Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

KATEDRA AGROENVIRONMENTÁLNÍ CHEMIE A VÝŽIVY ROSTLIN

Vliv hnojení na výnos brambor a agrochemické vlastnosti půd

Bakalářská práce

Autor práce: Jiří Šroller

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv hnojení na výnos brambor a agrochemické vlastnosti půd" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13 .4. 2016 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou mnohokrát poděkoval panu Ing. Jindřichovi Černému, Ph.D. za umožnění zpracování tématu bakalářské práce, za metodické vedení a cenné připomínky při řešení této bakalářské práce. Mé poděkování patří také mé rodině především Mgr. Aleně Šrollerové za podporu po dobu mého studia.

Vliv hnojení na výnos brambor a agrochemické vlastnosti půd

Souhrn

Cílem této bakalářské práce bylo prokázat vliv hnojení na výnos brambor ve vztahu k agrochemickým vlastnostem půd. Na úvod jsou zde zmíněny obecné charakteristiky brambor. Následuje popis původu brambor a vzniku tohoto názvu. Dále problematika vhodného stanoviště pro optimální pěstování brambor a jejich nároky na úhrn srážek, teplotu, osvětlení a nástin fyziologie brambor. Výnos a kvalita brambor závisí na přístupnosti živin z půdy. Vliv hnojení je popisován na základě porovnání různých výsledků experimentů v literárních pramenech, z nichž se potvrdil předpoklad vyšší účinnosti minerálních hnojiv oproti organickým, která byla pro dosažení efektivního výnosu brambor nedostatečná. Také bylo prokázáno, že konvenční osevní postupy, v kterých byla použita dusíkatá hnojiva, vyprodukovaly výrazně vyšší výnos hlíz oproti organickým osevním postupům, které byly více ohroženy chorobami, škůdci a vystaveny riziku nedostatku živin. Rozdíly mezi organickými a konvenčními osevními postupy byly prokázány ve výnosu hlíz, jakož i v obsahu N, dusičnanů, Mg a P. U všech experimentálních pokusů se obsah N v nadzemních orgánech, hlízách a kořenech zvyšoval při zvýšení míry dusíkatého hnojiva, společně s výnosem hlíz brambor. Optimální míra pro dostatečný výnos brambor byla pokusy určena jako 120 kg N ha^{-1}, z důvodu nevýznamného zvýšení výnosu po dosažení této hodnoty. Při dlouhodobější aplikaci hnojiv se více zpřístupnil P a K. Aplikace organických i minerálních hnojiv nevýznamně zvyšuje obsah stopových prvků. Z pokusů v osevních postupech vyplynulo, že půdy v konvenčních osevních postupech mohou být více okyselovány a v organických osevních postupech půdy udržují pH. K získání přesnějších výsledků by bylo vhodné provést další studii.

Klíčová slova: brambory, minerální hnojiva, organická hnojiva, obsah přístupných živin, pH půdy, výnos hlíz

Effect of fertilization on yield of potatoes and agrochemical properties of soils

Summary

The aim of this thesis was to demonstrate the effect of fertilization on potato yield and agrochemical properties of soils. At the beginning of this study are mentioned the general characteristics of the potato. Following the description of the origin of potatoes and developing this designation. Further suitable habitat for optimal potato growing and their demands on rainfall, temperature, lighting and description of physiology of potatoes. Yield and quality of the potato depends on the availability of nutrients from the soil. Effect of fertilization is studied by comparing different results of experiments by using literature. This suposse of higher efficiency mineral fertilizers than organic fertilizers was confirmed, beacause organic fertlizers for achieving the effective yield of potatoes were insufficient. Also it was confirmed that the conventional systems, in which the application of nitrogen fertilizers, produced significantly higher tuber yield, compared with the organic which was more susceptible to disease, pests and exposed to the risk of lack of nutrients. Differences between organic and conventional systems with the same seeding procedure were discovered in the tuber yield and the concentration of N, nitrate, Mg and P. In all studied experiments for aboveground parts, tubers and roots the content of N was increased with the application of nitrogen fertilizer, as well as yield. The optimal rate for a sufficient yield of potatoes was determined as 120 kg N ha^{-1}, due to further insignificant increasing of yield, after reaching this value. When long - term fertilizers are applicated, elements P and K are more accessible. Application of fertilizers slightly increases the concentration of trace elements. The experiment with crop rotations showed that conventional systems can become more acidic and soil organic systems can become more alkaline. To obtain accurate results would be useful to perform another study.

Keywords: potatoes, mineral fertilizers, organic fertilizers, the content of available nutrients, soil pH, yield of tubers

Obsah

1 Úvod **8**

2 Cíl práce **9**

3 Literární rešerše **10**

3.1 Úvod do problematiky brambor 10

3.2 Význam, původ a historie brambor 11

3.3 Stanoviště vhodné pro brambory a jejich nároky na prostředí 12

3.3.1 Stanoviště 12

3.3.2 Nároky brambor na klimatické podmínky 14

3.3.2.1 Srážky a vláha 14

3.3.2.2 Teplota 15

3.3.2.3 Osvětlení 16

3.4 Osevní postupy a jejich vliv na kvalitu brambor (*Solanum tuberosum* L.) a vlastnosti půdy 16

3.5 Fyziologie výživy brambor 19

3.5.1 Dusík 21

3.5.2 Fosfor 22

3.5.3 Draslík 23

3.5.4 Vápník 23

3.5.5 Hořčík 23

3.6 Hnojení brambor 24

3.6.1 Organické hnojení 24

3.6.2 Minerální hnojení 26

3.6.2.1 Dusíkaté hnojení 27

3.6.3 Vliv dusíku na výnos hlíz a využití živin 29

3.6.4 Hodnocení efektivity využití živin s pomocí izotopu dusíku ^{15}N 32

3.6.4.1 Procenta dusíku absorbovaná z hnojiva a půdy rostlinou bramboru 33

3.6.4.2 Hromadění ^{15}N hnojiva a půdního dusíku v rostlině brambor 34

3.6.4.3 Míra využití hnojiva ^{15}N hnojiva u brambor 35

3.6.5 Využití N 35

3.6.6 Optimální dávka dusíkatého hnojiva 37

3.6.7 Vliv hnojení na obsah dusíku a organického uhlíku v půdě 38

3.6.8 Hnojení fosforem 39

3.6.9 Draselné hnojení 40

3.6.10 Hnojení vápníkem a hořčíkem 42

3.6.11 Hnojení sírou 44

3.6.12 Hnojení mikroprvky 44

3.6.13 Vliv hnojení na obsah sušiny a škrobu u hlíz brambor 44
3.6.14 Vliv hnojení na půdní pH 46

4 Závěr 47

5 Seznam literatury 49

1 Úvod

Tato bakalářská práce je příspěvkem k vlivu hnojení na výnos brambor a agrochemické vlastnosti půd. Touto problematikou se ve své práci zabývám kvůli stále klesající výměře, která může být velmi ovlivněna právě hnojením a vlastnostmi půd. Brambory mají v potravinářském průmyslu nezastupitelnou úlohu, protože jejich nutriční hodnota je vysoká a slouží jako zdroj energie, a tím pozitivně působí na lidský organismus. Kvůli mnoha prospěšným faktorům se postupně staly součástí našeho jídelníčku.

Brambory v zemědělském sektoru pokrývaly v roce 2015 dle ČSÚ plochu 23 000 ha. Odhadovaná plocha brambor v rámci samozásobení domácností (plochy do 1 ha) činila 7 000 ha. Celková produkce brambor dosáhla 515,7 tis. tun. V roce 2015 je odhadován průměrný hektarový výnos v ČR na 21,77 t.

Jedním z primárních cílů je vyrovnání se v kvalitě a efektivitě pěstování brambor a hlavně produkci dostatečných výnosů nejvyspělejším zemím Evropy. Základním prvkem pro vysokou produkci bramborových hlíz je právě jejich hnojení. Vhodně zvolený způsob aplikace, forma hnojiva a aplikační dávka jsou velmi důležitými faktory pro dosažení cílů v pěstování brambor.

Z původních odrůd, které se dostaly do Evropy, bylo vyšlechtěno a stále se šlechtí velké množství nových, kvalitních a výnosnějších odrůd. Šlechtí se nové odrůdy, jak konzumních, tak průmyslových brambor, které umožňují efektivnější a kvalitnější produkci konečného výrobku. V současné době je v České republice registrováno 158 odrůd brambor a stále přibývají další.

2 Cíl práce

Cílem práce bude vyhodnotit vliv různých hnojiv (organických a minerálních) na výnos hlíz brambor v odlišných půdně - klimatických podmínkách na základě poznatků z literatury. Zároveň bude posouzen vliv hnojiv na agrochemické vlastnosti půd.

3 Literární rešerše

3.1 Úvod do problematiky pěstování brambor

Lilek brambor je jednou z nejdůležitějších plodin na celém světě a řadí se na čtvrté místo v roční produkci (Fernie a Willmitzer, 2001). Brambor může být vysoce produktivní, ale má poměrně mělký kořenový systém, který vyžaduje velký příjem živin pro udržení produktivity hlíz a jejich kvality. Z toho vyplývá, že správné určení aplikační dávky živin je pro dostatečný výnos hlíz brambor velmi důležité (Alva a kol., 2011). Výzkum ukázal, že osevní postupy mají vliv na parametry, jako jsou kvalita hlíz, obsah škrobu a obsah sušiny (Roinila a kol., 2003), stejně jako na obsah živin u hlíz (Järvan a Edesi, 2009). Přesto zde hrozí, že odlišné agronomické postupy budou mít za následek snížení obsahu minerálních prvků, zásadních pro lidskou výživu u jedlých plodin. Jen málo studií zkoumalo, zda zvýšení výnosů prostřednictvím zemědělských opatření ovlivňuje obsah minerálních prvků v hlízách (White a kol., 2009) a celkovou kvalitu plodin (Wang a kol., 2008). Vliv střídání plodin na výnos hlíz je již dostatečně znám, ale vliv osevního postupu na kvalitu hlíz byl prostudován v menší míře (Mohr a kol., 2011). Brambor je často zahrnut v osevních postupech. Jako plodina potřebuje intenzivní kultivaci půdy a vysoké dávky živin. Střídání plodin v systému pěstování brambor je důležité, protože umožňuje obnovení podmínek půdy po intenzivním narušení v průběhu pěstování brambor (Grandy a kol., 2002). Efekty střídání plodin mohou mít významný vliv na zdravotní stav půdy, i přes produktivitu plodin během půdních ekologických interakcí a procesů, které se časem vyskytnou (Carter a kol., 2003). Mnoho půdních fyzikálních, chemických a biologických vlastností je ovlivněno některými z nejvíce důležitých hospodářských postupů, jako je například orba, hnojení dusíkem a kultivace meziplodin (Sapkota a kol., 2012). Příjem dusíku rostlinou a půdou závisí na základní výživě, která může být ovlivněna mnoha faktory, jako jsou například: předchozí pěstované plodiny, povětrnostní podmínky během růstu rostlin, a produkce plodin. Z tohoto důvodu, je obtížné vybrat vhodnou dávku dusíkatého hnojiva pro brambory, vzhledem k značným rozdílům mezi nároky brambor (Zebarth a kol., 2009). Meziplodiny během zimy jsou důležité pro snížení vyluhování živin (Stark a Porter, 2005) a pro zachování kvality půdy, zejména v ekologických osevních postupech, kde se mohou objevit problémy s nedostatkem živin.

3.2 Význam, původ a historie brambor

V této době brambory označené jako konzumní jsou hlavně nepostradatelnou součástí našeho jídelníčku. S růstem životní úrovně obyvatelstva se snižuje jejich spotřeba a zvyšují se nároky na kvalitu praním brambor, jejich dokonalým zabalením a označením, a to včetně uvedení varného typu a odrůdy. Časem se snižuje rozsah tzv. zimního předzásobení, kvalitní brambory se nakupují v době, kdy se předpokládá jejich spotřeba, a tím se také snižují vysoké ztráty při skladování v skladovacích prostorách. I v zimních měsících je trh zásoben ranými konzumními brambory z dovozu (Vokál a kol., 2003). Brambory, pocházející z Nového světa jako jedna z mnoha plodin, se zpočátku setkávaly v Evropě s velkým odporem. Byly sem dovezeny ze své mateřské země Jižní Ameriky, kde byly pěstovány ve dvou rozdílných klimatických oblastech. První oblast se rozléhala přibližně na území dnešního Peru a Bolívie, kde byly pěstovány na náhorních plošinách s nadmořskou výškou až 5 000 metrů. Další oblast, rozkládající se na území dnešního Chile, se vyznačovala naopak podnebím podobným střední a severní Evropě a teplejšími klimatickými podmínkami (Kutnar, 2005). Do Evropy se brambory dostaly přibližně v 16. století. Jejich dlouhá cesta do Starého světa je vedena dvěma směry. Jako první sem přivezli tuto plodinu Španělé, kteří poprvé využili bramborové hlízy jako potravinu, konkrétně to byl Pedro Cieza de Leon (Vokál a kol., 2003). Jednalo se červené brambory rohlíčkovitého typu, které byly označovány *Solanum andigenum*. Další cesta brambor do Evropy vedla přes Anglii, šlo o druh *Solanum tuberosum* a dovezl je sem Francis Drake. Evropané bohužel tuto plodinu neuměli dlouhá léta využít pro potravinářské účely a pěstovali ji především pro zkrášlení svých zahrad a pro její léčivé účinky. První důkaz uvaření hlízy brambor je zaznamenán až v roce 1616 na hostině pořádané Ludvíkem třináctým. Avšak brambory dále zůstaly celkem vzácnou plodinou a v jídelníčku bohatých měšťanů byly podávány pouze jako doplněk jejich stravy. K jejich rozšíření mezi všechny vrstvy obyvatelstva dopomohly až nemoci, války, neúrodná léta a hladomory, v tento čas lidé začali konzumovat brambory jako svoji poslední naději na přežití. K nám do Čech se brambory, v té době nazývané „české jablko“, dostaly až roku 1628, kdy je lékárník Jiří Agricola z Jáchymova přivezl z Německa a servíroval je na hostině pořádané Jindřichem z Könneritz. K jejich velkému rozšíření na území Čech došlo po roce 1770, v kterém byla velmi malá úroda, a lidé byli přinuceni začít pěstovat brambory jako zdroj svého živobytí. V této době nechala Marie Terezie dovážet velké množství brambor z Pruska. V Čechách byly kvůli tomu nazývány podle Braniborů brambury, odkud vznikl dodnes používaný název brambory.

Od této chvíle se brambory stávají velmi důležitou pěstovanou plodinou v Čechách (Houba a kol., 2007).

3.3 Stanoviště vhodné pro brambory a jejich nároky na prostředí

3.3.1 Stanoviště

Odrůdy evropského bramboru patří mezi rostliny mírného pásu, nejlépe jim vyhovuje přímořské klima s vyšší vzdušnou vlhkostí (Rybáček a kol., 1988). V bramborářských oblastech převažují lehké a promyvné půdy, v nichž dochází k vyplavování živin do povrchových a podzemních vod, proto se doporučuje lokální pásové hnojení při sázení brambor, které bylo i ověřeno polními pokusy (Mayer a kol., 2009). V České republice rozlišujeme dvě základní oblasti, kde se intenzivně pěstují brambory. První z nich je teplejší a úrodnější oblast pěstování zejména raných konzumních brambor v Polabské nížině a na jižní Moravě, která je charakteristická nadmořskou výškou 150 až 250 metrů, s průměrnou roční teplotou nad 8 °C. Druhá je chladnější oblast v převážně zemědělské výrobní podoblasti bramborářské s centrem pěstování na Českomoravské vrchovině s nadmořskou výškou 400 až 600 metrů a průměrnou roční teplotou pod 7 °C (tradiční bramborářská oblast). Hejcman a Kunzová, 2010 uvádějí nadmořskou výšku od 400 do 700 m. n. m., kde jsou vyšší srážky a mírně kyselé půdy. Výběr stanoviště musíme učinit s ohledem na svahovitost, která je limitujícím faktorem z hlediska vodní eroze, tudíž bychom neměli brambory umisťovat na příliš svažité půdy; pokud se tomu nelze vyhnout musíme využít protierozní opatření. Vokál a kol. (2004) uvádějí maximálně přípustnou hodnotu sklonu pozemku 8 °. V České republice nejvíce vyhovuje teplotním a srážkovým požadavkům klimatický region mírně teplý, vlhký, s průměrnou roční teplotou 6 až - 7 °C a průměrným úhrnem ročních srážek 650 až 750 (Vokál a kol., 2003).

