektů. Rozdíly obsahu sledovaných forem draslíku mezi variantami hnojení, půdními typy, půdními druhy a výrobními oblastmi byly hodnoceny testováním dle Fishera při 95 % ($p < 0,05$) hladině významnosti. U hodnot označených stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné rozdíly. Závislost obsahů sledovaných forem draslíku byla hodnocena korelační a regresní analýzou dat.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vodorozpustný draslík

Hnojení draslíkem mělo statisticky průkazný ($p \leq 0,05$) vliv na množství jeho vodorozpustné formy v půdě. Signifikantní ($p \leq 0,05$) závislost zásoby vodorozpustného K v půdě na dávce K hnojení byla ze sledovaných forem draslíku nejvyšší ($r = 0,5119$). Průkazný vliv hnojení na obsah vodorozpustné formy K uvádí Hudcová (1989), Syers (1998), Gorškov a Makarenko (1972) Kundler (1970), Takáč a Pešlová (1994) a Venkateshwarlu et al. (2014). Aplikace 1 kg draslíku zvyšovala obsah vodorozpustné formy K o $0,1085 \text{ mg.kg}^{-1}$. Průměrné množství vodorozpustného draslíku se u varianty hnojené chlévským hnojem a chlévským hnojem v kombinaci s minerálním hnojením $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ signifikantně nezvýšilo ($p \leq 0,05$). Statisticky ($p \leq 0,05$) průkazný vliv hnojení byl zjištěn u varianty přihnojené chlévským hnojem + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$, obsah sledované formy se zvýšil oproti nehnojené variantě o 20,3 % na $25,75 \text{ mg.kg}^{-1}$ (obrázek 4). Na variantě s nejvyšší dávkou draselného hnojiva ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$) se obsah draslíku zvýšil na $42,46 \text{ mg.kg}^{-1}$, oproti kontrolní variantě tedy o 98,4 %.

Obrázek 4. Průměrný obsah vodorozpustného draslíku.

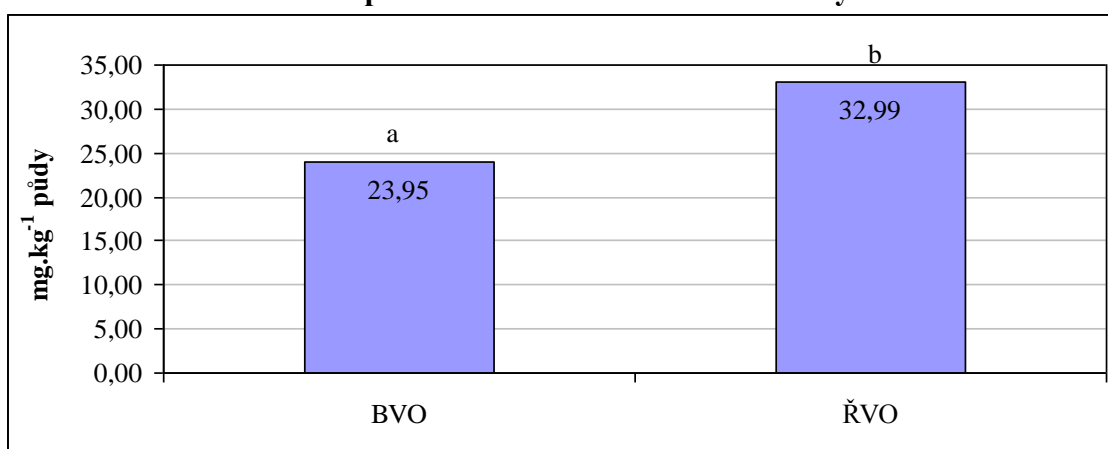


Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpustného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.1.1 Výrobní oblast

Obsah vodorozpustného draslíku se v jednotlivých výrobních oblastech průkazně ($p \leq 0,05$) liší. Zatímco v bramborářské výrobní oblasti se obsah sledované formy pohyboval v průměru $23,95 \text{ mg.kg}^{-1}$, v řepařské výrobní oblasti byl na úrovni $32,99 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy, což bylo o 37,7 % více (obrázek 5).

Obrázek 5. Obsah vodorozpustného draslíku v závislosti na výrobních oblastech.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpustného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Faktor výrobní oblasti se na celkové variabilitě obsahu vodorozpustného draslíku podílel z 15,6 % (tabulka 18). Závislost obsahu vodorozpustného draslíku na hnojení je statisticky ($p \leq 0,05$) průkazná na bramborářské výrobní oblasti ($r = 0,6040$) i na řepařské výrobní oblasti ($r = 0,5373$). Vliv stupňovaných dávek K hnojení na obsah vodorozpustné formy K ve sledovaných výrobních oblastech uvádí tabulka 12. Z regresní rovnice, charakterizující závislost obsahu sledované formy K na dávce K hnojiv ($y = 0,0931x + 16,039$), vyplývá, že aplikací 1 kg draslíku na bramborářské výrobní oblasti se obsah vodorozpustné formy K zvýší o $0,0931 \text{ mg.kg}^{-1}$. Stejná dávka K hnojiva zvýšila v řepařské výrobní oblasti obsah sledované formy draslíku téměř 1,5 krát, jak vyplývá z regresní rovnice $y = 0,137x + 22,123$.

Tabulka 12. Dynamika obsahu vodorozpustného draslíku (mg.kg^{-1} půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).

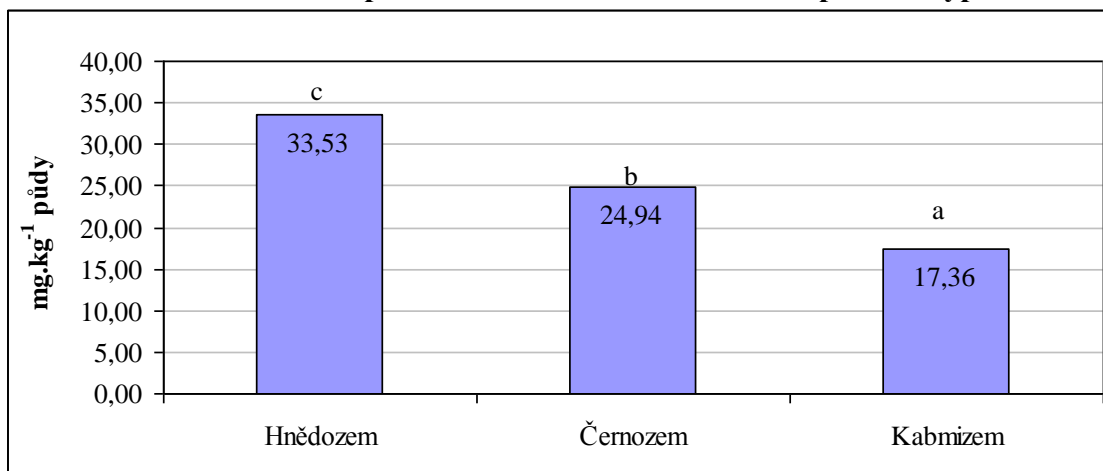
Varianta hnojení	Bramborářská výrobní oblast	Řepařská výrobní oblast
1. Nehnojeno	20,16 ^a \pm 1,82	23,44 ^a \pm 2,65
2. Chlévský hnůj	18,36 ^a \pm 1,39	26,16 ^a \pm 3,73
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	18,03 ^a \pm 1,29	28,55 ^{ab} \pm 3,70
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	22,46 ^{ab} \pm 1,66	31,22 ^{ab} \pm 4,65
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	26,13 ^b \pm 1,89	39,55 ^{bc} \pm 5,03
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	38,53 ^c \pm 3,47	49,00 ^c \pm 6,91

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpustného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.1.2 Půdní typ

Půdní typ se signifikantně podílel na obsahu vodorozpustné formy K, jak uvádí obrázek 6. Největší obsah vodorozpustného draslíku byl na hnědozemi, kde dosáhl hodnoty 33,53 mg.kg^{-1} půdy. Naopak obsah vodorozpustného draslíku byl nejnižší na kambizemi, zde hodnota sledované formy K byla 17,36 mg.kg^{-1} půdy. Na obrázku 6 je vidět, že mezi jednotlivými půdními typy je v jeho obsahu statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$). Obsah vodorozpustného draslíku na černozemi je oproti kambizemi vyšší o 43,66 %. Na hnědozemi je hodnota draslíku vyšší o 93,14 % v porovnání s kambizemí. Obsah vodorozpustného K na černozemi je 24,94 mg.kg^{-1} půdy, což je ve vztahu k hnědozemi nižší o 34,44 %.