Na složení a obsahu vzduchu v půdě závisí růst kořenů, jelikož brambor vyžaduje kyprou a provzdušněnou půdu. Typickými bramborářskými půdami jsou půdy lehké až střední s propustnou spodinou. Půdy mají příznivější podmínky, když vyhovují požadavkům kořenového systému bramboru na vzduch a dokážou do určité míry vyrovnávat kolísání množství půdní vláhy. Také proto jsou nejvhodnější půdy humózní (s obsahem humusu více než 2 %), písčitohlinité s propustnou spodinou, s pH v rozmezí 5,5 až 6,5 a zásobou živin blízkou optimu, přibližně v těchto hladinách: fosfor 80 až 110 $mg.kg^{-1}$ půdy, draslík 200 až 300 $mg.kg^{-1}$ půdy a draslík 160 až 230 $mg.kg^{-1}$ půdy. Bramborám nejlépe vyhovuje kyselá

půdní reakce, protože v zásaditých půdách vrůstá nebezpečí výskytu strupovitosti a klesá výnos. Baier a Baierová (1985) uvádějí optimální pH pro brambory 4,7 až 6,2. Hruška a kol. (1974) a Diviš a kol., 2011 se shodují, že brambory nejlépe rostou při pH 5,5 až 6,5. Podle Rybáčka a kol. (1988) je možné celkové rozpětí půdní reakce pH 4 až 8. Písčitá půda je vhodná pro pěstování brambor teprve, když obsahuje 8 až 10 % jílnatých částic a humusu. Dále hlinitopísčité půdy s obsahem 10 až 20 % jílnatých částic se hodí pro pěstování více, když jsou hlubší a vespod vlhčí. Nakonec těžké půdy jsou vhodné méně, jestliže jsou uléhavější, těžší a mokřejší.

Tab. č. 1: Vliv druhu půdy a spodiny na výnos hlíz (v tunách na hektar) v roce 1965 (Hruška a kol., 1974)

Stanoviště	Spodina					
	Propustná			Nepropustná		
	Druh půdy					
	Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Havlíčkův Brod	17,88	15,64	11,13	12,03	10,50	7,73
Blansko	11,20	11,55	7,20	6,00	4,50	3,80

Tab. č. 2: Vlastnosti skupin půd

Skupina půd	Označení půdního druhu	Obsah jílnatých částic v %
Lehké	Písčitý	0 – 10
	Hlinitopísčitý	10 – 20
Střední	Písčitohlinitý	20 – 30
	Hlinitý	30 – 40
Těžké	Jílovitohlinitý	45 – 60
	jilovitý	60 – 75
	jíl	nad 75

Jak vyplývá z údajů v tabulkách č. 1 a 2 půdy pro brambory jsou příznivější, čím více vyhovují požadavkům podzemních částí rostlin na vzduch a lépe dovedou vyrovnávat kolísání půdní vláhy.

Tab. č. 3: Vliv druhu půdy na výnos hlíz (Klapp, 1930)

	Výnos celkem		Vlhký rok a vlhká poloha		Suchý rok a suchá poloha	
Druh půdy	%	Pořadí	%	Pořadí	%	Pořadí
Lehká písčitá	99,2	4	102,7	4	96,9	3
Střední písčitá	121,4	1	125,4	1	115,1	1
Břidlicová	108,5	3	117,5	2	95,7	4
Šedá štěrkovitá	94,1	5	98,1	5	87,7	7
Střední hlinitá	109,4	2	109,8	3	109,1	2
Těžká jílovitá	92,1	6	91,1	6	92,9	5
Těžká vápenitá	88,8	7	85,7	7	89,7	6

Z tabulky č. 3 vyplývá, že nejvyšší výnosy byly zaznamenány na střední písčité půdě a nejvyrovnanější na střední hlinité půdě. Nejvyšších výnosů hlíz bylo u nás dosaženo v provozních podmínkách na nezavlažovaných plochách v nadmořské výšce 450 až 550 metrů (Rybáček a kol., 1988). Nejlepší sadbu nabízejí sadbové oblasti v nadmořské výšce nad 600 metrů (Hruška, 1962). Kamenitost souvisí s poškozením hlíz, proto se dnes používá pro brambory technologie v hrůbcích bez kamenů. Orientační limitní hmotnost kamenů větších než 35 mm v orniční vrstvě do hloubky 100 mm 10 t ha^{-1} (Vokál a kol., 2003). Vysoké množství nitrátového dusíku v půdě v raném období vegetace představuje na promyvné půdě vysoké riziko znečištění povrchových a podzemních vod nitráty (Mayer a kol., 2009).

3.3.2 **Nároky brambor na klimatické podmínky**

3.3.2.1 Srážky a vláha

Příjem N plodinou je ovlivněn teplotou, slunečním zářením a vodou (van Evert a kol., 2012). Brambor je považován za plodinu citlivou na sucho (Schafleitner a kol., 2007). Nadměrná vlhkost a teplé počasí během růstového období mohou zvýšit nutriční příjem hlíz (Jiao a kol., 2013). Literatura naznačuje, že úbytek dusíku je vyšší, pokud zavlažování nebo půdní vlhkost dosahuje téměř 100 % vodní kapacity půdy (Dalla Costa a kol., 1997). V případě studie Ruža kol., 2013 by se to potvrdilo, pokud by byla zahrnuta celková hmota (hlízy a listů). Nejmenší potřebu vláhy má brambor při klíčení, nejvyšší pak při růstu natě a hlíz (Rybáček a kol., 1988). Počasí má obrovský dopad na výnos a kvalitu u osevních postupů

a střídání plodin. Pokud se klimatické podmínky během období pěstování brambor blíží optimu v konkrétní oblasti, brambory využívají živiny efektivněji (Tein a kol., 2014). Brambor má středně velké nároky na vodu, ale citlivě reaguje na rozdělení srážek. Nedostatek srážek od sázení po vzejití působí příznivě, naopak od začátku tvorby poupat až po intenzivní růst hlíz má zá následek u všech odrůd nedostatek půdní vláhy. Závlaha v první polovině vegetační doby ovlivňuje růst natě, poté počet hlíz a ve druhé polovině hmotnost a růst hlíz (Vokál a kol., 2003). Na výnos hlíz u velmi raných odrůd mají největší vliv srážky v červnu, u raných odrůd v červenci, u polopozdních a poloraných v červenci a srpnu a u pozdních odrůd v červenci, srpnu a září. Při nedostatku srážek trpí brambory fyziologickými poruchami (Rybáček a kol., 1988). Vydatné srážky v létě výrazně podporují vyšší vyluhování a ztráty P a N (Neumann a kol., 2012). Povětrnostní podmínky hrají důležitou roli při produkci brambor. Van Oort a kol. (2012) zkoumali, jaké extrémy mají největší dopad na výnosy brambor a zjistili, že nejvýznamnějším faktorem je nadměrná vlhkost v průběhu růstové periody, což snižuje výnos. Tento experiment také ukázal, že největší vliv na výnosy brambor měly silné srážky v období růstu. Výnosy v roce 2010 byly výrazně nižší než v období dalších dvou experimentálních let, s výjimkou organického osevního postupu M, který byl důsledkem silných dešťů v období růstu a nadměrných teplot (Tein a kol., 2014). Dávka dusíkatých hnojiv a nadměrné množství vody může rušit vzájemné účinky na výnos plodin (Ferreira a Carr, 2002). Ale pokud se zde vyskytují problémy s nedostatkem vody, tak by mělo být zváženo zavlažování, z důvodu negativního vlivu nedostatku vody na příjem živin rostlinou. Jestliže povětrnostní podmínky v období růstu rostlin se blíží dlouhodobému průměru (optimální) dosáhneme vyšších výnosů brambor v důsledku vhodné interakce mezi povětrnostními podmínkami a živinami, které jsou rostlinám přístupné. Korelace dávky hnojiva závisí na meteorologických podmínkách v průběhu vegetačního období (Darwish a kol. 2003; Kumar a kol., 2007; Fontes a kol., 2010). Maximum doporučené dávky N je velmi závislé na místní půdě a klimatických podmínkách (Šrek a kol., 2010).

3.3.2.2 Teplota

Brambory jsou dále citlivé také na teplotu a její změny. Klíčky začínají růst v půdě při teplotě 8 až 10° C, růst natě se zastavuje při 5 až 6 °C, stejně také nad 30 °C a při dlouhodobějším poklesu teplot pod -1 až -1,5 °C zmrzne. Při teplotě 45 °C hlízy odumírají. Optimální teplota pro růst hlíz je okolo 20 °C ve dne a 14 °C v noci (Vokál a kol., 2003). Podobného názoru je i Rybáček a kol. (1988), kteří uvádějí optimální teplotu pro růst hlíz

17 °C. Také Dráb a kol. (1956) poznamenávají, že optimum teploty půdy dosahuje rozmezí 15 až 17 °C a teploty ovzduší 25 °C. Při půdní teplotě 26 °C se růst zastavuje (Rybáček a kol., 1988). Při nízkých teplotách tvorbu hlíz vyvolává teplota, při vyšších potom délka dne. Srážky, oblačnost a teplota ovlivňují vzdušnou vlhkost. V našich bramborářských oblastech dosahuje průměrná vzdušná vlhkost okolo 70 %. Brambory jsou vysoce nutričně náročné plodiny. Z tohoto důvodu obsah živin u hlíz přímo souvisí s dostupností živin a příjmem, který je ovlivněn povětrnostními podmínkami. Silný vliv má průběh povětrnostních podmínek zejména na výnos hlíz. Čím je půda více provzdušněna, tím rychleji se ohřívá, avšak půdy s vysokým obsahem vody se ohřívají pomalu. V průběhu vegetace je potřeba, aby půdní teploty byly nižší než teploty ovzduší (Rybáček a kol., 1988). Nároky brambor na využití živin, hlavně dusíkatých hnojiv, během vegetačního období jsou nerovnoměrné. Během vývoje přijímají brambory jen malé množství dusíku, přibližně do 20 $kg.ha^{-1}$, naopak v období květu je přijato více než 80 % veškerého dusíku. K zajištění optimální zásoby dusíkem musí být dusík v dostatečném množství k dispozici rostlinám v horní vrstvě půdy v době jeho největší spotřeby (Mayer a kol., 2009).

3.3.2.3 Osvětlení

U předkličování bramborových hlíz na světle krátký osmihodinový den působí příznivě na růst klíčků, naopak dlouhý šestnáctihodinový den a nepřetržité osvětlení jej brzdí (Hruška a kol., 1974). Minimální intenzita osvětlení je 800 luxů. Krátký den podporuje a urychluje nasazení hlíz (Kopetz a Steinbeck, 1954). Nejvyšší výnos sklizně byl u pozdních odrůd při osmihodinovém dni, u poloraných a raných při dvanáctihodinovém dni. U delšího dne pak výnos sklizně klesal (Rybáček a kol., 1988).

3.4 Osevní postupy a jejich vliv na kvalitu brambor (*Solanum tuberosum* L.) a vlastnosti půdy

Pěstování brambor po sobě v osevním postupu je zcela vyloučené, nejen že se nám sníží výnosy, ale musíme chránit brambory před karanténními škodlivými činiteli, jako jsou háďátko bramborové, bakteriální kroužkovitost nebo rakovina brambor. Nejvýhodněji se projevilo zastoupení brambor dvaceti pěti procenty v osevním sledu při opakovaném zařazení brambor na stejném pozemku po čtyřech letech. Při větším procentuálním zastoupení 50 až 75 byla zjištěna výrazná výnosová deprese (Vokál a kol., 2003). Tein a kol., 2014 ve své studii vyhodnotili, jak různé osevní postupy hospodaření ovlivnily výnosy hlíz a jejich kvalitu,

obsah N, NO_3^-, P, K, Ca, Mg, obsah sušiny a škrobu u brambor, stejně také vliv pěstování brambor v rámci střídání plodin v různých osevních postupech na kvalitu půdy (pH, $N_{tot.}$, $C_{org.}$, rostlinám přístupný obsah P, K, Ca a Mg). Tein a kol., 2014 získali data za období 2009 - 2011 po dobu 3 let aplikování osevních postupů. Experiment Tein a kol., 2014 byl proveden v Estonsku v šesti různých osevních postupech, ve formě dvou organických a čtyř konvenčních. U obou osevních postupů konvenčního zemědělství byly použity meziplodiny (M) k organickému zelenému hnojení. Ve druhém organickém osevním postupu byl také přidán plně kompostovaný chlévský hnůj (CHH) v dávce 40 t ha^{-1} jako hnojivo. Čtyři konvenční osevní postupy se lišily v množství aplikovaných minerálních hnojiv a skládaly se z následujících osevních postupů: N0P0K0 (kontrola), $N_{50}P_{25}K_{95}$, $N_{100}P_{25}K_{95}$, nebo $N_{150}P_{25}K_{95}$. Autoři uvádějí předpoklad, že (1) různé osevní postupy výrazně ovlivňují kvalitu hlíz, protože množství živin používané v osevních postupech je jiné a že (2) brambory, jako součást střídání plodin v osevních postupech významně ovlivňují kvalitu půdy během příjmu a využívání živin.

Půda z experimentálního pole byla určena jako luvizol podle světové klasifikace WRB (FAO, 2006) a písčitá struktura půdy s vrstvou humusu 20 - 30 cm (Reintam a Köster, 2006). Celkem obsahovalo jedno pole 120 parcel. V obou organických osevních postupech pro organické zelené hnojení byly použity meziplodiny. Ve druhém organickém osevním postupu byl přidán na podzim (2009) plně kompostovaný chlévský hnůj, případně na jaře (2010 - 2011) v množství 40 t ha^{-1}. V průměru kompostovaná statková hnojiva obsahovala celkem 9.7 g kg^{-1} N, 4.6 g kg^{-1} P, 8.6 g kg^{-1} K, 138 g kg^{-1} C a 44,8 % sušiny. Čtyři konvenční osevní postupy se lišily v aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv. Konvenční kontrolní osevní postup (N0) neobsahoval žádná přidaná hnojiva. Další tři osevní postupy zahrnovaly odlišné dávky přidaných hnojiv (50, 100, a 150 kg N ha^{-1}, v daném pořadí). Všechny minerálně hnojené osevní postupy obsahovaly NPK hnojiva přidaná při výsadbě v poměru 20:25:95 kg ha^{-1}. Jedna nebo dvě dávky N navíc byly přidány během růstu (N_{50} = 30 kg ha^{-1}, N_{100} = 60 + 20 kg ha^{-1} a N_{150} = 90 + 40 kg ha^{-1}) (Tein a kol., 2014).