Obrázek 6. Obsah vodorozpustného draslíku v závislosti na půdním typu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpustného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Půdní typ se na celkové variabilitě obsahu vodorozpustné frakce podílel nejvíce (35,3 %), jak ukazuje tabulka 18. Z regresních rovnic (tabulka 13) je patrné, že na hnědozemi došlo k nejvyššímu navýšení obsahu vodorozpustného K účinkem přihnojení 1 kg hnojiva, jak také vyplývá z tabulky 14. Regresní rovnice černozemě (tabulka 13) udává navýšení sledované formy K po přihnojení 1 kg draslíku o 0,1106 mg.kg⁻¹ půdy. Na kambizemi se množství vodorozpustného draslíku zvýšilo pouze o 0,0479 mg.kg⁻¹ půdy (tabulka 13). Z tabulky 14 vyplývá, že obsah draslíku se statisticky průkazně zvyšoval ($p \leq 0,05$) vlivem stupňovaných dávek draselného hnojiva na všech sledovaných půdních typech.

Tabulka 13. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černozem
BVO	$y=0,1232x + 17,874$	$y=0,0479x + 13,287$	–
ŘVO	$y=0,1898x + 34,025$	–	$y=0,1106x + 16,171$

Tabulka 14. Dynamika obsahu vodorozpuštného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na půdním typu (průměr \pm SE).

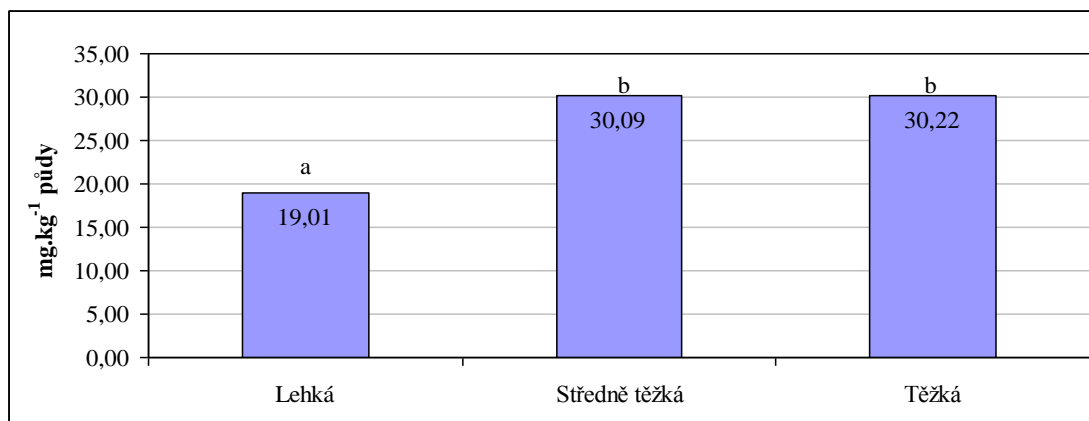
Varianta hnojení	Hnědozem	Černozem	Kambizem
1. Nehnojeno	25,79 ^a \pm 2,38	18,25 ^a \pm 0,71	15,75 ^{ab} \pm 0,73
2. Chlévský hnůj	25,62 ^a \pm 3,08	18,75 ^a \pm 0,61	15,16 ^a \pm 0,21
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	26,70 ^a \pm 3,05	21,16 ^a \pm 0,27	13,33 ^a \pm 0,61
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	32,25 ^{ab} \pm 3,15	22,25 ^{ab} \pm 1,91	16,25 ^{ab} \pm 0,87
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	37,29 ^b \pm 3,47	31,33 ^{bc} \pm 4,48	18,75 ^b \pm 0,83
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	53,50 ^c \pm 3,70	37,91 ^c \pm 6,38	24,91 ^c \pm 2,01

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpuštného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.1.3 Skupina půdního druhu

Skupina půdního druhu signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivnila obsah vodorozpuštného draslíku (obrázek 7). Množství vodorozpuštného K na středně těžkých půdách bylo 30,09 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy, což je o 62,5 % více než na půdách lehkých. Mezi půdami středně těžkými a těžkými se vliv hnojení na obsahu vodorozpuštné formy draslíku statisticky neprokázal (obrázek 7).

Obrázek 7. Obsah vodorozpuštného draslíku v závislosti na skupině půdního druhu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpuštného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Na celkové variabilitě obsahu vodorozpustného K se půdní druh podílel pouze z 6,8 % (tabulka 18), což je nejméně ze všech sledovaných faktorů. Aplikací 1 kg draslíku se obsah vodorozpustného K na lehkých půdách zvýšil nejméně, a to o 0,0697 mg.kg⁻¹ půdy (tabulka 16). Regresní rovnice (tabulka 16) středně těžkých půd udává zvýšení obsahu jeho vodorozpustné formy účinkem aplikace 1 kg K o 0,1087 mg.kg⁻¹ půdy. Jak je patrné z tabulky 15, zvýšení zásoby vodorozpustného K na středně těžké půdě účinkem hnojení bylo srovnatelné. Na těžkých půdách se obsah vodorozpustného draslíku zvýšil aplikací hnojiv nejvíce (tabulka 16).

Tabulka 15. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na skupině půdního druhu.

	Lehká	Středně těžká	Těžká
BVO	$y=0,0697x + 13,086$	$y= 0,1086x + 18,008$	–
ŘVO	–	$y=0,1108x + 25,586$	$y= 0,1894x + 15,197$

Tabulka 16. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černozem
Lehká	$y = 0,1077x + 13,266$	$y = 0,0318x + 12,905$	–
Středně těžká	$y = 0,1492x + 24,83$	$y = 0,064x + 13,669$	$y = 0,0318x + 17,146$
Těžká	–	–	$y = 0,1894x + 15,197$

Tabulka 17. Dynamika obsahu vodorozpuštného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na skupině půdního druhu (průměr \pm SE).

Varianta hnojení	Lehká půda	Středně těžká půda	Těžká půda
1. Nehnojeno	15,41 ^a \pm 0,62	24,13 ^a \pm 2,08	19,66 ^a \pm 0,60
2. Chlévský hnůj	15,66 ^a \pm 0,35	23,80 ^a \pm 2,63	20,00 ^{ab} \pm 0,50
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	14,33 ^a \pm 0,83	25,10 ^a \pm 2,62	21,66 ^b \pm 0,33
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	17,75 ^{ab} \pm 1,53	28,80 ^a \pm 3,06	26,50 ^c \pm 0,50
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	22,00 ^b \pm 2,26	32,80 ^a \pm 3,06	41,33 ^d \pm 0,60
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	28,91 ^c \pm 3,96	45,93 ^b \pm 4,65	52,16 ^e \pm 0,88

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu vodorozpuštného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

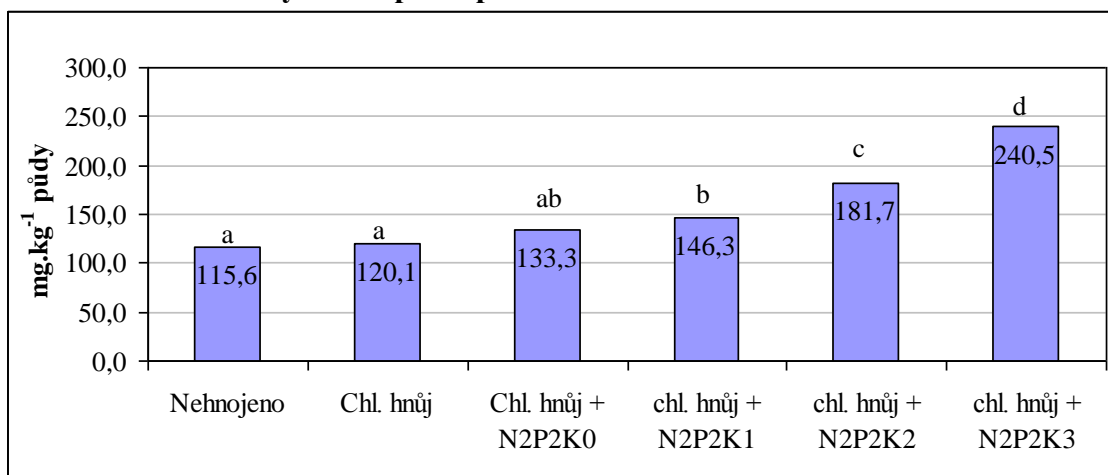
Tabulka 18. ANOVA a podíl variability u vodorozpuštného draslíku.

	Stupně volnosti	SČ	PČ	F	p	Podíl variability (%)
Abs. člen	1	66017,88	66017,88	2527,41	0,00	
Půdní typ	2	9840,01	4920,00	188,35	0,00	35,30
Skupina půdního druhu	2	1911,83	955,91	36,59	0,00	6,86
Výrobní oblast	1	4334,58	4334,58	165,94	0,00	15,55
Varianta hnojení	5	8313,35	1662,67	63,65		29,82
Chyba	133	3474,06	26,12			12,46
Celkem	143	27873,82				100,00

5.2 Přístupný draslík

Draselné hnojení (dávka draslíku) mělo signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na zásobu přístupného draslíku ($r = 0,4978$). Zvýšení obsahu přístupného K vlivem stupňovaného hnojení uvádějí rovněž Blake et al. (1999), Madaras et al. (2014) a Venkateshwarlu et al. (2014). Varianta hnojení se na celkové variabilitě obsahu přístupného K podílela z 32,48 % (tabulka 25). Obsah přístupného draslíku se zvýšil o $0,6289 \text{ mg.kg}^{-1}$ po aplikaci 1 kg draslíku. Varianty hnojené chlévským hnojem a chlévským hnojem s minerálním hnojením $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$ se množství sledované formy K statisticky nezvýšilo ($p \leq 0,05$). Na variantě hnojené chlévským hnojem + $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ je vliv aplikace hnojiva statisticky průkazný ($p \leq 0,05$), na této variantě se množství K zvýšilo oproti kontrolní variantě o 26,5 % (obrázek 8). Navýšení obsahu sledované formy draslíku bylo na variantě s nejvyšší dávkou hnojiva ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$) 125 mg.kg^{-1} , oproti nehnojené variantě o 108 %.

Obrázek 8. Průměrný obsah přístupného draslíku.

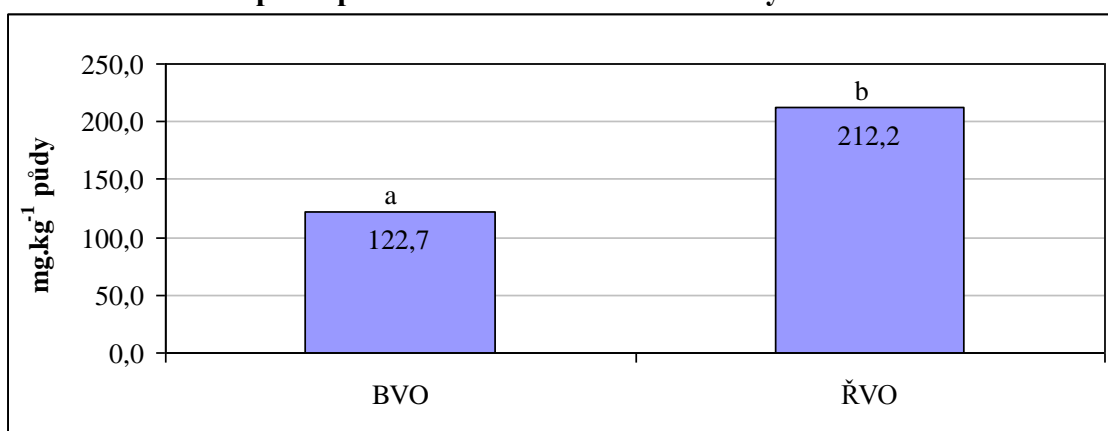


Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.2.1 Výrobní oblast

Množství přístupné formy draslíku se na výrobních oblastech signifikantně ($p \leq 0,05$) liší. V bramborářské výrobní oblasti bylo množství přístupného draslíku v průměru na úrovni $122,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy, v řepařské výrobní oblasti byl obsah sledované formy K o 73 % vyšší, tedy na úrovni $212,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy (obrázek 9).

Obrázek 9. Obsah přístupného draslíku v závislosti na výrobních oblastech.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Výrobní oblast se podílela na celkové variabilitě obsahu přístupného draslíku z 21,64 % (tabulka 25). Draselné hnojení mělo signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na obsah přístupného draslíku v obou výrobních oblastech (BVO $r = 0,6631$, ŘVO $r = 0,6215$). Vliv stupňovaných dávek draslíku na jeho obsah v půdě udává tabulka 19. Regresní rovnice ($y = 0,5273x + 77,886$) charakterizující bramborářskou výrobní oblast udává, že dávka 1 kg draslíku zvýšila obsah jeho sledované formy v dané výrobní oblasti o $0,5273 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy. V řepařské výrobní oblasti aplikace 1 kg K zvýšila množství přístupného draslíku o $0,8157 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy, jak je patrné z regresní rovnice $y = 0,8157x + 147,45$, to se rovná navýšení o 52 %.

Tabulka 19. Dynamika obsahu přístupného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).

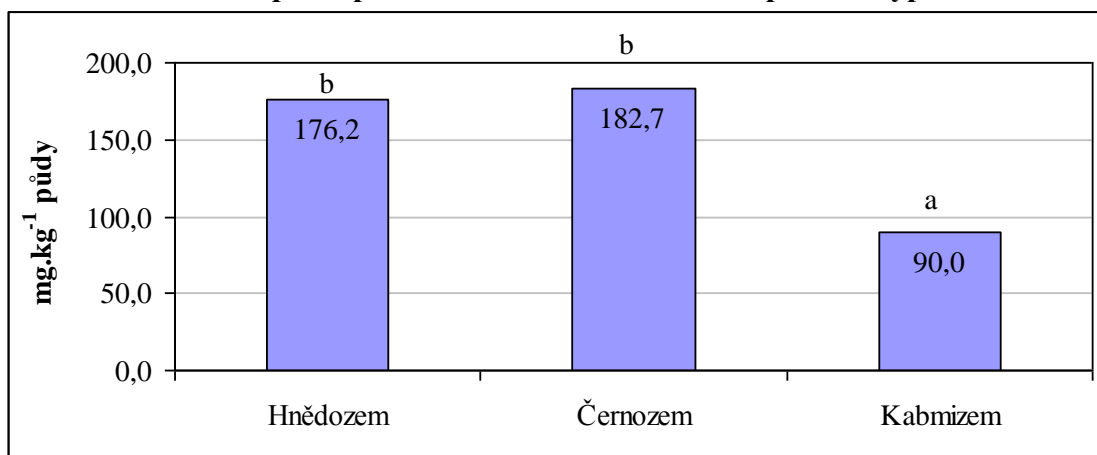
Varianta hnojení	Bramborářská výrobní oblast	Řepařská výrobní oblast
1. Nehnojeno	94,4 ^a \pm 7,4	150,9 ^a \pm 8,3
2. Chlévský hnůj	88,9 ^a \pm 3,8	171,9 ^a \pm 13,9
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	97,8 ^a \pm 5,7	192,4 ^a \pm 19,3
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	116,2 ^{ab} \pm 8,9	196,3 ^{ab} \pm 19,6
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	137,3 ^b \pm 8,5	255,6 ^{bc} \pm 26,7
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	201,4 ^c \pm 18,5	305,7 ^c \pm 33,6

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.2.2 Půdní typ

Půdní typ se na obsahu přístupného draslíku signifikantně ($p \leq 0,05$) podílel (obrázek 10). Nejnižší obsah sledované formy K byl na kambizemi, kde dosáhl hodnoty $90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy. Nejvyšší množství přístupného draslíku bylo na černozemi, na úrovni $182,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy, je to o 103 % více než na kambizemi. Mezi hnědozemí a černozemí není statisticky ($p \leq 0,05$) průkazný rozdíl v obsahu přístupného draslíku.