Celkové výnosy brambor zůstaly méně výrazné než v roce 2010 v porovnání s roky 2009 a 2011. Hlavním důvodem mnohem menších výnosů v roce 2010 než ve zbylých dvou letech mohly být extrémní povětrnostní podmínky během vegetačního období. Významně vyšší výnosy byly získány z konvenčních osevních postupů, v kterých minerální dusíkatá hnojiva byla aplikována v dávkách 50 - 150 kg N ha^{-1}. Stejný výsledek byl nalezen při

srovnání kontrolního osevního postupu a obou organických osevních postupů, kde rozdíly ve výnosu hlíz nebyly významné. Výnos hlíz byl výrazně ovlivněn rokem, osevním sledem, hospodařením a jejich interakcemi. Obsahy N a dusičnanů u hlíz byly významně ovlivněny všemi faktory. Konvenční osevní postupy s vyššími vstupy minerálních dusíkatých hnojiv dosáhly v hlízách brambor vyššího obsahu N a NO_3. V roce 2010 a 2011, obsahy dusičnanů u hlíz byly přibližně dvakrát vyšší než v roce 2009. Obsahy P v hlízách byly většinou ovlivněny osevním postupem a byly v průměru vyšší v organických a kontrolních osevních postupech. Interakce mezi experimentálním rokem a osevním postupem měla významný účinek na obsah P. Na rozdíl od obsahu P, obsah K v hlízách byl významně ovlivněn pouze experimentálním rokem. Poslední dvě léta měla významně vyšší obsah K v hlízách než v roce 2009. Obsah Mg u hlíz byl významně ovlivněn všemi faktory a v průměru byl vyšší v kontrolních (nehnojených) a organických osevních postupech. Obsah Ca, stejně tak i obsah sušiny a škrobu byly významně ovlivněny experimentálním rokem a interakcí roku s osevními postupy. Škrob a obsah sušiny u hlíz byli většinou významně vyšší v roce 2009 a 2011. Obsahy Ca byly významně vyšší v roce 2010 a 2011. Půdní pH se po pěstování brambor v průměru výrazně snížilo v konvenčním osevním postupu, v kterém byla použitá dávka N 100 kg ha^{-1}. V obou organických osevních postupech se pH po pěstování brambor nevýznamně zvýšilo a v jiných konvenčních osevních postupech se nevýznamně snížilo. Koncentrace pH půdy po kultivaci brambor byly nevýznamně vyšší v organických osevních postupech. Půdní obsah $C_{org.}$ výrazně vzrostl po pěstování brambor v ekologickém osevním postupu, ve kterém byl aplikován chlévský hnůj a v konvenčním osevním postupu s dávkou 100 kg N ha^{-1}. Kromě toho obsah C_{org} v půdě v organickém osevním postupu M+CHH se mírně zvýšil, stejně jako u osevního postupu, ve kterém bylo aplikováno množství dusíku 50 kg N ha^{-1}. Po kultivaci brambor se půdní $C_{org.}$ ve dvou konvenčních osevních postupech snížil. V konvenčním osevním postupu tento pokles nebyl významný, na rozdíl od konvenčního, ve kterém bylo aplikováno množství dusíku 150 kg N ha^{-1}. V průměru nejvyšší nevýrazné obsahy $C_{org.}$ byly naměřeny před pěstováním brambor v obou organických osevních postupech a v konvenčním osevním postupu s nejvyšším množstvím aplikovaného dusíku. V průměru obsah $N_{tot.}$ v půdě se po pěstování brambor v kontrolním osevním postupu výrazně snížil stejně jako v konvenčním osevním postupu, ve kterém byla dávka dusíku 50 kg N ha^{-1}. V ostatních osevních postupech, dávky $N_{tot.}$ v půdě zůstaly stejné jako před pěstování brambor. V průměru nejvyšší nevýrazné obsahy $N_{tot.}$ byly naměřeny před a po pěstování brambor v obou organických osevních postupech a v konvenčním osevním postupu, ve kterém bylo aplikováno množství dusíku 150 kg $ha^{-1.}$

V průměru rostlině přístupný obsah P v půdě výrazně vzrostl po sklizni brambor v kontrolním osevním postupu, v ekologických osevních postupech, kde se využívá statkových hnojiv a v konvenčním osevním postupu s aplikovanou mírou dusíku 100 kg ha^{-1}. Nevýrazný nárůst byl také naměřen v konvenčních osevních postupech, ve kterých množství dusíku bylo 50 a 150 kg ha^{-1}. V organickém osevním postupu M byl zaznamenán mírný nevýrazný pokles přístupného P. Obsah rostlinám přístupného P byl nejvyšší před a po pěstování brambor v kontrolním konvenčním osevním postupu (nehnojeném) a v osevních postupech, ve kterých byly použity nízké a průměrné míry dusíkatých hnojiv. Obsah rostlinám přístupného K v půdě se snížil po kultivaci brambor u všech osevních postupů, ale snížení bylo statisticky významné pouze u organického M, kontrolního, $N_{100}P_{25}K_{95}$ a $N_{150}P_{25}K_{95}$ osevního postupu. Před kultivací brambor průměrný obsah přístupného K byl nevýrazně vyšší v osevních postupech, kde bylo použito 50 a 100 kg ha^{-1}. V porovnání s obsahem K před kultivací brambor, obsahy K byly také nevýrazně vyšší po kultivaci brambor, v osevních postupech, kde bylo aplikována míra dusíku 50 a 100 kg ha^{-1} do organického M+CHH osevním postupu. Mezi osevními postupy průměrné obsahy rostlinám přístupného Ca před a po pěstování brambor dosahovaly statisticky nevýznamných rozdílů. Nevýrazné zvýšení obsahu Ca bylo naměřeno v organických osevních postupech po pěstování brambor a snížení obsahu Ca bylo zaznamenáno v konvenčních osevních postupech po kultivaci brambor. V průměru obsah rostlinám přístupného Mg v půdě se výrazně snížil po pěstování brambor v kontrolním osevním postupu a v konvenčním osevním postupu, ve kterém byl použit dusík v dávce 150 kg ha^{-1}. V organickém osevním postupu M+CHH půdní obsah Mg zůstal stejný před i po pěstování brambor, ale v jiných osevních postupech se zde objevil nevýrazný pokles obsahu Mg (Tein a kol., 2014).

3.5 Fyziologie výživy brambor

Hlízy jsou jediným využitelným orgánem trsu brambor. Jejich vnitřní a vnější kvalita a hodnota jsou tudíž rozhodující pro všechny užitkové směry. Hodnota bramborových hlíz je dána především jejich chemickým složením, které z nich vytváří surovinu a potravinu. Například nadbytek vápnění snižuje výnos brambor, naopak jeho nedostatek způsobuje poškození hlíz (Vokál a kol., 2003). Brambory mají v zelených orgánech vyšší koncentraci všech živin než jednoděložné rostliny (tabulka č. 6). Mají také vysokou sorpční schopnost poutat živiny (Baier a Baierová, 1985).

Tab. č. 6: Střední koncentrace živin u brambor v procentech v sušině je následující (Baier, 1985):

Analyzovaná část	N	P	K	Na	Ca	Mg
Nať při kvetení	4,58 %	0,36 %	5,01 %	0,05 %	2,20 %	0,61 %
Hlízy při sklizni	1,78 %	0,22 %	1,98 %	0,01 %	0,11 %	0,13 %
Nať při sklizni	2,20 %	0,14 %	2,35 %	0,05 %	2,74 %	0,60 %

Tab. č. 7: Příjem živin nadzemní biomasou (v kg. ha^{-1}) během vegetace u pozdních brambor (Sine, 1979):

	Odnožování	Začátek sloupkování	Začátek metání	Konec květu	Žlutá zralost
Živina	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
N	16	69	143	180	200
P	2	10	19	26	31
K	13	91	183	257	274

K optimálnímu prostředí trsu brambor patří kyprá, provzdušněná, biologicky aktivní půda. Málo výkonný kořenový systém potřebuje mnoho kyslíku, a pokud je třeba i rovnoměrné zásobení vodou. Velký význam tu mají jak organická, tak i minerální hnojiva (Rybáček a kol., 1988). Vedle vnějších podmínek má na výživu brambor vliv vlastní příjmová kapacita rostlin, konkrétně intenzita příjmu živin a celkové množství přijatých živin. Rostlina bramboru přijímá živiny téměř po celou dobu své vegetace, ale s největší intenzitou kolem stádia kvetení (tabulka č. 7) (Čepl, 2005). Průměrné hodnoty odběru živin na 10 t hlíz spolu s nadzemní částí a kořeny jsou následující: 40 – 50 kg N, 8,8 kg P, 70 kg K, 22 kg Ca a 8,4 kg Mg (Mayer a kol., 2009). Z hlavních minerálních živin N, P, K má největší vliv na fyziologii rostlin brambor dusík, což se projevuje později v jejich růstu a vývoji (Rybáček a kol., 1988).

3.5.1 **Dusík**

Dusík je nejvýznamnější živina, patří k základním stavebním prvkům, z kterých se tvoří bílkoviny a dále je také významnou složkou chlorofylu (Vokál a kol., 2003). Je nezbytný pro rostlinou výživu a brambory jsou na N velmi citlivé. Růst společně s vývojem a výnosem jsou přímo a nepřímo ovlivňované asimilací, příjmem a transportem (Hu, 2002). Krass a Marschner (1982) stanovili, že dávka dusíku je jeden z enviromentálních faktorů ovlivňující tvorbu hlíz. Také velmi výrazně ovlivňuje produktivitu porostu, zejména rozvoj listové plochy, a tím i celkový výkon asimilace v přepočtu na trs (Rybáček a kol., 1988). Výsledky experimentu potvrdily, že aplikace dusíku zvyšuje obsah N v nadzemních částech, hlízách a kořenech brambor. Výnos brambor se zvyšuje se zvyšující se dávkou aplikovaného dusíku (Jiao a kol., 2013). Dyson a Watson (1971) zjistili, že výnos brambor je velmi ovlivňován dusíkem. Na jedné straně N ovlivňuje velikost a růst listové plochy a zvyšuje fotosyntetickou oblast. Na druhé straně stonky a listy v nízkých partiích odumírají v předstihu, kvůli vzájemnému stínění (Jiao a kol., 2013). Fotosynteticky aktivní plocha rostlin má velký význam pro úrodu brambor a u výsadby brambor může být vyjádřena jako listová pokryvnost na jednotku plochy. V průměru za čtyři léta experimentu byla zvýšena míra aplikovaného dusíkatého hnojiva až na N150. Další zvýšení dusíkaté aplikace nad N150 nezpůsobilo významné změny u listové pokryvnosti na jednotku plochy ani v počtu hlíz. Obsah dusíku v listech značně vzrostl s dávkou dusíkatého hnojiva vyšší než N120 také v experimentu Jiao a kol., 2013. Podle výsledků analýzy je množství listové hmoty brambor ovlivněno především dávkou dusíkatých hnojiv. Listová plocha je rovněž důležitým zdrojem živin. Výnos hlíz je spojený s množstvím živin nezbytných pro produkci listů. Obsah dusíku v hlízách brambor přesahoval hodnotu 1,09 % u varianty hnojené pouze fosforem a draslíkem a u varianty N120 přesahoval hodnotu 1,53 %. Obsah dusíku v listové ploše byl dvakrát tak vyšší, než v hlízách a neustále se zvyšoval s vyšší mírou aplikace dusíkatého hnojiva (N150 – 210) (Ruža a kol., 2013). Wang (1994) zjistil, že zvýšením aplikace dusíku vylepšíme stav listové plochy, dosáhneme rychlejšího růstu stonků a listů, asimilace a rostoucí tvorby hlíz. Hnojením dusíkem je také zvyšován jeho příjem a transport společně s fosforem a draslíkem (Jiao a kol., 2013). Zhang a kol. (2003) zaznamenali blízký vztah mezi příjmem dusíku, vegetativním růstem a růstem hlíz brambor. Potřeba dusíku rostlinou je ovlivněná podmínkami růstu a snadným pohybem dusíku v rostlině. Jakmile je vytvořena hlíza, velká část dusíku je transportována pro další utváření hlízy a uložena do zásoby. Yang a kol. (2011) se domnívají, že hlavní role dusíkatých hnojiv spočívá v podpoře tvorby sušiny ve stoncích rostlin. Oparka

a kol. (1987) předpokládají, že vysoká dávka dusíku může zapříčinit zpomalení procesů nasazování a utváření hlíz, což způsobí nahromadění asimilačních produktů v hlíze, a tedy sníží úrodu brambor. Některé studie také objevily, že hnojení dusíkem může efektivně ovlivnit tvorbu sušiny v různých rostlinných orgánech v různých periodách a také že efekty dusíkatého hnojení na počet hlíz se liší, jestliže se liší i příjem dusíku do půdy (Zheng a kol. 2009). Příjem a využití dusíku souvisí s úrovní dusíkatého hnojení. Úroveň dusíku v půdě je také důležitý faktor ovlivňující růst a vývoj brambor. Dusíkaté hnojení je považováno za hlavní faktor ovlivňující úrodu brambor. Nicméně vysoká aplikace, avšak nízké využití dusíkatých hnojiv je velkým problémem v zemědělské produkci (Zhao 2003, Sun a kol., 2006) a částečně i v produkci brambor (Darwish a kol., 2003). Nadbytek dusíku způsobuje, že jsou trsy zelené, vytáhlé, náchylné k poléhání, citlivé k chladu i suchu. V příliš hustých porostech může dojít k předčasnému rozklesnutí trsů. Vyšší dávka dusíku má za následek tvorbu sušiny ve stoncích a řapíkách na úkor listů. Zvýšená dávka naopak působí příznivě na výnos prodloužením vegetační doby a tím umožňuje zapojení listové plochy do produkčního procesu. Jestliže asimilační orgány stačí vyrovnat sníženou produktivitu zvětšením jejich plochy, pak je možné při aplikaci velkých dávek dusíku dosáhnout většího výnosu. U nedostatku dusíku je omezen růst listů, listy jsou bledě zelené, se sníženým obsahem chlorofylu (Jiao a kol., 2013).

3.5.2 **Fosfor**

Fosfor je rostlinami přijímán ve formě $H_2PO_4^-$ a HPO_4^{2-} (Vaněk a kol., 2007). Příjem P v půdě závisí na půdní reakci, kdy optimum je v rozmezí 5,5 - 6,5 a při vyšším obsahu organických látek se snižuje objem chemicky vázaného fosforu (Čepl a kol., 2012; Kasal a kol., 2010). Metabolismus a příjem fosforu výrazně ovlivňuje fotosyntéza. Hlavní fyziologická funkce fosforu spočívá v přenosu energie, kdy prostřednictvím adenosintrifosfátu probíhá většina metabolických procesů v buňce (Rybáček a kol., 1988). Optimální zásoba P v půdě by se měla pohybovat v rozmezí 80 – 115 $mg.kg^{-1}$ (Vokál a kol., 2004).

3.5.3 **Draslík**

Draslík je rostlinami přijímán ve formě K^+. Svým vlivem ovlivňuje základní funkce rostliny (obsah škrobu, transport látek, hospodaření s vodou apod.) (Vokál a kol., 2004). Draslík také významně ovlivňuje fotosyntézu, osmotický tlak a je důležitým aktivátorem enzymů (Vaněk a kol., 2012). Optimum K v půdě by se na střední půdě mělo pohybovat okolo 170 - 310 $mg.kg^{-1}$. Při zajištění zásoby K v půdě vyšší než 350 $mg.kg^{-1}$ je možné draselného hnojení pro brambory vypustit (Vokál a kol., 2004). Průměrný obsah přístupného K v zemědělské půdě ČR činí podle výsledků posledního ukončeného cyklu (2005 - 2010) 238 $mg.kg^{-1}$, v orné půdě 239 $mg.kg^{-1}$ (Klement a kol., 2012). Draslík se vyskytuje v půdě především v anorganických sloučeninách, tudíž celkové množství K v organické hmotě v ornici dosahuje hodnot několika desítek kg K ha^{-1} (Vaněk a kol., 2012). Obsah draslíku v hlízách byl podobný u obou odrůd brambor nezávisle na meteorologických podmínkách v každém roce a na dávce dusíku. Nicméně byla pozorována tendence k nevýznamnému poklesu obsahu draslíku v hlízách, pokud byly aplikovány vyšší dávky dusíku (N150 - N210). Blízká korelace mezi obsahem draslíku v hlízách a mírou dusíkatého hnojiva nebyla prokázána. Obsah draslíku v listech byl 2,5 až 3 krát vyšší v porovnání s obsahem v hlízách. Obsah draslíku v listoví byl více ovlivňován povětrnostními podmínkami v období vegetace (Ruža a kol., 2013).

3.5.4 **Vápník**

Vápník rostliny přijímají ve formě Ca^{2+} pasivně kořenovými špičkami. Příjem Ca brambory je poměrně vysoký (2,2 kg Ca/t hlíz). Funkce vápníku v rostlině spočívá ve stabilizaci buněčných stěn a membrán, při růstu kořenů a tvorbě kořenového vlášení. Bramborám vyhovuje kyselá půdní reakce s pH 5,5 – 6,5. Vápníku spotřebovávají během vegetace značné množství (Kasal a kol., 2010). Průměrný obsah přístupného Ca v zemědělské půdě ČR činí podle výsledků posledního ukončeného cyklu (2005 - 2010) 2834 $mg.kg^{-1}$, v orné půdě 2999 $mg.kg^{-1}$ (Klement a kol., 2012).

3.5.5 **Hořčík**

Hořčík přijímají rostliny ve formě Mg^{2+}. Přístupnost Mg výrazně ovlivňuje K, který je vůči Mg silně antagonistický (Vokál a kol., 2004). Hořčík v rostlinách je hlavní složkou chlorofylu, aktivátor enzymů a syntézy bílkovin (Vokál a kol., 2000). Půdy obsahují v průměru 0,4 – 0,6 % hořčíku, na dolomitech až 10 %. Lehké, písčité a rašelinné půdy s nízkým pH vykazují velmi nízký obsah Mg. Optimální zásoba Mg ve střední půdě je 160 –

265 $mg.kg^{-1}$ (Vaněk a kol., 2007). Průměrný obsah přístupného Mg v zemědělské půdě ČR činí podle výsledků posledního ukončeného cyklu (2005 - 2010) 189 $mg.kg^{-1}$ a v orné půdě 185 $mg.kg^{-1}$ (Klement a kol., 2012).