Obrázek 10. Obsah přístupného draslíku v závislosti na půdním typu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Podíl půdního typu na celkové variabilitě přístupného draslíku je 23,36 % (tabulka 25). Závislost obsahu K v půdě na půdním typu prezentují Nanu et al. (2013). Rozdíl, v navýšení obsahu přístupného draslíku po přihnojení 1 kg draslíku, na

hnědozemí v jednotlivých výrobních oblastech, je značný, jak uvádí tabulka 20. Na bramborářské výrobní oblasti se obsah sledované formy zvýšil o 0,6906 mg.kg⁻¹ půdy. V řepářské výrobní oblasti je jeho obsah vyšší o 37 %, jeho hodnota je 0,9508 mg.kg⁻¹ půdy. Na všech půdních typech se vlivem stupňovaných dávek draslíku signifikantně ($p \leq 0,05$) zvyšovala jeho přístupná forma (tabulka 21).

Tabulka 20. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černozem
BVO	$y = 0,6906x + 85,835$	$y = 0,2824x + 65,964$	–
ŘVO	$y = 0,9508x + 195,67$	–	$y = 0,7482x + 123,34$

Tabulka 21. Dynamika obsahu přístupného draslíku (mg.kg⁻¹ půdy) na půdním typu (průměr ± SE).

Varianta hnojení	Hnědozem	Černozem	Kambizem
1. Nehnojeno	127,1 ^a ±11,5	136,0 ^a ±5,8	72,2 ^a ±4,2
2. Chlévský hnůj	127,3 ^a ±17,5	145,5 ^a ±6,3	80,1 ^{ab} ±1,3
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	152,2 ^{ab} ±20,5	154,2 ^a ±2,8	74,4 ^a ±3,8
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	172,2 ^{ab} ±17,6	160,3 ^a ±11,6	80,3 ^{ab} ±0,9
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	197,0 ^b ±18,2	232,8 ^b ±37,3	99,9 ^b ±6,2
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	281,0 ^c ±21,2	267,1 ^b ±42,7	132,7 ^c ±15,5

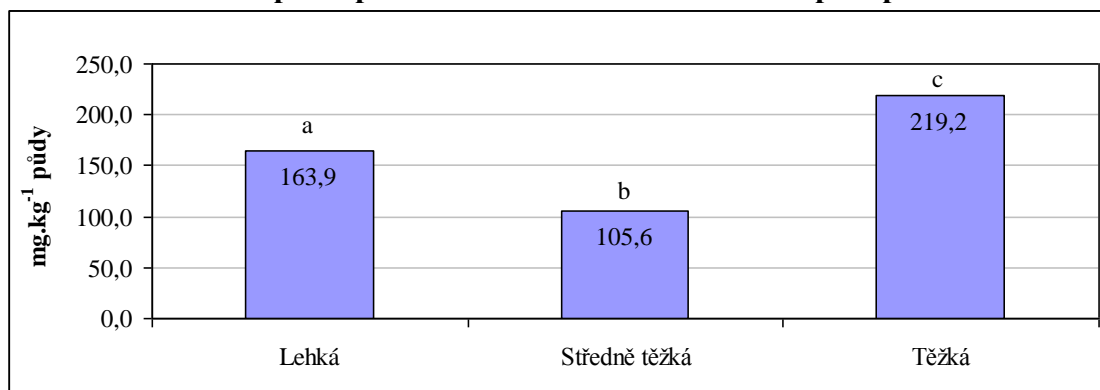
Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.2.3 Skupina půdního druhu

Statisticky průkazně ($p \leq 0,05$) ovlivnila skupina půdního druhu obsah přístupné formy draslíku (obrázek 11). Rovněž Blake et al. (1999), uvádějí velkou závislost obsahu přístupného K na fyzikálně - chemických vlastnostech půdy, které se u jednotlivých půdních druhů liší. Braunsweig (1980) a Goulding (1987) v této souvislosti poukazují především na mineralogické složení půdy a obsah jílu. Nejnižší obsah sledované formy K byl na středně těžkých půdách, kde jeho hladina byla 105,6 mg.kg⁻¹

půdy. Těžké půdy obsahovaly v průměru 219,2 mg.kg⁻¹ půdy přístupného K, což je oproti středně těžkým půdám o 107,5 % více.

Obrázek 11. Obsah přístupného draslíku v závislosti na skupině půdního druhu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Skupina půdního druhu se na celkové variabilitě obsahu přístupného draslíku podílela z 6,73 % (tabulka 25). Přihnojením 1 kg draslíku se obsah jeho přístupné formy zvýšil o 0,4339 mg.kg⁻¹ na lehkých půdách (tabulka 22). Na půdách těžkých se množství přístupného draslíku po aplikaci 1 kg K zvýšilo o 1,2829 mg.kg⁻¹ půdy, což je o 195 % více než na lehkých půdách (tabulka 23). Na skupině středně těžkých půd se aplikace draslíku nejvýrazněji projevila na obsahu sledované formy na hnědozemi. Zvýšení obsahu přístupného draslíku na středně těžkých půdách v obou výrobních oblastech bylo stejné, což vyplývá z regresních rovnic (tabulka 22). Tabulka 24 udává, že hnojení draslíkem mělo statisticky průkazný ($p \leq 0,05$) vliv na zvýšení sledované formy K na všech skupinách půdního typu.

Tabulka 22. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a ve skupině půdního druhu.

	Lehká	Středně těžká	Těžká
BVO	$y = 0,4339x + 68,756$	$y = 0,5896x + 83,973$	–
ŘVO	–	$y = 0,5821x + 162,45$	$y = 1,2829x + 117,45$

Tabulka 23. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černozem
Lehká	$y = 0,7007x + 72,947$	$y = 0,1671x + 64,566$	–
Středně těžká	$y = 0,7673x + 126,96$	$y = 0,3977x + 67,362$	$y = 0,2135x + 129,22$
Těžká	–	–	$y = 1,2829x + 117,45$

Tabulka 24. Dynamika obsahu přístupného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na skupině půdního druhu (průměr \pm SE).

Varianta hnojení	Lehká půda	Středně těžká půda	Těžká půda
1. Nehnojeno	72,7 ^a \pm 4,4	126,0 ^a \pm 9,2	149,0 ^a \pm 1,0
2. Chlévský hnůj	86,3 ^{ab} \pm 3,8	125,7 ^a \pm 14,4	159,2 ^a \pm 3,4
3. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₀	84,2 ^{ab} \pm 8,1	150,0 ^{ab} \pm 17,3	147,9 ^a \pm 0,7
4. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₁	104,5 ^{ab} \pm 10,4	155,0 ^{ab} \pm 17,0	186,1 ^a \pm 3,5
5. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₂	123,5 ^{bc} \pm 16,7	178,0 ^b \pm 17,2	316,3 ^b \pm 2,9
6. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₃	162,4 ^c \pm 28,7	248,5 ^c \pm 22,4	356,7 ^b \pm 32,0

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu přístupného K – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

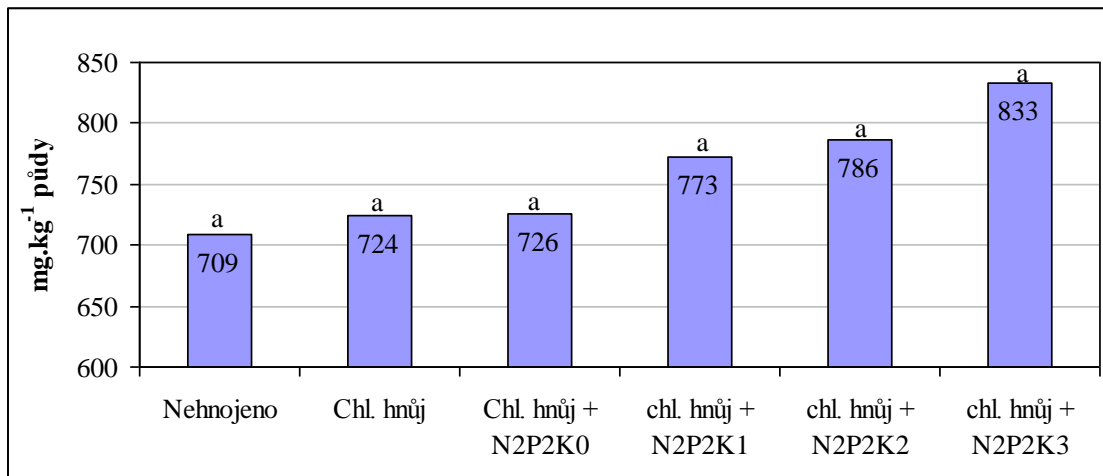
Tabulka 25. ANOVA a podíl variability u přístupného draslíku.