3.6 Hnojení brambor

Dlouhodobá aplikace hnojiv má velký vliv na některé důležité vlastnosti půdy a zvyšuje přístupnost mikroprvků rostlinám (Wei a kol., 2006). Po aplikaci organických a minerálních hnojiv dochází ke změně fyzikálních vlastností půdy (Marinari a kol., 2000). Hnojením se zvyšuje obsah organické hmoty v půdě a přístupnost P, ale snižuje půdní pH. Kołodziejczyk, 2014 tvrdí, že hnojení působí na zvýšení výnosu brambor o 66 – 140 %. Vliv hnojení na kvalitu hlíz se prokázal zejména u raných odrůd, kde bylo zjištěno až o 7 % vyšší poškození dužniny. U variant s nižšími dávkami živin se projevila i snížená odolnost vůči vnitřnímu poškození hlíz a mechanickému zatížení (Mayer a kol., 2009). Hnojení v pokusném experimentu Šrek a kol., 2010 mělo významný efekt na příjem N, K, Ca, Mg a S, stejně také na příjem Cu, Fe, Ni a Zn, nikoliv však na As, Cd, Cr, Mn a Pb. Wei a kol., 2006 tvrdí, že přístupnost Zn a Fe je vyšší u hnojených variant než nehnojených, ale přístupnost Cu není hnojením významně ovlivněna.

3.6.1 Organické hnojení

Organická hnojiva jsou nositeli humusotvorných látek, rostlinných živin, mikrobů a růstových látek. Aplikace statkových hnojiv se projevuje zvýšením hladiny živin v půdě, ale mnohem více i nepřímou úpravou biologických, fyzikálních a chemických poměrů v půdě (Baier a Baierová, 1985). Přidáním organických hnojiv zlepšíme fyzikální a biologické vlastnosti půdy (Marinari a kol., 2000). Podle Rybáčka kol. (1988) organické hnojení přispívá ke zlepšení struktury půdy, její úrodnosti, zlepšuje její jímavost pro vodu, stejně tak i provzdušnění.

Tab. č. 4 Střední přírůstky výnosů plodin dosažené přímým hnojením statkovými organickými hnojivy pomocí dlouhodobých pokusů (Duchoň a Baier 1985):

Přírůstky výnosu (v kg ha^{-1}) na 1 tunu hnojiva			
Dobrý hnůj při dávce 30 t ha^{-1}	Zelené hnojení při dávce 18 t ha^{-1}	Výborný kompost z hnoje, močůvky, apod. při dávce 50 t ha^{-1}	Močůvka při dávce 30 m^3 ha^{-1}
400	300	240	110

Pravidelné vyhnojování půdy v několikaletých odstupech hnojem popř. dalšími statkovými hnojivy je nezbytné, jinak klesá obsah humusu a zhoršují se ostatní půdní vlastnosti (Baier a Baierová, 1985). Organické hnojení N vede k průměrnému zvýšení výnosů o 16 %, při předpěstování brambor až o 24 % (Paffrath, 2007). Klement a kol., 2012 uvádějí zvýšení výnosu při aplikaci samotného hnoje o 9,7 %. Dávka kvalitního chlévského hnoje by se měla pohybovat kolem 35 $t.ha^{-1}$, pokud je kombinována se zeleným hnojením, tak kolem 25 $t.ha^{-1}$ (Vokál a kol., 2003). Naopak Kasal, 2010 uvádí dávku chlévského hnoje 30 $t.ha^{-1}$. Vhodná dávka kejdy podle Baiera a Baierové, 1985 dosahuje rozsahu od 45 do 75 $t.ha^{-1}$ pro konzumní brambory a pro rané brambory vhodná dávka kejdy v rozmezí 70 až 100 $t.ha^{-1}$. Při nedostatku organických hnojiv je třeba volit nižší dávku, ale vyhnojit větší plochu pro pěstování s dosažením rovnoměrného rozmetání hnojiv (Vokál a kol., 2003). K hnojení používáme vyzrálý hnůj, protože účinek nevyzrálého hnoje nebo dokonce čerstvé mrvy je snížen. Hnůj musí být ihned zapraven do půdy, abychom zabránili ztrátám dusíku a tím i snížení výnosů. Vliv jeho účinku je podmíněn intenzitou mineralizace, jakostí hnoje a množstvím. Kypřením se tato hnojiva rovnoměrně rozptýlí. Avšak čím větší je hloubka kypření, tím více klesá koncentrace živin ve zpracované půdě (Mayer a kol., 2009). Pro kompost platí skoro to samé s rozdílem, že při jarní aplikaci je možné dosáhnout většího účinku. K hnojení se dá využít i kejda, sláma atd., ale vždy je nutné dodržovat zásady tzv. nitrátové směrnice k ochraně vod před znečištěním nitráty ze zemědělských zdrojů (Vokál a kol., 2003).

3.6.2 **Minerální hnojení**

Dnešní úroveň využití minerálních hnojiv u pěstování brambor je nízká (30 až 50 %). Kombinací pracovních postupů záhonového způsobu přípravy půdy před sázením brambor a lokální pásová aplikace minerálních tuhých a kapalných hnojiv přináší zvýšení výnosu o 5 až 6 % s porovnáním s plochami s povrchovým hnojením na široko. V porovnání výsledků využití hnojiva je lepší kapalné než tuhé hnojivo. Vhodným hnojivem jsou kapalná hnojiva typu DAM (dusičnan amonný a močovina), které je vhodnější aplikovat v pozdějším období (Mayer a kol., 2009). Pro stanovení dávek minerálních hnojiv se používají výsledky půdních analýz agrochemického zkoušení půd, které zajišťuje ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský). Pro hnojení brambor se používají hlavně hnojiva typu superfosfátu, draselné soli a kieseritu (Vokál a kol., 2003). Měřítkem účinku použitých minerálních hnojiv na výnos je takzvaná výnosnost (výrobní hodnota). Ta je vyjadřována přírůstkem hlavního produktu na 1 kilogram použité živiny v hnojivu (Baier a Baierová, 1985). Minerálními hnojivy lze do určité míry dosáhnout překlenutí ekologicky podmíněných výnosových rozdílů stanoviště, a tím dosáhnout výraznějšího a vyrovnanějšího výnosového potenciálu odrůd brambor (Rybáček a kol., 1988). Aplikací minerálních vápenatých hnojiv zvýšíme půdní pórovitost a tím dosáhneme i zvýšení počtu pravidelných i nepravidelných pórů. Aplikací dusíkatých minerálních hnojiv podpoříme mineralizaci organické hmoty (Marinari a kol., 2000). Minerální hnojiva zabraňují poklesu hladiny živin v půdě, zvyšují ji, ale nemohou plně nahradit zúrodňovací vliv organických hnojiv (Baier a Baierová, 1985).

Střední výrobní hodnoty hlavních živin v minerálních hnojivech u brambor (v kilogramech hlavního hospodářského produktu na 1 kilogram živin) podle Baiera jsou 87,0 kg u N; 77,0 kg u P a 29,0 kg u K. Liang a kol., 2009 uvádějí pro největší efekt růstu a výnosu bramborových hlíz aplikační míry N180P180K360. Průměrná roční dávka v bramborářské oblasti by podle Trávník a kol., 2003 měla dosahovat 140 kg N, 22 kg P a 124 kg K na ha^{-1}. U fosforečných hnojiv lze v následujícím roce po aplikaci dosáhnout až 60 % účinku prvního roku, u draselných asi 35 % a u dusíkatých kolem 45 %. To je dáno tím, že v aplikačním roce rostliny nepřijmou všechny živiny, ale jen část a zbytek zůstane v půdě v přístupné formě pro následné plodiny (Baier a Baierová, 1985). Výživný stav porostu se zjišťuje pomocí anorganického rozboru vzorku v laboratoři odebraného v období začátku tvorby poupat, je zde zkoumán obsah dusíku, draslíku, fosforu, vápníku, hořčíku a bóru, podle něhož se stanoví dávka pro dohnojení (Vokál a kol., 2003).

Stupňovaný přísun živin v podobě minerálních hnojiv může zvýšit výnos o 45,2 až 60,8 % (Klement a kol., 2012). Hnojení N, P a K zvýšilo v experimentu Yu a kol., 2008 významně výnos brambor o 21,3 % při hnojení dusíkem, 18,4 % při hnojení fosforem a 15,3 % u hnojení draslíkem. V roce 2009 obsahy makroprvků v hlízách (s výjimkou Mg) zůstaly nižší než v dalších dvou pokusných letech, ale naopak výnosy byly kromě roku 2011 jedny z nejvyšších (Tein a kol., 2014). Ve studii Šrek a kol., 2010 rozdíl v příjmu N mezi variantami byl olivněn spíše výnosem hlíz, než obsahem N v hlízách brambor. Rozdíl mezi dávkami aplikovaného N a ztrátami N byl negativní u aplikace slámy a při hnojení minerálními hnojivy až po aplikační míru 120 kg N ha^{-1}. Další zvýšení aplikační míry N se projevilo zvýšeným výnosem v rozmezí od 5 kg ha^{-1} do 235 kg u ošetření N4P2K2 a PSsN4P2K2. Nejvyšší obsah N byl zaznamenán u všech typů hnojení, které zahrnovaly aplikaci prasečí kejdy, kde se může vyskytnout riziko vyluhování N a znečištění půdních vod. Na základě tohoto výsledku nejvyšší enviromentálně přijatelná míra dusíku pro brambory byla stanovena na 120 kg N ha^{-1}, aplikovaná ve formě minerálního hnojiva. Podobně jako u N, rozdíly v příjmu P a K mezi variantami byly stanoveny spíše výnosem hlíz než obsahem P a K v hlízách brambor. U nehnojené kontroly a varianty s aplikací slámy roční bilance pro P dosahovala od - 5 do - 6 $kg.ha^{-1}$ a pro K hodnot - 55 až - 64 $kg.ha^{-1}$. Toto odráží nízkou přístupnost P pro rostliny a obsahu K v půdě během 57 let experimentování. Půdní obsah P a K (Mehlich III) menší než 30 $mg.kg^{-1}$ respektive 150 $mg.kg^{-1}$ jasně poukazuje na nízký obsah P a K, omezující produkci hlíz. Významně vyšší výnos hlíz byl zaznamenán u varianty P2K2 s vyšší mírou aplikace P a K a vyšším obsahem P a K, než u nehnojené kontroly a varianty s aplikací slámy. Vyrovnanou bilanci půdy nezaručuje u N ani vysoká hladina dusíkatého hnojení, u fosforu postačuje nízká hladina a u K je dostatečná až vysoká hladina hnojení (Šrek a kol., 2010). Wei a kol, 2006 tvrdí, že půdní organická hmota významně ovlivňuje přístupnost Zn, Mn a Fe a také v menší míře Cu.

3.6.2.1 Dusíkaté hnojení

Dusíkatá hnojiva aplikujeme na jaře před nebo při sázení a rozlišujeme velikost dávky podle směru využití (Vokál a kol., 2003). Hnojení na list zpožďuje zrání a nepoužívá se pro nejranější sklizně raných konzumních brambor a při použití netkané textilie, z důvodu nižší sušiny a nadměrného obsahu dusičnanů při sklizni (Kasal, 2010).

Tab. č. 5: Dávky dusíku v minerálních hnojivech pro různé ekologicko - výrobní hladiny (produkční schopnost porostu) na půdách různého zrnitostního složení podle (Baier a Baierová, 1985):

Doporučené střední dávky dusíku v minerálních hnojivech (v kg.ha^{-1})									Ekologicko - výrobní hladina (EVH)
Na lehčích půdách			Na středních půdách			Na těžších půdách			
1	2	3	1	2	3	1	2	3	
55	75	100	45	65	90	50	70	95	4
70	100	125	55	90	110	60	95	115	4,5
85	125	150	65	110	130	75	120	140	5,0
95	150	175	75	130	155	85	140	165	5,5

Kde: 1 znamená silný zdroj organického dusíku s předplodinou jetelovinou,

2 střední zdroj organického dusíku se silnějším hnojení hnojem (40 t.ha^{-1}) apod.

3 slabší zdroj organického dusíku s hnojením slabším (25 t.ha^{-1}) apod.

U množitelského porostu brambor je důležitá vitalita brambor, zdravotní stav, výtěžnost sadbových hlíz, skladovatelnost a celková hodnota sadby. Tím, že zvýšíme podíl dusíku, prodloužíme vývoj porostu a tím i období možnosti infekce houbových a virových chorob. U průmyslových brambor má největší význam škrobnatost a velikost škrobových zrn. Dávka se pohybuje mezi dávkami pro množitelský porost a konzumní brambory. V případě konzumních brambor záleží na výši výnosu, obsahu sušiny, skladovatelnosti, nutriční hodnotě a obsahu dusičnanů v hlízách. Vyšší míru využití mineralizovaného dusíku z hnoje mají odrůdy s delší vegetační dobou. Rozdíly v dávkách živin vycházejí z toho, že čím vyšší je dávka hnoje, tím intenzivněji probíhá mineralizace organického dusíku, ale je potřeba více fosforu na lepší využití uvolněného dusíku (Vokál a kol., 2003). Nedostatečné hnojení N vede k nízkému výnosu, růstu brambor a úrody, zatímco přehnaná aplikace vede k oddálení zrání, horší kvalitě hlíz, zvýšení hromadění nitrátů a příležitostně i k redukci výnosu hlíz (Sharifi a kol., 2005; Li a kol., 2006; Zebarth a kol., 2006; Hasse a kol., 2007; Kumar a kol, 2007, Sincik a kol., 2008; Arriaga a kol., 2009; Černý a kol., 2010).

3.6.3 **Vliv dusíku na výnos hlíz a využití živin**

V experimentu Tein a kol. 2014, průměrné výnosy byly mnohem vyšší, než je tomu u estonských průměrných výnosů. U ekologických osevních postupů výnosy zůstávají v průměru přibližně 45 až 55 % nižší než v konvenčních osevních postupech, v nichž byla aplikována dusíkatá hnojiva. V průměru výnosy v organických osevních postupech byly o 80 % nižší, než jsou produkovány v konvenčním zemědělství, avšak tento výsledek může být způsoben škůdci, onemocněními anebo omezením hladiny P (de Ponti a kol., 2012). V rámci nízkých dávek N na 1 hektar na 1 kg N připadá přírůstek výnosu kolem 100 – 120 hlíz, ale u dávek nad 120 kg $N.ha^{-1}$ již jenom 20 – 30 hlíz (Vokál a kol., 2004). Kasal a kol., 2014 uvádějí zvýšení výnosu při hnojení minerálními dusíkatými hnojivy o 20 - 49 % oproti nehnojené kontrole.

Maximum výnosu hlíz (31 $t.ha^{-1}$) ve studii Šrek a kol., 2010 bylo srovnatelné s průměrem výnosu zaznamenaným v provincii Manitoba (Kanada) v roce 2006 (Carew a kol., 2009), ale nižší než průměrný výnos brambor v Německu v roce 2000 (36 $t.ha^{-1}$, Chloupek a kol., 2004) a podstatně nižší než výnos (45 $t.ha^{-1}$) naměřený Hamouz a kol. (2005) u osevního postupu v České republice. Mimoto rok 2008 ve studii Šrek a kol., 2010 nebyl tak příznivý rok pro produkci brambor jako rok 2007, ale byl podobný roku 2009. Výnos brambor se pohyboval v rozsahu od 23,8 do 41,8 $t.ha^{-1}$ v roce 2007 a od 20,6 do 32,7 $t.ha^{-1}$ v roce 2009. U studie Šrek a kol. (2010) se pravděpodobně projevil efekt odrůdy, protože odrůda použitá v této studii (Ditta) je známá pro nižší výnosy než jiné odrůdy použité ve studii Hamouz a kol. (2005). Výnos odrůdy Ditta zahrnoval 93 % průměrného výnosu z dvaceti osmi středně raných odrůd, běžně vysazovaných mezi rokem 2004 - 2007 v České republice (UKZÚZ, 2008). Ve studii Šrek a kol., 2010 se výnos hlíz pohyboval mezi 15,3 do 31,9 $t.ha^{-1}$ a neobjevily se zde žádné významné rozdíly mezi variantami bez hnojení, s nízkou aplikační dávkou slámy (sl) a s vyšší aplikační dávkou slámy (sll), ačkoli se tyto významně odlišovaly od všech jiných typů hnojení. Zvýšený výnos brambor byl zaznamenán při aplikaci N, P a K v rozmezí 157,43 až 210 $kg.ha^{-1}$. Nejvyšší výnos hlíz okolo 30 $t.ha^{-1}$ byl naměřen na pozemcích, které obsahovaly ve sklizených hlízách přibližně 150 kg $N.ha^{-1}$, 15 kg $P.ha^{-1}$ a 175 $kg.ha^{-1}$, tedy u hnojení s kombinací vysokých dávek minerálních NPK hnojiv se slámou (varianty slN4P2K2 a sllN4P2K2) nebo minerálních hnojiv smíchaných s prasečí kejdou (varianty PSsN1P1K1, PSsN2P1K1, PSsN3P2K2, PSsN4P2K2). Prasečí kejda v kombinaci se slámou zvyšuje výnos hlíz o skoro 7 $t.ha^{-1}$ v porovnání s nehnojenou variantou. Avšak toto

zvýšení bylo podstatně nižší, než tomu bylo u varianty s minerálními hnojivy N4P2K2. Tento výsledek jasně poukazuje na vyšší produkční účinnost minerálních hnojiv v porovnání s prasečí kejdou. Ačkoliv prasečí kejda byla aplikovaná v aplikační míře 245 kg $N.ha^{-1}$, nebylo možné plně nahradit minerální hnojiva (Šrek a kol., 2010). Jak se očekávalo, minerální hnojiva s vyšší dávkou N zvýšily výnosy podstatně více než střídání plodin, organická hnojiva (Tein a Eremeev, 2011) a meziplodiny. Toto tvrzení se shoduje s jinými studiemi demonstrujícími podstatně vyšší výnos hlíz a následné použití minerálních hnojiv místo organických (Hamouz a kol., 2005; Haase a kol., 2007; Černý a kol., 2010). Uvolnění živin z prasečí kejdy bylo pravděpodobně nesynchronizované s potřebnou výživou brambor, jak uvádí ve studii van Delden (2001). Prasečí kejda byla aplikovaná na podzim a brambory byly vysázeny následující jaro. Přístupnost N a K byla pravděpodobně snížena vyplavováním, protože zima je nejcitlivějším obdobím pro vyplavování prvků ve střední Evropě (Kayser a kol., 2010).