	Stupně volnosti	SČ	PČ	F	p	Podíl variability (%)
Abs. člen	1	2431228	2431228	2446,40	0,00	
Půdní typ	2	195661	97831	98,44	0,00	23,36
Skupina půdního druhu	2	56390	28195	28,37	0,00	6,73
Výrobní oblast	1	181214	181214	182,34	0,00	21,64
Varianta hnojení	5	272001	54400	54,74	0,00	32,48
Chyba	133	132175	994			15,78
Celkem	143	837442				100,00

5.3 Mobilní draselná rezerva

Mobilní draselná rezerva nebyla hnojením signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivněna, jak uvádí obrázek 12 a korelační koeficient $r = 0,0797$. Nízký vliv hnojení na množství sledované formy K uvádějí také Hudcová a Sirový (1981) a Hrtánek (1994). Varianta hnojení se podílela na celkové variabilitě obsahu mobilní draselné rezervy z 2,70 % (tabulka 32). Přihnojením 1 kg draslíku se obsah mobilní draselné rezervy zvýšil o 0,6527 mg.kg⁻¹. Hudcová a Voplakal (1981) uvádí, že intenzivním hnojením NPK hnojiv se obsah mobilní draselné rezervy zvýší. Také Torma (1999) uvádí ve své publikaci mírné zvýšení obsahu mobilní K rezervy po aplikaci draselných hnojiv. Množství mobilní draselné rezervy na variantě hnojené chlévským hnojem a minerálními hnojivy v dávce N₂P₂K₁ se zvýšilo na 773 mg.kg⁻¹, což je oproti nehnojené variantě více o 9 %. Takáč a Pešlová (1994) rovněž uvádějí významný účinek hnojení draslíkem na množství mobilní K rezervy. Na variantě s nejvyšší dávkou draslíku N₂P₂K₃ se obsah sledované formy K navýšil na 833 mg.kg⁻¹ půdy.

Obrázek 12. Průměrný obsah mobilní draselné rezervy.

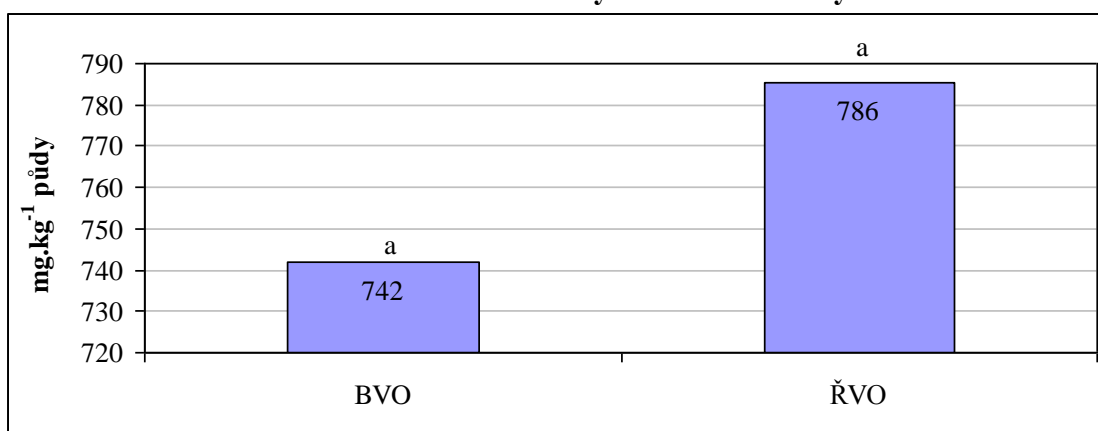


Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.3.1 Výrobní oblast

Množství mobilní draselné rezervy ve sledovaných výrobních oblastech se signifikantně ($p \leq 0,05$) neliší. V bramborářské výrobní oblasti je obsah mobilní K rezervy v průměru 742 mg.kg^{-1} půdy. V řepářské výrobní oblasti se množství mobilní K rezervy pohybovalo na úrovni 786 mg.kg^{-1} , toto množství bylo vyšší o 6 % oproti bramborářské výrobní oblasti (obrázek 13).

Obrázek 13. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na výrobních oblastech.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Výrobní oblast se na celkové variabilitě obsahu mobilní draselné rezervy podílela z 3,64 % (tabulka 32). Hnojení draslíkem nemělo statisticky ($p \leq 0,05$) průkazný vliv na obsah sledované formy draslíku na bramborářské výrobní oblasti ($r = 0,0480$). Naopak na řepářské výrobní oblasti je závislost obsahu mobilní K rezervy na hnojení draslíkem signifikantní ($p \leq 0,05$) $r = 0,6420$. Z regresní rovnice $y = 0,4574x + 703,2$ je patrné, že aplikace 1 kg draslíku zvýšila obsah mobilní draselné rezervy o $0,4574 \text{ mg.kg}^{-1}$ v bramborářské výrobní oblasti. Zvýšení množství sledované formy K v řepářské výrobní oblasti po přihnojení 1 kg draslíku bylo $1,0043 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy, jak vyplývá z regresní rovnice $y = 1,0043x + 705,86$. V tabulce 26 vidíme vliv stupňovaných dávek K hnojení na množství mobilní K rezervy ve výrobních oblastech. Statisticky ($p \leq 0,05$) průkazně se obsah mobilní draselné rezervy zvýšil vlivem hnojení na řepářské výrobní oblasti při aplikaci minerálního K hnojiva (dávky $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ – $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$).

Tabulka 26. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg^{-1} půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).

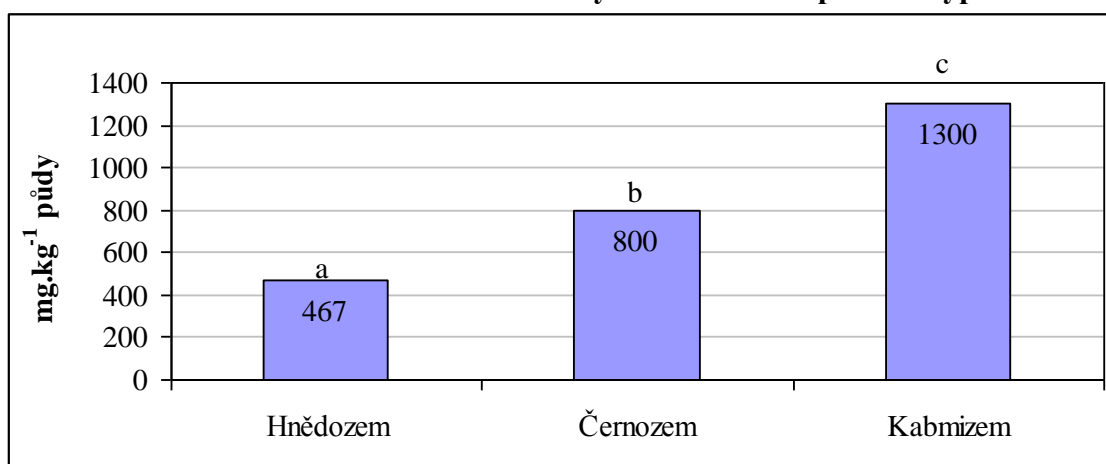
Varianta hnojení	Bramborářská výrobní oblast	Řepařská výrobní oblast
1. Nehnojeno	693 ^a \pm 169	734 ^a \pm 28
2. Chlévský hnůj	722 ^a \pm 186	726 ^a \pm 29
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	735 ^a \pm 171	709 ^a \pm 30
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	734 ^a \pm 165	837 ^{bc} \pm 21
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	771 ^a \pm 471	809 ^b \pm 18
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	794 ^a \pm 175	895 ^c \pm 14

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.3.2 Půdní typ

Signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv měl půdní typ na obsah mobilní draselné rezervy (obrázek 14). Nejnižší obsah mobilní K rezervy byl na hnědozemi, jeho hodnota byla 467 mg.kg^{-1} . Hodnota sledované formy K na kambizemi byla nejvyšší (1300 mg.kg^{-1}), což je o 178 % více než na hnědozemi.

Obrázek 14. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na půdním typu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Faktor půdního typu se na celkové variabilitě obsahu mobilní draselné rezervy podílel z 29,30 %, což je nejvíce ze sledovaných faktorů (tabulka 32). Aplikací 1 kg draslíku se množství mobilní K rezervy na hnědozemi zvýšilo v průměru o 0,6366

mg.kg⁻¹. Nejnižší navýšení obsahu mobilní draselné rezervy bylo na kambizemi, a to pouze o 0,3256 mg.kg⁻¹. Tabulka 28 udává, že stupňované dávky K hnojiv měly signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na obsah mobilní draselné rezervy pouze na černoze.

Tabulka 27. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černoze
BVO	$y = 0,5453x + 324,05$	$y = 0,3256x + 1271,9$	–
ŘVO	$y = 0,9132x + 684,87$	–	$y = 1,0498x + 716,35$

Tabulka 28. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg⁻¹ půdy) na půdním typu (průměr ± SE).

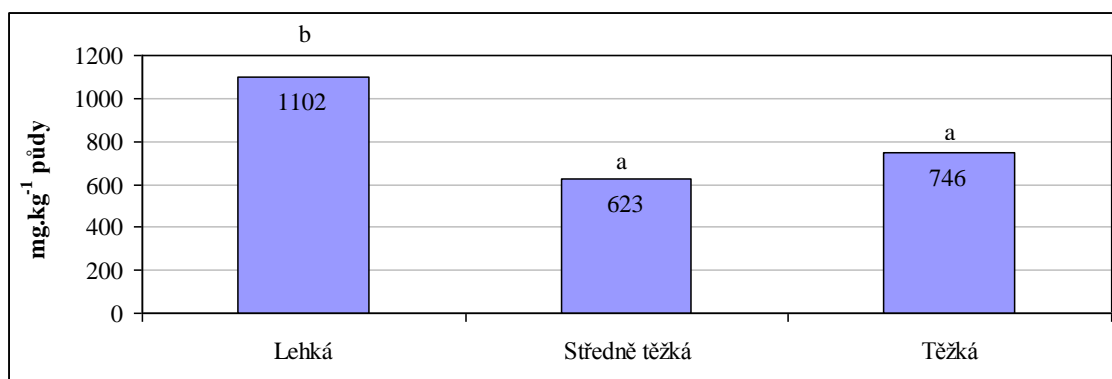
Varianta hnojení	Hnědozem	Černoze	Kambizem
1. Nehnojeno	419 ^a ±64	737 ^a ±42	1259 ^a ±298
2. Chlévský hnůj	412 ^a ±68	725 ^a ±42	1346 ^a ±325
3. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₀	435 ^a ±52	740 ^a ±39	1292 ^a ±311
4. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₁	516 ^a ±76	848 ^b ±27	1210 ^a ±319
5. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₂	496 ^a ±68	842 ^b ±10	1308 ^a ±1026
6. Chl. hnůj + N ₂ P ₂ K ₃	523 ^a ±81	903 ^b ±21	1380 ^a ±297

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

5.3.3 Skupina půdního druhu

Množství mobilní draselné rezervy bylo signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivněno skupinou půdního druhu (obrázek 15). Na lehkých půdách byl obsah mobilní K rezervy nejvyšší, hodnoty byla 1102 mg.kg⁻¹ půdy, oproti půdám středně těžkým to je o 76 % více. Mezi skupinou středně těžkých a těžkých půd se vliv hnojení na obsah mobilní draselné rezervy statisticky ($p \leq 0,05$) neprokázal (obrázek 15).

Obrázek 15. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na skupině půdního druhu.



Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Na celkové variabilitě obsahu mobilní draselné rezervy se skupina půdního druhu podílela 2,41 %, což je nejméně ze sledovaných faktorů (tabulka 32). Množství mobilní draselné rezervy na lehkých půdách se po aplikaci 1 kg draslíku zvýšilo nejméně, a to o 0,1528 mg.kg⁻¹ půdy (tabulka 29). Z regresní rovnice (tabulka 29) je patrné navýšení obsahu mobilní draselné rezervy na těžkých půdách o 1,6398 mg.kg⁻¹ půdy po aplikaci 1 kg draslíku. Množství mobilní K rezervy na černozemi je v rámci skupin půdního druhu značně rozdílné. Na středně těžkých půdách se obsah sledované formy K po aplikaci 1 kg K zvýšil o 0,4599 mg.kg⁻¹ půdy. Na těžkých půdách o 1,6398 mg.kg⁻¹ půdy, což je o 256 % více oproti středně těžkým půdám (tabulka 30). Na středně těžké půdě se přihnojením 1 kg K zvýšilo jeho množství na černozemi a kambizemi v podstatě stejně, na hnědozemi bylo navýšení o 78,5 % vyšší (tabulka 30). Stupňované dávky draslíku měly signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na zvýšení obsahu mobilní draselné rezervy na těžkých půdách (tabulka 31).

Tabulka 29. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na skupině půdního druhu.

	Lehká	Středně těžká	Těžká
BVO	$y = 0,1528x + 1089,4$	$y = 0,6605x + 445,75$	–
ŘVO	–	$y = 0,6866x + 750,95$	$y = 1,6398x + 615,67$

Tabulka 30. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg⁻¹ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu.

	Hnědozem	Kambizem	Černozem
Lehká	$y = 0,106x + 211,35$	$y = 0,1996x + 1967,4$	–
Středně těžká	$y = 0,8123x + 481,88$	$y = 0,4516x + 576,44$	$y = 0,4599x + 817,03$
Těžká	–	–	$y = 1,6398x + 615,67$

Tabulka 31. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg⁻¹ půdy) na skupině půdního druhu (průměr ± SE).

Varianta hnojení	Lehká půda	Středně těžká půda	Těžká půda
1. Nehnojeno	1056 ^a ±388	582 ^a ±53	645 ^a ±23
2. Chlévský hnůj	1125 ^a ±423	581 ^a ±55	635 ^a ±16
3. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₀	1125 ^a ±385	578 ^a ±49	661 ^a ±20
4. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₁	1072 ^a ±379	648 ^a ±59	793 ^b ±15
5. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₂	1104 ^a ±388	648 ^a ±451	834 ^{bc} ±18
6. Chl. hnůj +N ₂ P ₂ K ₃	1130 ^a ±409	699 ^a ±56	904 ^c ±45

Následné testování (Fisherův LSD test) – a, b, c, d – písmena u obsahu mobilní draselné rezervy – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná.

Tabulka 32. ANOVA a podíl variability u mobilní draselné rezervy.

	Stupně volnosti	SČ	PČ	F	p	Podíl variability (%)
Abs. člen	1	78255070	78255070	205,34	0,00	
Půdní typ	2	23970996	11985498	31,45	0,00	29,30
Skupina půdního druhu	2	1970159	985079	2,58	0,07	2,41
Výrobní oblast	1	2979414	2979414	7,81	0,00	3,64
Varianta hnojení	5	2210830	442166	1,16	0,33	2,70
Chyba	133	50685545	381094			61,95
Celkem	143	81816944				100,00

6 ZÁVĚR

Hnojení mělo na obsah vodorozpustného draslíku signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv. Aplikací 1 kg draslíku se obsah vodorozpustného K zvýšil o $0,1085 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy. Na variantě s nejvyšší dávkou draselného hnojiva ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$) se obsah draslíku zvýšil na $42,46 \text{ mg.kg}^{-1}$, oproti kontrolní variantě tedy o 98,4 %. Faktor výrobní oblasti se na celkové variabilitě obsahu vodorozpustného draslíku podílel z 15,6 %. Závislost množství vodorozpustného draslíku na hnojení je statisticky ($p \leq 0,05$) průkazná na bramborářské výrobní oblasti ($r = 0,6040$) i na řepařské výrobní oblasti ($r = 0,5373$). Největší obsah vodorozpustného draslíku byl na hnědozemí. Na celkové variabilitě obsahu vodorozpustného K se půdní druh podílel pouze z 6,8 %, což je nejméně ze sledovaných faktorů.