V organických osevních postupech ve studii Tein a kol., 2014 se vyskytly problémy s Mandelinkou bramborovou (*Leptinotarsa decemlineata* L.) a také menší problémy s plísní bramborovou (*Phytophthora infestans* L.) s černí lilkovou (*Alternaria solani* L.), protože nebyly použity žádné ochranné metody. Tyto patogeni a mandelinka bramborová můžou způsobit až 75 % ztráty výnosu, pokud nejsou použity prostředky na ochranu rostlin (Oerke, 2006). Tyto problémy zkrátily období růstu hlíz ve srovnání s konvenčními osevní postupy, ve kterých byly použity syntetické pesticidy (Tein a kol., 2014). Používání pesticidů může způsobit stres rostlin (Nilsen a Orcutt, 1996), zvláště když jsou rostliny ošetřeny několikrát během vegetačního období. Kromě toho, kontinuální stres inhibuje zvýšení výnosu. Cedergreen a kol. (2009) zjistili, že nízký chemický stres může zvýšit výnos, ale ne u všech chemických látek. V průměru ochrana proti chorobám a škůdcům pomohla získat nevýrazně vyšší výnos v konvenčním kontrolním osevním postupu než v organickém osevním postupu, kde byly použity pouze meziplodiny. Brambory v konvenčním kontrolním osevním postupu byly schopny fotosyntézy po delší dobu v důsledku používání pesticidů, což vedlo k vyššímu výnosu. Navzdory tomu, že brambory pěstované v ekologickém osevním postupu měly kratší fotosynteticky aktivní období, aplikování chlévského hnoje v jednom z osevních postupů zvýšilo výnos hlíz pomocí živin dostupných z hnoje. Navíc vyšší dostupnost minerálního N způsobuje vyšší míru fotosyntézy, která ovlivňuje růst hlíz během posledních fází růstového období (Shahnazari a kol., 2008).

Vliv dusíku na produkci brambor a využití živin je zkoumán ve studii Ruža a kol., 2013. Cílem autorova experimentu bylo zjistit efekt příjmu dusíkatého hnojení brambory pod různými dávkami aplikovaného dusíku v růstových podmínkách v Lotyšsku. Výnos bramborových hlíz závisel do značné míry na meteorologických podmínkách v jednotlivých letech a na specifických vlastnostech odrůdy. Odrůda brambor "Brasla" měla nejnižší výnos hlíz v roce 2009. Výnosy hlíz vzrostly s použitím dusíkatého hnojiva po aplikační míru N90. Další zvýšení míry aplikace dusíkatého hnojiva nevýznamně zvýšilo výnos, i když tendence zvyšování výnosu byla viditelná až do míry N150. Výnos hlíz pro odrůdu brambor "Borodyanskiy Rozoviy" byl výrazně vyšší v roce 2009 a výrazně se zvýšil s aplikací dusíkatých hnojiv po aplikační míru N150. Další zvýšení míry aplikace dusíkatého hnojiva mělo negativní dopad na výnos hlíz brambor. V roce 2012 dosáhl výnos brambor nízkých hodnot. Obě zkoumané odrůdy brambor vyprodukovaly středně vysoký výnos 38 - 39 t ha^{-1}. Významný vztah mezi mírou aplikace dusíkatého hnojiva a výnosem hlíz v tomto roce nebyl pozorován. Čtyřleté průměrné výnosy se méně lišily mezi oběma odrůdami. Nejvyšší výnos hlíz byl zaznamenán při aplikační míře dusíkatého hnojiva N120. Další zvýšení dávky dusíkatého hnojiva nemělo žádný významný vliv na výnos hlíz. Podle čtyřletého průměru výnosů odrůd brambor se výnos hlíz zvýšil u 92 % případů se zvýšenou dávkou dusíkatého hnojiva. Příjem dusíku hlízou vzrostl o 73 % pod vlivem dusíkatého hnojiva. Celkové množství dusíku přijaté hlízami a listovou plochou se zvýšilo více než dvakrát: od 123 kg ha^{-1} u varianty pouze s fosforem a draslíkem až do 278 kg ha^{-1} u varianty N210PK. Podobně celkové ztráty K se zvýšily z 221 kg ha^{-1} u nehnojené varianty po 402 kg ha^{-1} u ošetření N150PK. Také celkové ztráty P se zvýšily pod vlivem dusíkatého hnojiva, nicméně toto zvýšení nebylo tak silné (Ruža a kol., 2013).

Výnosy v experimentu u variant N1, N2 a N3 byly vyšší o 22, 38 a 61 procent. Tento výsledek ukazuje, že aplikování stejné dávky fosforečného a draselného hnojiva, rovněž také dusíkatého hnojiva zvýšilo výnos brambor. Rozdíly byly pozorovatelné při rozdílné aplikaci dávky dusíkatého hnojiva. Nejnižší výnos 24,1 t ha^{-1} byl pozorován u varianty bez dusíkatého hnojení a výnos se postupně zvyšoval s dávkou dusíkatého hnojiva. U varianty N3 byl zaznamenán největší výnos 38,8 t ha^{-1}. Analýza rozptylu indikovala, že výnosy u variant N2 a N3 se velmi významně lišily od výnosu varianty bez aplikace dusíku. Výnos u varianty N3 byl významně vyšší než u varianty N2 a velmi významně vyšší než u varianty N1. Rozdíl mezi výnosem u variant N1 a N2 nebyl výrazný a u varianty N1 byl výrazně vyšší než u bezdusíkaté varianty (Jiao a kol., 2013). Celkový obsah N a obsah dusičnanů v hlízách

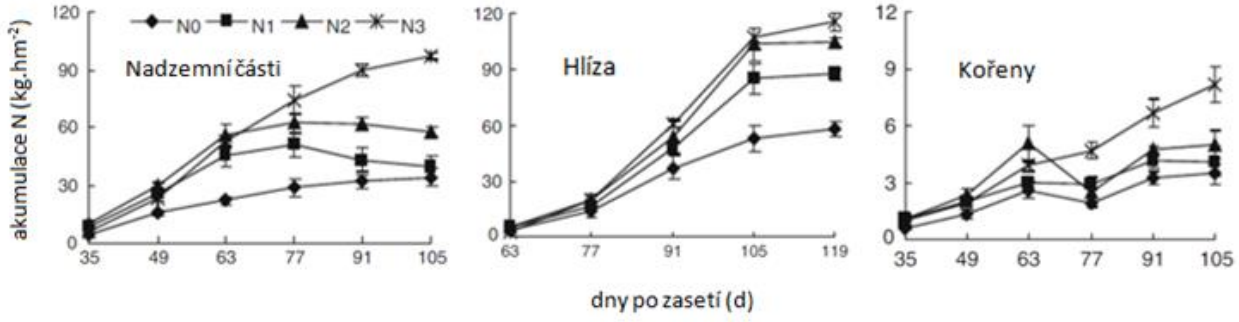
brambor spolu úzce souvisí. Průměrný obsah dusíku a dusičnanů u hlíz byl vyšší v osevních postupech, ve kterých byly aplikovány do půdy průměrná a vysoká množství dusíkatých hnojiv, vzhledem k vyššímu příjmu dusíku. Již dříve bylo zjištěno, že obsahy dusičnanů v hlízách jsou vyšší v konvenčně pěstovaných hlízách (Eremeev a kol., 2009). Při srovnání obou organických osevních postupů mezi sebou, aplikace hnoje nevýznamně zvýšila průměrný obsah dusičnanů u hlíz o 12 mg kg^{-1} v ekologickém osevním postupu v porovnání s organickým M osevním postupem. V roce 2010 celkový obsah dusíku byl významně vyšší v konvenčním osevním postupu N50 a N150 a obsahy dusičnanů byly výrazně vyšší ve všech osevních postupech, s výjimkou organického osevního postupu M + M, než u ostatních dvou experimentálních let, z důvodu velkého úhrnu srážek a vysokých teplot během období růstu brambor (Jiao a kol., 2013). Obsah N v hlízách se ve studii Šrek a kol., 2010 pohyboval u variant P2K2 a sllP2K2 od 1,5 do 2,1 %. Obsah dusíku v hlízách se ve studii Jiao a kol, 2013 mírně zvýšil s mírou aplikace dusíkatého hnojiva do N120, další zvýšení dávky dusíku neovlivnilo obsah dusíku v hlízách. Jiné studie naznačují, že celkový úbytek dusíku dosahuje okolo 29 – 72 % dávky dusíkatého hnojiva, pod vlivem odlišných vnějších podmínek (Darwish a kol. 2003; Li a kol., 2006). V důsledku celkového úbytku dusíku při zvýšení výnosu bramborových hlíz bylo pozorováno nevýznamné zvýšení obsahu dusíku v hlízách při zvyšování dávky do N120. Celkový úbytek dusíku (u hlíz a listoví) byl přímo spojen se zvyšováním poměrné hmotnosti listů (Ruža kol., 2013).

3.6.4 **Hodnocení efektivity využití živin s pomocí izotopu dusíku ^{15}N**

Stopovací technika izotopu dusíku (^{15}N) byla použita ve studii Jiao a kol., 2013 ke zjištění příjmu makro a mikroprvků k hlízám brambor, výživného stavu dusíku v půdě a produkci brambor ideálního tvaru. Cílem studie Jiao a kol., 2013 na příjem a využití dusíku u brambor bylo poskytnout teoretické poznatky pro efektivní a rozumné využití dusíku u brambor. Dusíkatá hnojiva byla aplikována ve čtyřech úrovních, nazývaných N0, N1, N2 a N3 v souladu s dávkami 0, 60, 90, 120 kg N ha^{-1}; varianta N0 bez hnojení dusíkem byla použitá ke kontrole. Podíl na rozdělení dusíku v odlišných částech rostliny v různých obdobích významně ovlivnil obsah N v odebraných vzorcích během růstu (Inthapanya a kol., 2000).

Změny v příjmu N rostlinou v různých obdobích jsou zobrazeny na grafu č. 1. Kumulativní obsahy N v nadzemních částech rostlin brambor ve všech periodách byly vyšší, než u variant bez dusíkatého hnojení a postupně se zvyšovaly v rozsahu 35 - 77 dní po výsadbě brambor. Během období hromadění škrobu (77 dní po výsadbě) obsah dusíku nadzemních částí u variant N1 a N2 postupně klesal. Obsah N v nadzemních částech u variant N0 a N3 se postupně zvyšoval. U kontroly nedostatečný příjem dusíku z půdy negativně ovlivnil růst. U varianty N3 může být nález ovlivněn nadměrným přísunem N, který významně podporuje růst rostlin brambor, způsobující hromadění N ve vegetativních orgánech. Jak postupovalo období růstu, obsah N se postupně zvyšoval a dosáhl maxima 119 dnů po výsadbě. Na všech hnojených variantách, které byly kontrolovány 63 - 77 dnů po výsadbě, nebyly pozorovány žádné výrazné změny v obsahu N. Obsah N v hlízách, hnojených N rapidně vzrostl 77 dní po výsadbě. Růst u varianty N0 byl však pomalý. Tento rozdíl svědčil o tom, že aplikace dusíku, která ovlivňuje transport N, významně zvyšuje hromadění N v hlízách brambor. Okolo 119 dní po výsadbě hodnoty N u variant N1, N2 a N3 byly vyšší než u varianty N0 příslušně o 52, 82 a 100 % (Jiao a kol., 2013). Obsah N v kořenech bramboru se postupně zvýšil u varianty N3, ale u jiných variant se zpočátku snížil a až poté zvýšil. V rozsahu 63 - 77 dní po výsadbě byly ztráty N vyšší než příjem N a celková hodnota N v kořenech se snížila. Hromadění N v kořenech u všech variant se začalo zvyšovat 77 - 119 dní po výsadbě. Hromadění N v pozdějších obdobích růstu u různých variant následovalo v tomto pořadí N3>N2>N1>N0 (Jiao a kol., 2013).

Graf č. 1 Efekty různých hnojení na příjem dusíku brambory (Jiao a kol., 2013)



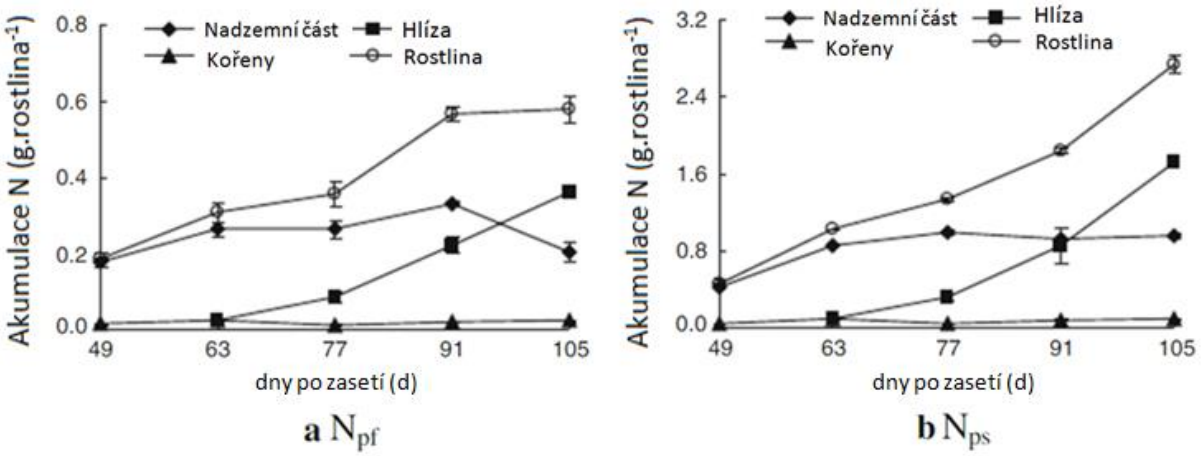
Pro hodnocení příjmu dusíku se využívají parametry N_{ddf} a N_{dfs} určující relativní množství přijatého dusíku z hnojiva a z půdy k celkovému množství dusíku v rostlinách (Wen a Yao, 1991; Xie a kol. 1989). Dávky dusíkatého hnojiva k celkovému množství dusíku v různých částech rostlin brambor (N_{ddf}) byly všechny relativně vyšší v brzkém stádiu růstu,

ale postupně při dalším průběhu růstu se obsah dusíku snížil. N_{ddf} nadzemních částí brambor a celé rostliny se zpočátku zvýšila a pak klesala, dokud nedosáhla 91 dní po výsadbě. Poměr mezi přijatým dusíkem do půdy a celkovým množstvím dusíku v nadzemních částech, hlízách a v celé rostlině (N_{dfs}) dosáhl maximální úrovně 105 dnů po výsadbě. N přijatý rostlinou byl převážně přijímán hlízami z půdy, jak v časném tak i pozdním stádiu růstu. Z experimentu lze usuzovat, že obsah N v půdě významně ovlivnil příjem dusíku rostlinou během růstového období (Jiao a kol., 2013).