Hnojení se na celkové variabilitě obsahu přístupného K podílelo z 32,48 %. Obsah přístupného draslíku se zvýšil o $0,6289 \text{ mg.kg}^{-1}$ po aplikaci 1 kg draslíku. Navýšení obsahu sledované formy draslíku bylo na variantě s nejvyšší dávkou hnojiva ($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$) 125 mg.kg^{-1} , oproti nehnojené variantě o 108 %. Draselné hnojení mělo signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na obsah přístupného draslíku v obou výrobních oblastech (BVO $r = 0,6631$, ŘVO $r = 0,6215$). Nejvyšší množství přístupného draslíku bylo na černozemí, na úrovni $182,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy. Na všech půdních typech se vlivem stupňovaných dávek draslíku signifikantně ($p \leq 0,05$) zvyšovala jeho přístupná forma. Přihnojením 1 kg draslíku se obsah jeho přístupné formy zvýšil o $0,4339 \text{ mg.kg}^{-1}$ na lehkých půdách. Na půdách těžkých se množství přístupného draslíku po aplikaci 1 kg K zvýšilo o $1,2829 \text{ mg.kg}^{-1}$ půdy.

Mobilní draselná rezerva nebyla hnojením signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivněna. Množství mobilní draselné rezervy na variantě hnojené chlěvským hnojem a minerálními hnojivy v dávce $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ se zvýšilo na 773 mg.kg^{-1} , což je oproti nehnojené variantě více o 9 %. Výrobní oblast se na celkové variabilitě obsahu mobilní draselné rezervy podílela z 3,64 %. Signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv měl půdní typ na obsah mobilní draselné rezervy. Hodnota sledované formy K na kambizemí byla nejvyšší (1300 mg.kg^{-1}). Množství mobilní K rezervy bylo signifikantně ($p \leq 0,05$) ovlivněno skupinou půdního druhu. Z regresní rovnice $y = 1,6398x + 615,67$ je patrné navýšení

obsahu mobilní draselné rezervy na těžkých půdách o 1,6398 mg.kg⁻¹ půdy po aplikaci 1 kg draslíku. Stupňované dávky draslíku měly signifikantní ($p \leq 0,05$) vliv na zvýšení obsahu mobilní draselné rezervy na těžkých půdách.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AHRENS, L.H. (1965): *Distribution of elements in our planet*. McGraw-Hill, New York, 268 s.

BAIER, J., BAIEROVÁ, V., VOSTÁL, J., UEBEL, E., GLAS, K., ANDRES E. (1996): Draslík - živina pro výnos a kvalitu. IPI Basel. No 19., 57 s.

BLAKE L., MERCIK S., KOERSCHENS M., GOULDING K., W., T., STEMPEN S., WEIGEL A., POULTON P., R., POWLSON D., S. (1999): *Potassium content in soil, uptake in plants and the potassium balance in three European long-term field experiments* *Plant and Soil* 216:1–14 s.

BRAUNSWEIG I., C. (1980): K availability in relation to clay content. Results of field experiment. *Potash Rev.* 2, 1–8 s.

BŘEZINA F., MOLLIN J., PASTOREK R., ŠINDELÁŘ Z. (1986): Chemické tabulky anorganických sloučenin. SNTL Praha, 344 s.

BUJNOVSKÝ R., TORMA S., MIKLOVIČ D., FÖLDEŠOVÁ D. (1994): *Draslík v rastlinnej výrobe*. VÚPÚ. Bratislava, 102 s.

ČERMÁK, P., SUŠIL, A. a TRÁVNÍK, K. (1999): *Porovnání vývoje agrochemických vlastností půd za období 1990-1992 a 1993-1998*, ÚKZÚZ v Brně, 72 s.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2015): Spotřeba průmyslových hnojiv, [citováno: 21.2 2015], dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/10n1-04-_2004-1400>

FECENKO J., LOŽEK O. (2000): *Výživa a hnojení polních plodin*. Slovenská poľnohospodárska universita v Nitre v spolupráci s Duslom, 452 s.

GORŠKOV P., MAKARENKO V. M., (1972): Vliv dlouhodobého použití hnojiv v osevním postupu na obsah a formy draslíku v půdě. *Agrochemija* 12, 47–56 s.

GOULDING K., W., T. (1987): *Potassium fixation and release*. In *Methodology in Soil-K Research*. Proc. 20th Colloq. IPI, Baden bei Wien, IPI Berne, Switzerland, 137–154 s.

- GOWARIKER V. (2009): *The fertilizer encyclopedia*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 861 s.
- GREWOOD N. N., EARNSHAW A. (1993): *Chemie prvků*. Svazek 1, Informatorium, Praha, 793 s.
- HÅLAND, Å., TUNGESVIK, K., MYHR, K. (1983): *The requirement for potassium when growing grass on different soil in West Norway*. *Meldinger fra Norges landtbrukshøgskole*, 62 (28), 1-18 s.
- HRTÁNEK B. (1994): Frakcie pôdneho draslíka v profilech oglejených pôd, *Agrochémia (11–12)*, VÚPÚ Bratislava, 183–187 s.
- HUDCOVÁ O. (1989): Vliv dlouhodobého hnojení na režimové faktory půdního draslíku, *Rostlinná výroba*, 35(1), 9–16 s.
- HUDCOVÁ O., SIROVÝ V. (1981): Vliv odstupňovaných dávek hnojiv na pevnost vazeb draslíku v půdách, *Rostlinná výroba*, 27(5), 517–523 s.
- HUDCOVÁ O., VOPLAKAL K. (1981): Vliv vysokých dávek hnojiv na režim draslíku v půdě, *Rostlinná výroba*, 27(3), 289–298 s.
- JANDÁK J., PRAX A., POKORNÝ E. (2010): *Půdoznalství*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 145 s.
- JAVORSKÝ P., FOJTÍKOVÁ D., KALAŠ V., SCHWARZ M. (1987): *Chemické rozbory v zemědělských laboratořích*. České Budějovice, 397 s.
- KITTRICK J.A. (1966): Forces involved in ion fixation by vermiculite. *Soil Science Society of American Journal*. č. 30, s. 801–803.
- KLEMENT V., SMATANOVÁ M., TRÁVNÍK K. (2012): *Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ*. ÚKZÚZ Brno, 96 s.

KLEMENT V., SUŠIL A. (2013): *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2007–2012*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, sekce úřední kontroly, Brno, 104 s.

KORB N., JONES C., JACOBSEN J. (2005): *Potassium cycling, testing, and fertilizer recommendations*. Nutrient management, č. 5.

KRAUSS, A. (2002): *Potassium, an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production*. 2nd International AUP-IPBA-IPI Workshop, Poznan-Sielinko, Poland [citováno 1.4.2015] Dostupné na: <<http://www.ipichina.org/presentn/pipssf.html>>

KUNDLER P. (1970): *Mineraldüngung*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 25–32 s.

KUNZOVÁ E. (2010): *Výživa rostlin a hnojení draslíkem*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 22 s.

LUDÍK J. (1971): *Draslík v půdě a v rostlinách*. Specializační práce, MZLU Brno, 27 s.

MADARAS M., KOUBOVÁ M., KULHÁNEK M., KUNZOVÁ E. (2012): *Zásoby draslíku v půdě, jejich charakter a metody stanovení*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 35 s.

MADARAS M., KOUBOVÁ M., SMATANOVÁ M. (2014): *Long-term effect of low potassium fertilization on its soil fractions*. Plant Soil Environ. 358–363 s.

MACHÁČEK V. (2002): *The use of a new method for the determinativ of mobile potassium reserv efor the characterization of soil fertility*. In: *As suplement of proceedings of International Conference „IPI Gulden Jubilee Congress“*, Basel

MACHÁČEK, V., ČERMÁK, P., HLUŠEK, J., HORÁČEK, J., KOLÁŘ, L., RICHTER, R., POVA, D. (2001): *Stabilizace půdní úrodnosti z pohledu výživy rostlin fosforem a draslíkem*, Periodická zpráva, VÚRV Praha, 28 s.

MARKEWITZ, D., RICHTER, D.D. (2000): *Long-term soil potassium availability from a Kanhapludult to an aggrading loblolly pine ecosystem*. Forest ecology and management, 130(1-3), 109-129 s.

MORITSUKA N., YANAI J., KOSAKI T. (2004): *Possible processes releasing nonexchangeable potassium from the rhizosphere of maize*. Plant and Soil 258, 261–268 s.

MUNSON R.D. (1968): In: Kilmer V.J., Younts S.E., Brady N.C. *The role of potassium in agriculture*. Madison Wisconsin, 353 s.

MUTSCHER H. (1995): *Measurement and Assessment of soil potassium*. IPI. Basel no. 4. 102 s.

NANU I., RADULOV I., TITA A., (2013): *Chnges in soil potassium content after mineral fertilization*, Research Journal of Agricultural Science, 45 s.

NEUBERG, J. (1985): *Komplexní metodika výživy rostlin*, 2. díl, č. 15. ÚVTIZ, Praha, 231 s.

ORLOVIUS, K. (1999): *Long-term field experiments in intensive cropping systems in Germany*. Essential role of potassium in diverse cropping systems, Proc.16th IPI-Congr., Basel 13-18 s.

POLANSKI A., SMULIKOWSKI K. (1978): *Geochémia*. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 608 s.

PRASAD, R., POWER, J.F. (1997): *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. Potassium*, CRC Press LLC, New York, 349 s.

PROKHOROV A.M. (1989): *Geat Soviet encyclopeia*. Londýn: Collier Macmillan

REMY, H. (1971): *Anorganická chemie 1. díl*. Praha SNTL, Nakladatelství technické literatury, 936 s.

RICHTER R., HLUŠEK J. (1994): *Výživa a hnojení rostlin (I. Obecná část)*. VŠZ Brno, 177 s.

RUSSELL, J.W. (1992): *General chemistry, 2th edition*, USA, New York, 969 s.

RYANT P., RICHTER R., HLUŠEK J., FRAŠČÁKOVÁ E. (2003): *Multimediální učební texty z výživy rostlin*. MENDELU v Brně, [citováno 2.2.2015] Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/a_index_hnojiva.htm>.

SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (1982): *Lehrbuch der Bodenkunde*. F. Enke Verlag, Stuttgart, 441 s.

SCHMITT M., REHM G. (2002): *Potassium for crop production*. [citováno 9.3.2015] Dostupné na: <<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropssystem/dc6794.html>>

SOUKUP, J., MATOUŠ, J. (1979): *Výživa rostlin, substráty, voda v okrasném zahradnictví*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 288 s.

SPARKS D. L. (2000): *Handbook of soil science: Bioavailability of soil potassium*. M.E. Sumner. Boca Raton, Florida: CRC Press.

SYERS, J. K. (1998): *Soil and plant potassium in agriculture*. Fertilizer society at a meeting in London, The fertilizer society, York, 32 s.

ŠARAPATKA B., RYCHNOVSKÁ M., DLOUHÝ J. (2010): *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Bioinstitut, o. p. s., Olomouc ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí, Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy a Univerzitou Palackého v Olomouci, Šumperk, 440 s.

TAKÁČ J., PEŠLOVÁ H. (1994): *Vliv draselného hnojení na kvalitu ovocia*. *Agrochémia* 34 (11–12), 192–195 s.

TORMA S., (1999): *Draslík – důležitá živina v půdě a v rostlině*. Výzkumný ústav půdoznalectva a ochrany půdy, Bratislava, 72 s.

TORMA, S., JAMBOR, P. (2000): *Hnojenie draslíkom v Slovenskej republike*. Country Report 2. IPI Basel, VÚPOP Bratislava, 63 s.

TRÁVNÍK, K., SUŠIL, A. (2003): *Porovnání vývoje agrochemických vlastností půd za období 1993-1996 a 1999-2002*, ÚKZÚZ v Brně, 65 s.

VACÍK, BARTLOVÁ J., PACÁK J., STRAUCH B., SVOBODOVÁ M., ZEMÁNEK F. (1999): *Přehled středoškolské chemie*. SPN, Praha, 368 s.

VANĚK V., BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D., TLUSTOŠ P. (2007): *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, Praha, 176 s.

VENKATESHWARLU M., GHOSH S., K., PATRA P., K. (2014): Biplab Pal and G Kiran Reddy, *To study the effect of fertilizer and organic manure on dynamic ganges of potassium under cropping semence*. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, vol 5(1), 114-120 s.

ZBÍRAL J. (2002): *Analýza půd I – Jednotné pracovní postupy*. ÚKZÚZ, Brno, 197 s.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Formy draslíku v půdě (Mutscher, 1995).	19
Obrázek 2. Schéma poutání a fixace draslíku a ostatních kationtů jílovým minerálem illitem (Baier et al., 1996).	21
Obrázek 3. Mapa se sledovanými lokalitami.	32
Obrázek 4. Průměrný obsah vodorozpustného draslíku.	41
Obrázek 5. Obsah vodorozpustného draslíku v závislosti na výrobních oblastech.	42
Obrázek 6. Obsah vodorozpustného draslíku v závislosti na půdním typu.	44
Obrázek 7. Obsah vodorozpustného draslíku v závislosti na skupině půdního druhu.	45
Obrázek 8. Průměrný obsah přístupného draslíku.	48
Obrázek 9. Obsah přístupného draslíku v závislosti na výrobních oblastech.	49
Obrázek 10. Obsah přístupného draslíku v závislosti na půdním typu.	50
Obrázek 11. Obsah přístupného draslíku v závislosti na skupině půdního druhu.	52
Obrázek 12. Průměrný obsah mobilní draselné rezervy.	54
Obrázek 13. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na výrobních oblastech.	55
Obrázek 14. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na půdním typu.	56
Obrázek 15. Obsah mobilní draselné rezervy v závislosti na skupině půdního druhu.	58

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Atomové vlastnosti draslíku (Greenwood a Earnshaw, 1993).	13
Tabulka 2. Fyzikální vlastnosti draslíku (Greenwood a Earnshaw, 1993).	13
Tabulka 3. Poloměry a hydratační čísla některých iontů (Munson, 1968).	15
Tabulka 4. Atomový poloměr alkalických kovů (Vacík et al., 1999).	16
Tabulka 5. Poloměr iontů alkalických kovů (Greenwood a Earnshaw, 1993).	16
Tabulka 6. Kriteria hodnocení půdní zásoby obsahu mobilní draselné rezervy (Macháček, 2002).	22
Tabulka 7. Spotřeba minerálních hnojiv (ČSÚ).	26
Tabulka 8. Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha obhospodařované zemědělské půdy (ČSÚ).	27
Tabulka 9. Průměrné roční dávky živin v minerálních a organických hnojivech v bramborářské výrobní oblasti ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).	37
Tabulka 10. Průměrné roční dávky živin v minerálních a organických hnojivech v řepařské výrobní oblasti ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).	37
Tabulka 11. Roční normativy dávek vápenatých hnojiv v $\text{t CaO}\cdot\text{ha}^{-1}$	38
Tabulka 12. Dynamika obsahu vodorozpustného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).	43
Tabulka 13. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech na půdním typu.	44
Tabulka 14. Dynamika obsahu vodorozpustného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na půdním typu (průměr \pm SE).	45
Tabulka 15. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na skupině půdního druhu.	46
Tabulka 16. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu vodorozpustného K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu. ...	46
Tabulka 17. Dynamika obsahu vodorozpustného draslíku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ půdy) na skupině půdního druhu (průměr \pm SE).	47
Tabulka 18. ANOVA a podíl variability u vodorozpustného draslíku.	47

Tabulka 19. Dynamika obsahu přístupného draslíku (mg.kg^{-1} půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).	50
Tabulka 20. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na půdním typu.	51
Tabulka 21. Dynamika obsahu přístupného draslíku (mg.kg^{-1} půdy) na půdním typu (průměr \pm SE).....	51
Tabulka 22. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a ve skupině půdního druhu.....	52
Tabulka 23. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu přístupného K (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu. ...	53
Tabulka 24. Dynamika obsahu přístupného draslíku (mg.kg^{-1} půdy) na skupině půdního druhu (průměr \pm SE).....	53
Tabulka 25. ANOVA a podíl variability u přístupného draslíku.	53
Tabulka 26. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg^{-1} půdy) ve výrobních oblastech (průměr \pm SE).	56
Tabulka 27. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na půdním typu.	57
Tabulka 28. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg^{-1} půdy) na půdním typu (průměr \pm SE).....	57
Tabulka 29. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve výrobních oblastech a na skupině půdního druhu.	59
Tabulka 30. Regresní rovnice vyjadřující závislost obsahu MDR (mg.kg^{-1} půdy) na dávce aplikovaného draslíku ve skupině půdního druhu a na půdním typu.	59
Tabulka 31. Dynamika obsahu mobilní draselné rezervy (mg.kg^{-1} půdy) na skupině půdního druhu (průměr \pm SE).	59
Tabulka 32. ANOVA a podíl variability u mobilní draselné rezervy.	59