3.6.4.2 Hromadění ^{15}N hnojiva a půdního dusíku v rostlině brambor

Hromadění dusíku v různých částech rostlin, který přijaly z hnojiva (N_{pf}) je zobrazeno na grafu č. 2a. N_{pf} celé rostliny bramboru dosáhlo hodnot v rozmezí 0,19 – 0,58 g rostlina^{-1} a postupně se zvýšilo v průběhu růstu. Nárůst hodnot vzrostl 77 - 91 dní po výsadbě a dosáhl 105 dní po výsadbě hodnoty 0,58 g rostlina^{-1} . Hromadění dusíkatých hnojiv v nadzemních částech, hlízách a kořenech brambor dosáhla hodnot 0,17 – 0,33; 0,02 – 0,36 a 0,01 – 0,02 g rostlina^{-1}. N_{pf} v různých částech 49 - 91 dnů po výsadbě v následujícím pořadí: nadzemní části > hlízy > kořeny.N_{pf} v nadzemních částech, hlízách a kořenech brambor 105 dnů po výsadbě vzrůstalo a dosáhlo hodnot 0,20; 0,36 a 0,02 g rostlina^{-1}. Obsah N dosáhl v průběhu růstu hodnot 0,45 – 2,74 g rostlina^{-1} (grafu č. 2b). N_{ps} v různých částech 49 - 91 dnů po výsadbě dosáhl následujícího pořadí: nadzemní části > hlízy > kořeny. Hromadění půdního N v nadzemích částech, hlízách, kořenech brambor 49 -105 dní po výsadbě dosáhlo těchto hodnot 0,42 – 0,98; 0,09 – 1,71 a 0,04 – 0,08 g rostlina^{-1} (Jiao a kol., 2013).

Graf č. 2 Hromadění přijatého dusíku z ^{15}N hnojiva v částech rostlin brambor (N_{pf}) a půdy (N_{ps}) (Jiao a kol., 2013)



3.6.4.3 Míra využití hnojiva ^{15}N hnojiva u brambor

Míra využití hnojiva ^{15}N hnojiva celou rostlinou brambor se postupně zvýšila v rozmezí 49 - 105 dní po výsadbě z 10 na 32 %. Míra využití ^{15}N byla relativně nízká v brzkém stádiu, ale rychle se zvýšila a dosáhla maxima 91 dní po výsadbě. Míra využití hnojiva ^{15}N hnojiva v nadzemních částech se zpočátku zvýšila, poté snížila dosáhnutím hodnoty (18,17 %) 91 dní po výsadbě. Míra využití hnojiva ^{15}N hnojiva v hlíze 63 - 77 dní po výsadbě byla 1 - 5 %. Tento rozsah se významně zvýšil 91 - 105 dní po výsadbě a dosáhl míry využití hnojiva 12 - 20 %. Míra využití ^{15}N hnojiva v kořenech byla 1 - 2 %. Míra využití N hnojiva vypočítaná odčítáním byla obecně vyšší během všech období, než míra stanovená pomocí izotopové techniky. Míra využití N hnojiva v nadzemních částech vypočítaná odčítáním se postupně zvýšila dosáhnutím svého maxima 63 - 77 dní po výsadbě a poté se postupně snížila. Míra využití N hnojiva 105 dní po výsadbě v nadzemních částech byla zaznamenána 26 %. Míra využití N hnojiva v hlízách brambor vypočtená pomocí odčítání se také postupně zvýšila o 2 - 57 %. Maximální míry využití N hnojiva v kořenech (3 %) bylo zaznamenáno 63 dní po výsadbě (Jiao a kol., 2013).

3.6.5 **Využití N**

Účinnost využití živin je značně závislá na meteorologických podmínkách (Darwish a kol. 2003; Kumar a kol., 2007; Fontes a kol., 2010). Z víceletých polních pokusů Kasal a kol., 2014 průměrné využití N z aplikovaných minerálních hnojiv dosáhlo 60 %. Z toho plyne, že přibližně 60 kg N ha^{-1} pocházelo z aplikovaných minerálních hnojiv a 120 kg N ha^{-1} ze statkových hnojiv a z půdy. Využití N z minerálních hnojiv po aplikační míru dusíkatého hnojiva N120 dosáhlo v experimentu Jiao a kol., 2013 v průměru koeficientu 0,60. Další zvýšení míry dusíkatého hnojiva s každou postupnou dávkou snižovalo koeficient využití N, který dosáhl jen 0,33 u varianty N210. Výsledky z jiných studií také potvrdily lineární snížení agronomické účinnosti N při zvýšené dávce N (Darwish a kol. 2003; Kumar a kol., 2007; Fontes a kol., 2010).

Dusíkaté hnojivo podporuje nitrifikační půdní procesy, stejně jako příjem draslíku ze zásoby živin v půdě. Ve studii Ruža a kol., 2013, zvýšení dávky dusíkatých hnojiv od N30 až do N210 vyústilo v pokles koeficientu využití N od 1,51 do 0,77, ale také zvýšení koeficientu využití draslíku od 1,05 do 1,88 (Ruža a kol., 2013).

V experimentu Jiao a kol., 2013 nárůst listové plochy překonal negativní efekty způsobené vzájemným stíněním listů u brambor. Během období sběru vzorků v experimentu Jiao a kol., 2013 bylo dusíkatého hnojiva (přijatého nadzemními částmi rostlin brambor) méně než 30 % celkového N (pokud by nebyly zahrnuty jiné zdroje N pro růst brambor). Přijatý dusík z půdy zahrnoval ¾ celkového N. Dusíkatého hnojiva přijatého hlízou bylo méně než hnojiva přijatého nadzemními částmi a kolem 80 % celkového N bylo přijato hlízou z půdy. Půdní N byl důležitý pro růst rostlin brambor jak v raném, tak i pozdním stádiu. Jak růst rostlin brambor pokračoval, míra půdního N přijatá celou rostlinou se zvyšovala. Příjem dusíku do půdy a částečně kapacita půdního N v pozdním stádiu růstu rostlin je hlavním problémem dusíkaté výživy u brambor (Jiao a kol., 2013).

Míra využití N hnojiva je obecně 30 - 60 % u minerálních hnojiv. Míru využití N hnojiva můžeme zvýšit adekvátní hustotou výsadby, náležitou kontrolou vlhkosti půdy a aplikací fosforu a draslíku (Chen a kol., 2003; Zhou a kol., 2008). Výsledky izotopové techniky dusíku ^{15}N určily, že míra využití N v rostlinách brambor napříč všemi obdobími dosáhla 10 - 32 %. Míry využití dusíku v 49 - 77 dnech po výsadbě byly relativně nízké (pod 20 %). Poté se míry dusíkatého hnojiva v 91 dnech po výsadbě zvýšily na 30 % a zůstaly stejné. Příjem půdního N u brambor 105 dní po výsadbě se rychle zvýšil na 49 % srovnatelný s mírou, která byla zaznamenána v 91 dnech po výsadbě. Půdní N byl hlavním zdrojem N v pozdním stádiu růstu brambor (Jiao a kol., 2013). Metody určení míry využití hnojiva zahrnovaly převážně odečítací a izotopové metody. Míra využití N stanovená odečítací metodou mohla být použita jako základ pro posouzení efektů N hnojiva, protože tato zjištěná hodnota odráží míru zvýšení N po aplikaci dusíkatého hnojení. Stopovací technika izotopu dusíku (^{15}N) mohla být přijatelná pro další studie (Sun 1996; Zhou a kol. 2008). Míra využití dusíkatého hnojiva určená odečítací metodou byla vyšší než míra stanovená pomocí izotopové techniky. Příčinou rozdílu může být to, že N mohl být přidán do půdy ve formě hnojiv, smíchán s půdním N a jako část N hnojiva použit mikroorganismy k rozkladu půdního N, který vede k většímu obsahu N v rostlině. Příjem N z půdy u variant hnojených dusíkem byl vyšší, než u varianty bez aplikace dusíkatých hnojiv. Celková aplikace N v experimentu Jiao a kol., 2013 byla shodná s místní standardní dávkou (90 kg ha^{-1}). Výsledky mohou pouze představovat aktuální stav dusíkaté výživy u brambor pěstovaných v místní oblasti. Míra využití N hnojiva u brambor při vysokém a nízkém obsahu N vyžaduje potřebu další studie (Jiao a kol., 2013).

3.6.6 **Optimální dávka dusíkatého hnojiva**

Výsledky čtyřletých pokusů Shrek a kol., 2010 ukazují, že zvýšením dávky dusíkatého hnojiva po aplikační míru N120 kg ha^{-1} se zvýší výnos brambor. Další zvýšení dávky dusíkatých hnojiv bylo příčinou významného zvýšení výnosu hlíz pouze v případě, že meteorologické podmínky byly mimořádně příznivé. Podobné výsledky byly získány i v České republice, kde doporučená míra dusíkatého hnojiva dosahovala N140 (Shrek a kol., 2010). Ruža a kol., 2013 jsou podobného názoru, že k produkci dostatečně vysokých a stabilních výnosů v lotyšských podmínkách je potřebná míra dusíkatého hnojiva N120 v kombinaci se správnou agrotechnikou, která odpovídá požadavkům odrůd. Wszelaczynska a kol., 2014 zaznamenali nejvyšší výnos právě při aplikační míře dusíkatého hnojiva N120. Také Ukom a kol., 2009 uvádějí, že dávka 0 – 120 kg N/ha významně zvýšila obsah živin, s výjimkou fosforu, který se výrazně snížil. Tato míra N může být zvýšena až na N150, v závislosti na charakteru vegetačního období a způsobu aplikace. Při plánování bilance živin by měl být zvážen jak základní výnos produktu, tak i celkové množství biomasy (Ruža a kol., 2013). Kasal a kol., 2014 doporučuje k bramborám pěstovaným v klasické bramborářské oblasti při technologii s odkaměněním dávku N 80 – 120 kg ha^{-1}; vyšší dávky pouze bez organického hnojení. Vysoké dávky N nad 150 kg ha^{-1} představují riziko kontaminace podzemních vod (Kasal a kol., 2014). S tím se shoduje názor Hutchinsona (2004), který tvrdí, že dávky N 224 $kg.ha^{-1}$ snižují potenciální pohyb dusičnanů do místních vod, ale mohou také ovlivnit kvalitu a výnos hlíz. V klimatických a půdních podmínkách experimentu Šrek a kol., 2010 optimální aplikovaná dávka minerálních hnojiv pro výnos dosahovala zhruba 30 $t.ha^{-1}$ při aplikaci 140 kg N, 63 kg P a 186 kg K ha^{-1} (varianta N4P2K2). Na základě výsledků regresní analýzy další aplikace N, P a K při kombinaci minerálních a organických hnojiv nevedla k ekonomickému či enviromentálnímu zvýšení výnosu hlíz brambor. Joern a Vitosh, 1995 uvádějí zvýšení výnosu po aplikační míru 112 kg N ha^{-1}. Long a kol., 2004 doporučují aplikaci vyšších dávek 200 kg N ha^{-1} pro dosažení výnosu hlíz 35 $t.ha^{-1}$. Mundy a kol. (1999) k dosažení výnosu hlíz přibližně 30 $t.ha^{-1}$ uvádějí dávku 250 kg $N.ha^{-1}$. Kołodziejczyk, 2014 naopak tvrdí, že každá aplikovaná dávka N nižší než 180 kg N ha^{-1} zvýší výnos brambor. Zelalem a kol. (2009) zaznamenali při výzkumu významné zvýšení pouze při dávce vyšší než 138 kg N ha^{-1}. Ruža a kol., 2013 tvrdí, že u brambor pro trh a konzumaci produkovaných s mírou aplikace dusíkatého hnojiva přesahující N150 existuje riziko tmavnutí hlíz po varu a snížení chuťové kvality vařené hlízy. Westermann a kol., 1994 poznamenávají, že při aplikační dávce dusíku vyšší než 336 kg ha^{-1} se snižuje výnos.

Dávka dusíkatého hnojiva by měla být odlišná, v závislosti na produkci odrůd brambor a komerčním využití bramborových hlíz (Ruža a kol., 2013). Maximální doporučená míra aplikace N závisí na místních půdních a klimatických podmínkách. V případě, že jediným účelem je dosáhnout vyšších výnosů hlíz brambor mělo by se použít dostatečné množství hnojiv (Eremeev a kol., 2009), která jsou vhodná a doporučená pro konkrétní region, přičemž je třeba vzít v úvahu všechny další růstové podmínky.

3.6.7 **Vliv hnojení na obsah dusíku a organického uhlíku v půdě**

Ve studii Tein a kol., 2014 pěstování brambor bez aplikace střídání plodin mělo různé efekty na $C_{org.}$ a na celkový N v půdě v závislosti na osevních postupech. $C_{org.}$ v konvenčním osevním postupu se snižoval s vyšší dávkou minerálních hnojiv, vzhledem k vysokému množství minerálního N, což mohlo způsobit rozsáhlou půdní mineralizaci organické hmoty a vést k poklesu $C_{org.}$. Celkový N se snížil v konvenčním osevním postupu bez použití minerálních hnojiv a v osevním postupu, ve kterém bylo aplikováno nízké množství minerálních hnojiv, protože vstup organické hmoty do půdy byl významně menší než půdní mineralizace organické hmoty (Tein a kol, 2014). Obsah organického C v půdě u nehnojené varianty poklesl po roce 2009 a 2010, ale vzrostl po roce 2011, protože vstup organické hmoty do půdy byl vyšší ve srovnání s předchozími roky a bylo nepříznivé počasí pro rozklad organické hmoty. Po vypěstování brambor ve studii Tein a kol., 2014 $C_{org.}$ a $N_{tot.}$ byly vyšší v ekologických osevních postupech, ve kterých byly použity meziplodiny a v konvenčním osevním postupu, ve kterém byla použita dávka dusíku 100 kg ha^{-1}. Množství C vstupující do půdy a obsah $C_{org.}$ jsou v pozitivní korelaci (Parton a kol, 1995; Karlen a Cambardella, 1996). Obecně platí, že vstup organické hmoty do půdy byl větší u konvenčních osevních postupů s minerálními hnojivy než v ekologickém osevním postupu. V organických osevních postupech se půdní $C_{org.}$ zvýšil kvůli půdnímu rozkladu zoraných meziplodin a mineralizaci živin. Ta byla během růstu brambor inhibována, což zapříčinilo nižší výnos brambor v ekologickém osevním postupu, v němž byly používány pouze meziplodiny, což mělo za následek akumulaci $C_{org.}$ v půdě. Použití hnoje dále zvýšilo $C_{org.}$ v půdě. V konvenčním osevním postupu N100 se půdní $C_{org.}$ zvýšil, protože vstup půdní organické hmoty přesáhl dávku rozkladu organické hmoty. V osevním postupu N150 vstupní množství organické hmoty bylo podobné množství v osevním postupu N100, ale vyšší množství dusíku zvyšuje mineralizaci organické hmoty v půdě, což vedlo k poklesu půdního $C_{org.}$, místo navýšení (Tein a kol., 2014).

3.6.8 **Hnojení fosforem**

Fosforečná hnojiva působí příznivě na půdní strukturu a stabilizaci humusu. Zatímco fosforečná hnojiva mají často největší vliv na půdní úrodnost, může mít nadměrné použití draselných hnojiv negativní vliv např. v podobě zasolení půdy (Vaněk a kol., 2012). Hnojení fosforem zvyšuje celkovou plochu stonků, listů, natě a výšku rostlin.

Počet hlíz na rostlinu a výnosy hlíz nebyly ovlivněny (ve čtyřech experimentech) nebo se snížily v důsledku vápnění (v jednom experimentu). Hnojení fosforem významně zvýšilo výnos hlíz a jejich počet ve třech experimentech (Maier a kol., 2002). Ve studii Rosena a Biermana (2008) aplikace fosforečného hnojiva zvýšila celkový výnos hlíz a výnos hlíz menších než 85 g, ale snížila výnos hlíz s velikostí kolem 285 g. Zvýšení počtu hlíz při aplikaci P bylo zdokumentováno mnoha autory (Freeman a kol., 1998; Jenkins a Ali, 2000; Maier a kol., 2002). Trávník a kol., 2003 uvádějí, že stupňované hnojení samotným fosforem se projevilo zvýšeným výnosem v bramborářské oblasti v rozpětí 1 až 4 % (maximálně 11,6 %). Klement a kol., 2012 dokonce uvádějí rozmezí 2,8 až 5 %. Rozdíly ve využití P nejsou vysoké a všeobecně jsou spojeny pouze se změnami výnosu vlivem hnojiv (Ruža a kol., 2013). Ve studii Tein a kol., 2014 se celkový obsah P v hlízách v průměru pohyboval mezi 0,195 % a 0,247 %, což byl průměr srovnatelný s jinými studiemi (Papadopoulos, 1992; Fangmeier a kol., 2002; Mkhabela a Warman, 2005; Alvarez-Sánchez a kol., 2008) a byl jednoznačně vyšší při srovnání s variantami hnojení PSs a PSsN4P2K2 s obsahem 0,15 do 0,22 %, které publikuje Šrek a kol., 2010. Ve studii Tein a kol., 2014 u obou osevních organických postupů a konvenčního kontrolní osevní postupu byl obsah P u hlíz vyšší ve srovnání s ostatními osevními postupy. Obsah P u hlíz po vypěstování brambor dosahoval průměrně 103 - 125 mg kg^{-1}, což je více než zaznamenali Šrek a kol., 2010, kde se obsah P v hlízách brambor pohyboval v rozmezí od 21 do 112 $mg.kg^{-1}$. Po pěstování brambor v rámci střídání plodin v různých osevních postupech se zvýšila dostupnost P z půdy, s výjimkou organického osevního postupu bez použití hnoje, ve kterém byl zaznamenán nevýrazný pokles P v půdě (Tein a kol., 2014). Předchozí studie potvrdily, že využití hnoje (Mozaffari a Sims, 1994) a hnojiv (Motavalli a Miles, 2002) zvyšuje půdní P, a že P získaný z hnoje zvířat může být stejně dostupný jako P z minerálních hnojiv (Gale a kol., 2000). Pokud je v půdě při aplikaci hnojiv dostatek P, půda je v dobrém stavu a vnitřní cyklus P je funkční, potom pěstováním brambor můžeme zvýšit obsah P v půdě pro následující plodiny (Tein a kol., 2014). Curless a kol. (2004), Šrek a kol. (2010) zjistili, že organická hnojiva zvyšují obsah P

v hlízách. Osevní postupy, u nichž byla použita průměrná a vysoká množství minerálního dusíkatého hnojiva dosáhla výrazně nižší hodnoty obsahu P ve srovnání s použitím organických hnojiv, jak uvádějí Šrek a kol. (2010). Rosen a Bierman (2008) zjistili, že aplikace minerálního P zvyšuje obsah P u hlíz. Ve studii Tein a kol., 2014 dávka P hnojiv dosáhla 25 kg ha^{-1} ve všech konvenčních osevních postupech, kde se provádělo hnojení, a při zvýšení dávky N se obsah P se snížil. Kromě toho Augustin (1975), Maier a kol. (1994) argumentují, že při aplikaci minerálních N hnojiv se může snížit obsah P u hlíz. Jacobsen a kol. (1998) zjistili, že vyšší obsah P v hlízách může mít za následek vyšší obsah škrobu. Ve studii Tein a kol., 2014, ale vyšší obsah P u hlíz měla nevýrazný vliv na obsah škrobu. Hlízy pěstované v organických osevních postupech jsou menší než v osevních postupech, kde jsou použita minerální hnojiva (Tein and Eremeev, 2011). Ve studii Tein a kol., 2014 průměrné obsahy P v hlízách brambor dosáhli nejvyšších hodnot v organických osevních postupech a u nehnojeného konvenčního osevního postupu. Celkový příjem fosforu dosahoval nízkých hodnot ve výše zmíněných osevních postupech v porovnání s konvenčními osevními postupy, ve kterých byl aplikován minerální dusík. Minerální hnojiva se používají k zajištění dostatku živin k nárůstu vyšších výnosů hlíz brambor. Protože P je většinou přijímán z půdních zdrojů, tak se v ekologických a konvenčním kontrolním osevním postupu může vyskytnout nedostatek P. Vhodné opatření proti nedostatku je aplikovat chlévský hnůj nebo jiné organické hnojivo. Meziplodiny nejsou zdrojem živin pro půdu, proto po delší době, může dojít k nedostatku P v půdě v organických osevních postupech a v konvenčním kontrolním osevním postupu bez přídaných hnojiv. Pokud je vnitřní cyklus P v půdě nevyvážený dochází k nižším výnosům hlíz brambor. Ve studii Tein a kol., 2014 se žádné výrazné problémy s obsahem půdního P nevyskytly. To dokazuje, že se zde projevily i jiné příčiny nižších výnosů v organických osevních postupech a v konvenčním kontrolním osevním postupu. Pokud se v půdě vyskytne nedostatek živin je růst plodin a schopnost půdy poskytovat výnos omezená (Tein a kol., 2014).

3.6.9 **Draselné hnojení**

Hnojiva s vyšším obsahem draslíku volíme, jestliže procentuální obsah K klesne pod hranici poměru N: K (1: 1,3) a méně. Roztok hořké soli volíme tehdy, pokud obsah K klesne pod 0,3 % (Vokál a kol., 2003). Při stupňovaném hnojení draslíkem docházelo v bramborářské výrobní oblasti k mírnému zvýšení výnosu o 6 % (Čermák a kol., 2000). Aplikace dusíkato - draselného hnojení zvyšuje zásobu K. Při aplikační míře do 448 kg K ha^{-1}

se zvyšuje výnos (Westermann a kol., 1994). K podobnému názoru se přiklání i Munzert (1985), který zjistil, že zvýšením dávky K ze 100 na 200 a 300 kg.ha^{-1} se zvýšil výnos hlíz. Čermák a kol., 2000 uvádějí doporučenou aplikační míru mezi 83 až 100 kg K ha^{-1} a preferuje spíše horní hranici uvedeného rozpětí. Yunling a kol., 2006 poznamenávají, že s draselným hnojením se počet hlíz zvyšuje o 29,3 % a jejich váha o 7,7 %. Také Vránková (1992) uvádí při aplikaci draselného hnojení zvýšení výnosu hlíz na všech stanovištích o 20,92 %, avšak na hnojených variantách došlo k celkovému poklesu škrobu oproti nehnojeným. Trávník a kol., 2003 uvádějí, že stupňování hnojení draslíkem se projevilo zvýšeným výnosem v bramborářské oblasti s nejvyšším přírůstkem 14,9 %. Také Klement a kol., 2012 uvádějí zvýšení výnosu při stupňované dávce draslíku o 3,5 až 4,9 %. Naopak Németh (1982) a Rhue (1986) uvedli, že při aplikaci různých dávek K nebylo dosaženo rozdílných výnosů. Singh (1983) poznamenal, že zatímco po aplikaci N hnojiv byla zaznamenána příznivá reakce brambor na zvýšení výnosu, tak použití vyšších dávek draselných hnojiv (100 – 150 kg K ha^{-1}) nemělo na výši výnosu pozitivní vliv. Negativní vliv působení vysokých dávek K na brambory popisují Pandey (1969) a Prugar (1977). Torma (1990) zjistil, že zvyšování dávek draselných hnojiv vedlo k nevýraznému zvýšení obsahu K v hlízách. V pokusu se stupňovanými mírami draselných hnojiv zaznamenal Foster (1981), že toto hnojení vedlo ke zvýšení obsahu K v sušině.

Pěstování brambor velmi ovlivňuje půdní K. Ve studii Tein a kol., 2014 průměrný obsah K v půdě před a po pěstování brambor dosahoval hodnot 161 - 188 a 138 - 170 mg kg^{-1}, což je méně než ve studii Šrek a kol., 2010, kde se pohyboval od 122 do 353 mg.kg^{-1}. Kritická úroveň draslíku v půdě pro rostlinu podle Panique a kol., 1997 je 104 mg kg^{-1}.Vránková (1992) uvádí dostatečnou zásobu K 132 mg.kg^{-1}. Významné zvýšení výnosu bylo zaznamenáno v pěti z jedenácti experimentů, jestliže půdní K byl obsažen v míře 170 – 370 mg.kg^{-1}. Aplikace $K_2SO_4^-$ zvyšuje výnos brambor více než forma KCl^- do aplikační dávky draslíku 280 kg K ha^{-1}. Ale při překročení této dávky se výnos u $K_2SO_4^-$ snížil, ale u KCl^- zůstal stejný (Panique a kol., 1997). Z toho vyplývá, že pěstování brambor v rámci střídání plodin odebírá vysoké množství K z půdy u všech osevních postupů. Významné rozdíly mezi osevními postupy byly viditelné až po vypěstování brambor. Obsah K u organických osevních postupů M, N100 a N150 byl podstatně nižší ve srovnání s jinými osevními postupy. Obsah půdního K potřebný pro optimální růst je mnohem vyšší u brambor než u mnoha dalších plodin. K produkci brambor potřebujeme nadměrné množství K, které dosahuje u většiny půd rozmezí 170 - 210 kg K ha^{-1} (White a kol., 2007). Tato vysoká dávka K může být

poskytována pouze aplikací draselných hnojiv nebo značně velkého množství hnoje. Z tohoto důvodu u organických osevních postupů, kde se vyskytuje problém s nedostatekem hnoje, mohou být půdy po vypěstování brambor chudší na K. Z toho plyne, že by měly být brány v potaz průměrné půdní obsahy K v některých regionech. Kromě toho, půdní K je mnohem pohyblivější než půdní P, tudíž musíme vzít v úvahu nevyhnutelné vysoké ztráty vyluhování K (Vos, 1996).

Trehan a Sharma (2002) zjistili, že obsah K průměrného kultivaru dosahuje rozmezí mezi 2,6 % a 3,6 %. Průměrné obsahy K u hlíz ve studii Tein a kol., 2014 byly relativně nižší v rozsahu od 2,08 % a 2,22 % a byly zjištěny nevýrazné vlivy osevních postupů na obsah K v hlízách. Hnojení draselnými hnojivy negativně ovlivňuje obsah sušiny, což potvrdili Panique a kol. (1997). Haase a kol. (2007a), Kumar a kol. (2007), Westermann a kol. (1994). Ve studii Tein a kol., 2014 obsah K neovlivnil obsah sušiny, protože obsahy K nebyly ovlivněny osevními postupy. Zde může být také antagonismus mezi P a K (MacKay a kol., 1987). Haase a kol. (2007b) tvrdí, že minerální draselná hnojiva a statková hnojiva mohou rovnocenně zvýšit dostupnost draslíku. Z tohoto důvodu může být obsah K u hlíz celkem podobný v osevních postupech, kde jsou používány minerální K hnojiva nebo hnůj, jak uvádějí ve studii Tein a kol., 2014. Vzhledem k tomu, že obsah draslíku v hlíze prakticky nezávisí na dávce dusíkatého hnojiva, potom úbytek draslíku závisel pouze na získaném výnosu. Celkové využití draslíku záviselo hlavně na hmotnosti listů brambor, jelikož obsah draslíku v listoví byl podstatně vyšší než v hlízách. Nárůst listové hmoty s postupnou aplikací dusíkatého hnojiva se zvýšil, stejně tak i celkový úbytek draslíku (Ruža a kol., 2013).

3.6.10 **Hnojení vápníkem a hořčíkem**

Hnojiva obsahující vápník působí příznivě svým alkalizačním účinkem (Baier a Baierová, 1985). Ca upravuje pH, které působí příznivě na výskyt a aktivitu mikroorganismů, mineralizaci a přeměnu primární organické hmoty a na tvorbu kvalitního humusu a celkových podmínek pro růst rostlin (Vaněk a kol., 2012). Obsah Ca a Mg v hlízách nejsou považovány za zásadní pro lidskou výživu, protože hlízy nejsou jejich bohatým zdrojem, ale mají důležitou úlohu při regulaci fyziologických poruch a onemocnění brambor (Brown a kol., 2012). Palta (1996, 2010) poznamenal, že Ca snižuje dutost hlíz a dobu skladování brambor, což bylo také potvrzeno ve studii Ozgen a kol. (2006). Ozgen a kol., 2002 tvrdí, že obsah Ca v půdě může ovlivnit počet hlíz a jejich velikost, a to zvýšením Ca v půdě, který může zvýšit

průměrnou velikost hlíz a snížit jejich počet. Naopak ve studii Gupta a kol., 1993 hnojení vápníkem neovlivnilo výnos hlíz.

Vzhledem k nedostatku dalších Ca a Mg hnojiv se obsahy Mg a Ca ve studii Tein a kol., 2014 snížily především po vypěstování brambor. Statisticky významný pokles byl naměřen pouze u obsahu Mg, kde brambory byly pěstovány v osevním postupu bez aplikace hnojení, stejně tak v osevním postupu, ve kterém bylo použito nejvíce dusíkatých hnojiv. Před a po pěstování brambor se mezi osevními postupy v obsahu půdního Ca neprojevily žádné velké rozdíly. Nevýrazné zvýšení půdního Ca bylo zaznamenáno po vypěstování brambor v organických osevních postupech v důsledku použití meziplodin. Meziplodiny použité v organických osevních postupech pomohly snížit ztráty Ca z půdy během podzimního až zimního období, a dokonce podporovaly mineralizaci Ca. White a Broadley (2003, 2009), měli za to, že většina zemědělských půd má dostatečné množství hořčíku a vápníku v půdním roztoku, aby zajistily dostatečný příjem těchto živin rostlině. Podobně Gunter a Palta (2008) považují množství Ca v půdě jako dostatečné, ačkoli půdní zdroje nejsou nekonečné. Z tohoto důvodu musí být použita preventivní opatření k udržování kvality půdy, jako jsou například meziplodiny a přihnojování.

Warman a Havard (1998) zjistili, že průměrné obsahy Mg jsou vyšší u ekologicky pěstovaných brambor a také, že konvenční ani ekologická produkce neovlivňuje obsah Ca u hlíz. Studie Tein a kol., 2014 potvrdila, že žádný z osevních postupů se jasně nelišil od ostatních, i když se zde vyskytly rozdíly v obsahu Mg v hlízách. Osevní postupy také měly účinek na obsah Ca u hlíz brambor. Obsah Ca u hlíz byl nejvíce ovlivněn rokem. V roce 2011, kdy během období růstu bylo relativně sucho, obsah Ca u hlíz výrazně vzrostl, s výjimkou osevního postupu N100. Obsahy Mg v hlízách byly také výrazně ovlivněné rokem, a většina osevních postupů dosáhla nejvyššího obsahu Mg v roce 2010. Během vegetačního období bylo sucho a teplo a z tohoto důvodu se obsah Ca v hlízách brambor zvýšil a výnosy dosáhly vysokých hodnot kromě roku 2009. V kontrastu k obsahu Ca v hlízách, obsah Mg byl mnohem vyšší, v roce 2010, kdy vegetační období bylo také teplé, ale vlhké. Výnosy hlíz byly výrazně nižší v roce 2010 (s výjimkou ekologického osevního postupu M) ve srovnání s ostatními experimentálními roky. Rhue a kol. (1986) uvádějí, že při zvýšení obsahu K se obsah Ca a Mg sníží. Studie Tein a kol., 2014 potvrdila, že K nemá žádný vliv na obsah hořčíku a vápníku u hlíz, protože osevní postupy neměly žádný účinek na K v hlízách.

3.6.11 **Hnojení sírou**

Hnojením sírou zvyšujeme obsah N - NH_4^+. Dávka 120 kg.ha^{-1} S - SO_4^{2-} významně působí na zvýšení přístupnosti P v půdě ve vrstvách 0 - 40 a 40 - 80 cm (Skwierawska a kol., 2008). V experimentu Aulakh a kol., 1997 se při hnojení sírou významně zvýšil obsah K a Zn, ale také snížil obsah P. Nicméně obsah Fe a Mn nebyl ovlivněn. Aulakh a kol., 1997 navrhuje optimum pro kvalitní výnos dávku 25 kg S ha^{-1}.

3.6.12 **Hnojení mikroprvky**

Mikroprvky hnojíme pouze při jejich nedostatku. V případném nedostatku mikroprvků provádíme základní hnojení do půdy u osevního postupu nebo aplikujeme listová hnojiva s více makroprvky s nízkou koncentrací, které působí antistresově a často také obsahují stimulátory růstu. Nejvyšší efekt mají hnojiva s vysokým obsahem dusíku a hořčíku, na která jsou brambory citlivé. Efekt se také zvyšuje opakovanou aplikací hnojiv (Vokál a kol., 2003).
Dlouhodobá aplikace různých hnojiv může zvyšovat obsahy stopových prvků (především těžkých kovů) v rostlinné biomase, protože mnoho hnojiv obsahuje stopové prvky nebo zvyšuje jejich pohyblivost v půdě (Keller and Schulin, 2003; Micó a kol., 2006; Hejcman a kol, 2009). Významně pozitivní korelace ve studii Šrek a kol., 2010 se projevila mezi množstvím aplikovaného prvku, jeho obsahu v hlízách a jeho příjmu pouze u As. U Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb a Zn nebyl zřejmý žádný vztah mezi jejich obsahem a jejich příjmem (Šrek a kol., 2010).
Hnojení má významný efekt na obsah Ni. Obsah Ni se pohyboval mezi hodnotami 0,29 až 1,29 mg.kg^{-1} u variant sl a sllP2K2 (Šrek a kol., 2010). Obsahy Cu, Mn a Zn ve studii Šrek a kol, 2010 dosahovaly od 3,5 do 5,7 mg.kg^{-1}; 5,8 až 9,3 mg.kg^{-1} a 13,6 až 24,5 mg.kg^{-1} a byly srovnatelné s hodnotami publikovanými ve studii Mansour a kol. (2009). Ačkoli při aplikaci prasečí kejdy se dostává do půdy značné množství Cu, Mn a Zn, nebyl zde významný efekt prasečí kejdy na obsah Cu, Mn a Zn v hlízách brambor.

3.6.13 **Vliv hnojení na obsah sušiny a škrobu u hlíz brambor**

Obsah škrobu v hlízách brambor a výnos škrobu na jednotku plochy jsou nejdůležitějšími parametry pro výrobu bramborového škrobu (Ozturk a kol., 2010). Podnebí, odrůda a hospodářství stanovují produkční sušinu brambor (Geremew a kol., 2007). Obsah škrobu a sušiny závisí na velikosti hlíz, které jsou také ovlivněny klimatem. Velké hlízy mají

obecně nízký obsah sušiny a škrobu, ale malé hlízy obvykle mají nejnižší obsah sušiny a škrobu (Kolbe a Stephan-Beckmann, 1997). Z tohoto důvodu hlízy pěstované v konvenčních osevních postupech, kde je dodáván dusík, mohou mít nižší obsah sušiny a škrobu. V organických osevních postupech jsou dávky dusíku nižší, hlízy zůstávají menší a obsah sušiny a škrobu je větší (Tein a kol., 2014). Hajšlová a kol. (2005) potvrdila, že aplikované množství dusíku negativně koreluje s obsahem škrobu a sušiny. Průměrný obsah sušiny v hlízách brambor byl 24.2 % a pohyboval se mezi 22,8 až 25,8 % na PSsN1P1K1 a u nehnojené varianty (Šrek a kol, 2010). Joern a Vitosh, 1995 uvádějí dávku 112 – 168 $kg.ha^{-1}$ pro maximální tvorbu sušiny a rostlinných tkání v období sklizně. Ve studii Tein a kol., 2014 různé osevní postupy měly v průměru nevýrazný vliv u hlíz na obsah škrobu a sušiny. Experimentální rok měl významný vliv na obsah sušiny a škrobu. V organických osevních postupech obsah sušiny byl významně vyšší v roce 2011, kdy období rostoucích teplot a srážek se nejvíce přibližovalo průměru mnoha let. Obsah škrobu byl také významně vyšší v organickém M osevním postupu v roce 2009, stejně jako v organickém osevním postupu M + M v letech 2009 a 2010. Konvenční osevní postupy s aplikací hnojiv měly nejmenší obsah sušiny a škrobu v hlízách v roce 2010 během mokrého a teplého vegetačního období. Dusíkatá hnojiva v kombinaci s nepříznivým obdobím pěstování společně vedly ke snížení obsahu sušiny a škrobu u hlíz. V roce 2011 byl zaznamenán nižší obsah sušiny a škrobu v ekologickém zemědělství ve srovnání s osevními postupy, které byly hnojeny dusíkem. Ten byl zjevně způsobený povětrnostními podmínkami, protože 2011 byl relativně suchý rok s vysokými teplotami. Nadzemní biomasa trpěla suchem a dříve odumřela, ale hlízy nebyly úplně zralé, což vedlo k nižšímu obsahu sušiny a škrobu v hlízách. Použití pesticidů a minerálních hnojiv v konvenčních osevních postupech přispělo k prodloužení růstu rostlin, a proto hlízy byly schopny dosáhnout takové zralosti, která měla za následek vyšší obsah sušiny a škrobu. V případě bezvýznamných rozdílů ve výnosu mezi odrůdami brambor produkce odrůd brambor s vyšším obsahem škrobu je mnohem výhodnější. To nastalo u odrůdy brambor "Brasla", která měla vyšší výnos škrobu na jednotku plochy, i když získaný výnos hlíz byl poněkud nižší. Obsah škrobu u odrůdy "Brasla" byl relativně vyšší než u odrůdy 'Borodyanskiy Rozoviy'. Nejvyšší obsah škrobu, čtyřletý průměr 17,4 %, byl nalezen u nehnojeného (N0P0K0) ošetření. Se zvýšenou mírou aplikace dusíkatých hnojiv se obsah škrobu v hlízách snížil na 15,4 % u ošetření N210. Pro odrůdu brambor 'Borodyanskiy Rozoviy' byl pokles obsahu škrobu podstatně nižší, ačkoliv zvýšená dávka dusíkatého hnojiva snížila obsah škrobu i pro tuto odrůdu brambor. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou byl 1,4 % pro odrůdu 'Borodyanskiy Rozoviy' a 2,4 % pro odrůdu 'Brasla'.

Výnos škrobu na jednotku plochy závisí na výnosu bramborových hlíz a obsahu škrobu u hlíz. Celkově lze říci, že čtyřleté průměry dosahovaly vyšších hodnot pro odrůdu brambor "Brasla" než ty pro odrůdu 'Borodyanskiy Rozoviy'. Výnos škrobu na jednotku plochy se zvýšil z 5,4 t ha^{-1} ("Brasla") a 4,1 t ha^{-1} ('Borodyanskiy Rozoviy') u varianty N0PK na 6,7 a 5,45 t ha^{-1} u varianty N120. Zvýšení výnosu škrobu bylo zaznamenáno u obou odrůd brambor při zvýšení výnosu hlíz. Nejvyšší výnos byl zaznamenán při dávce N120. Vzhledem k tomu zvyšování dávky dusíkatého hnojiva nezvyšovalo dále výnos, naopak obsah škrobu se při vyšší úrovni dusíkatého hnojení snižoval a také výnos škrobu (Ruža a kol., 2013). Míry aplikace dusíkatého hnojiva nad N120 - 150 nevedly ke zvýšení výnosu škrobu. Jiné studie prokázaly, že obsah škrobu se mírně snížil se zvýšenou hladinou N a P po aplikaci hnojení, ačkoli účinky nebyly statisticky významné (Ozturk a kol., 2010).

3.6.14 **Vliv hnojení na půdní pH**

Zdravá a úrodná půda může udržet adekvátní rostlinnou produkci (Stockdale a kol., 2002). Van Bruggen a Semenov (2000) považovali půdu za zdravou a výživnou, jestliže je stabilní, odolná vůči stresu, s vysokou biologickou rozmanitostí a vysokou úrovní vnitřního koloběhu živin. Cílem každého pěstitele by mělo být pěstování plodin takovým způsobem, který zachovává nebo zlepšuje kvalitu půdy. Ve studii Tein a kol., 2014 se hodnota půdního pH pohybovala mezi 5,7 a 6,1 před pěstováním brambor a mezi 5,6 a 6,2 po kultivaci brambor. Pěstování brambor mělo určitý vliv na hodnoty pH půdy, ale změny byly příliš minoritní na to, aby způsobily problémy s půdním pH . Některé významné rozdíly mezi osevními postupy byly viditelné až po pěstování brambor. V organických osevních postupech byla hodnota pH významně vyšší ve srovnání s konvenčními osevní postupy, v nichž byla použitá průměrná a vysoká množství dusíkatých hnojiv. pH bylo sníženo v konvenčních osevních postupech při aplikaci ledku amonného (34.4 % N), několikrát během vegetačního období k navýšení přijmu dusíku pro rostliny. Meziplodiny a hnůj mohou zvýšit pH půdy (Eghball, 1999). Ve studii Tein a kol., 2014 nebyly žádné problémy s půdní koncentrací pH, ale půdy v konvenčních osevních postupech mohou být více okyselovány a u půd v organických osevních postupech nedochází k poklesu pH.

4 Závěr

Z literárních zdrojů jsem došel k těmto výsledkům:

- Dlouhodobá aplikace slámy neměla pozitivní efekt na výnos hlíz.
- V experimentu ^{15}N při hnojení dávkou 90 kg ha^{-1} celkový N představoval 71 – 83 % dusíku z půdy a 17 – 29 % dusíku z dusíkatého hnojiva.
- Míra využití minerálního hnojiva ^{15}N rostlinou představovala 10 – 32 % a byla v počáteční fázi relativně nízká. Půdní N byl důležitý jak v počáteční fázi, tak i v pozdější fázi růstu.
- Minerální hnojiva NPK měla podstatně vyšší účinnost než prasečí kejda.
- Optimální míra aplikace minerálních hnojiv pro výnos hlíz kolem 30 $t.ha^{-1}$ dosáhla 120 - 140 kg N ha^{-1}, 63 kg P ha^{-1} a 186 kg K ha^{-1}
- Obsah N v nadzemních orgánech, hlízách a kořenech se zvyšuje s aplikací dusíkatého hnojiva společně s výnosem.
- Dávka N do 120 kg na ha ve formě minerálních hnojiv zvýšila výnos brambor.
- Obsah N v hlízách se zvyšoval s použitím dusíkatého hnojiva od 1,09 % po 1,53 % u hnojení N120 a prakticky zůstal na stejné úrovni s vyšší dávkou aplikovaného dusíku.
- Obsah N v listové ploše byl dvakrát tak vysoký než v hlízách brambor a kontinuálně se zvyšoval s aplikovanou dávkou N, a to zejména při vyšší dávce N hnojiv 150 - 210.
- Půdní obsah $C_{org.}$ a P se především výrazně nebo nevýrazně zvýšil po kultivaci brambor a půdní obsah K, Ca a Mg po pěstování brambor poklesl.
- Dlouhodobá aplikace hnojiv měla za následek vysoký stupeň přístupnosti P a K u sledovaných variant.
- Obsah P v půdě menší než 30 $mg.kg^{-1}$ a obsah K menší než 150 $mg.kg^{-1}$ nejsou dostatečné pro produkci hlíz.
- Běžné pěstitelské postupy nevýznamně zvyšují obsah stopových prvků u brambor.
- Obsah As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, a Zn v hlízách nebyl významně ovlivněn aplikací hnojiv, ačkoli aplikací prasečí kejdy se dostala do půdy podstatně vyšší dávka Cu a Zn, než byla přijata hlízami.
- Konvenční osevní postupy, v kterých byla použita dusíkatá hnojiva, vyprodukovaly výrazně vyšší výnos hlíz.
- Rozdíly mezi organickými a konvenčními osevními postupy byly zjištěny ve výnosu hlíz, v obsahu N, dusičnanů, Mg a P.

- Nejvíce vyčerpávající osevní postupy pro půdu k produkci brambor byly osevní postupy: kontrolní osevní postup bez aplikace hnojiv a osevní postup s aplikační dávkou N150.
- Organický M + M a N100 osevní postup byly statisticky nejúčinnější pro vytvoření kvalitní půdy.
- Půdy v organických osevních postupech bez přidaných hnojiv jsou velmi ohrožené nedostatkem živin.
- Brambory jsou obecně vhodné jako součást osevního postupu, pokud jsou použita hnojiva. Stále zde existuje vysoké riziko vyčerpání půdy, pokud jsou agronomické postupy špatně provedeny nebo nedostačující.
- Z pokusů v různých osevních postupech vyplynulo, že půdy v konvenčních osevních postupech mohou být více okyselovány a u půd v organických osevních postupech nedochází k poklesu pH.

5 Seznam literatury

1. Alva, A., Fan, M., Qing, C., Rosen, C., Ren, H., 2011. Improving nutrient-use efficiency in Chinese potato production: experiences from the United States. J. Crop Improv. 25, 46–85.
2. Alvarez-Sanchez, E., Etchevers, J.D., Ortiz, J., Núñez, R., Volke, V., Tijerina, L., Martinez, A., 2008. Biomass production and phosphorus accumulation of potato as affected by phosphorus nutrition. J. Plant Nutr. 22, 205–217.
3. Arriaga, F.J., Lowery, B., Kelling, K.A., 2009. Surfactant impact on nitrogen utilization and leaching in potatoes. Am. J. Potato Res. 86, 383-390.
4. Augustin, J., 1975. Variations in the nutritional composition of fresh potatoes. J. Food Sci. 40, 1295–1299.
5. Aulakh, M. S., Bhajan Singh, and B. R. Arora., 1977. "Effect of sulphur fertilization on the yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.)." Journal of the Indian Society of Soil Science 25.2: 182-185.
6. Baier, J., Baierová, V., 1985. Abeceda výživy rostlin a hnojení. SZN. Praha. 364 s.
7. Brown, C.R., Haynes, K.G., Moore, M., Pavek, M.J., Hane, D.C., Love, S.L., Novy, R.G., Miller Jr., J.C., 2012. Stability and broad-sense heritability of mineral content in potato: Calcium and magnesium. Am. J. Potato Res. 89, 255–261.
8. Carew, R., Khakbazan, M., Mohr, R., 2009. Cultivar developments, fertilizer inputs, enviromental conditions, and yield determination for potatoes in Manitoba. Am. J. Potato Res. 86, 442-455.
9. Carter, M.R., Kunelius, H.T., Sanderson, J.B., Kimpinski, J., Platt, H.W., Bolinder, M.A., 2003. Productivity parameters and soil health dynamics under long-term 2-year potato rotations in Atlantic Canada. Soil Tillage Res. 72, 153–168.
10. Cedergreen, N., Felby, C., Porter, J. R., Streibig, J.C., 2009. Chemical stress can increase crop yield. Field Crop Res. 114, 54–57.
11. Curless, M. A., Kelling, K. A., Speth, P. E., 2004. Nitrogen and phosphorus availability from liquid dairy manure to potatoes. Am. J. Potato Res. 82, 287–297.
12. Čepl, J., 2005. Hnojení brambor. Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, s.r.o.
13. Čepl, J., Kasal, P., Vokál, B. 2012. Hnojení brambor. Havlíčkův Brod, VÚB 2010, 23 s. ISBN: 987-80-86940-24-3.
14. Čermák, P. a Královec, J., 2000. Potřeba draselného hnojení v České republice: vliv draselného hnojení na výnos a kvalitu produkce, na bilanci draslíku a na jeho obsah v půdě: vyhodnocení dlouhodobých polních pokusů v České republice. Vyd. 1. Brno: Ústřední

kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin, 25 s. ISBN 80-86051-80-3.

15. Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Časová, K., Nedvěd, V., 2010. Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. Plant Soil Environ. 56, 28-36
16. ČSÚ, 2015. Statistická ročenka České republiky. Český statistický úřad, Praha.
17. Darwish, T., Atallah, T., Hajhasan, S., Chranek, A. 2003. Management of nitrogen by fertigated of potato in Lebanon. Nutr. Cycl. Agroecosys. 67, 1-11.
18. de Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum, M. K., 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. Agric. Syst. 108, 1–9.
19. Diviš J., Bárta J., Bártová V., 2011. Pěstování brambor v podmínkách ekologického zemědělství. Zemědělská fakulta - 1. vyd., 43 str.
20. Dráb J. a kol., 1956. Pěstování bramborů, Praha, 465 str.
21. Dyson P.W., Watson D.J. 1971. An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of potato crops. Ann Bot 69:47-63.
22. Eghball, B., 1999. Liming effects of beef cattle feedlot manure or compost. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30, 2563–2570.
23. Eremeev, V., Keres, I., Tein, B., Laaniste, P., Selge, A., Luik, A., 2009. Effect of different production systems on yield and quality of potato. Agron. Res. 7, 245–250.
24. FAO, World Reference Base for Soil Resources 2006. World Soil Resources Report 1 Food and Agriculture Organization, Rome, pp. 145.
25. Fangmeier, A., de Temmerman, L., Black, C., Persson, K., Vorne, V., 2002. Effects of elevated CO_2 and/or ozone on nutrient concentrations and nutrient uptake of potatoes. Eur. J. Agron. 17, 353–368.
26. Ferreira, T.C., Carr, M.K.V., 2002. Responses of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to irrigation and nitrogen in a hot, dry climate I. Water use. Field Crop Res. 78, 51–64.
27. Freeman, K.L., Franz, P.R. de Jong, R.W., 1998. Effect of phosporus on the yield, quality, and petiolar phosporus concentration of potatos (cvv. Russet Burbank and Kennebee) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. Aust. J. Exp. Agric. 38, 83-93.
28. Foster, H. 1981. K – Bedarf und K – Versorsung von Kartoffeln. Kali – Briefe (Buntenhof) 15, č. 12, str. 745-760
29. Gale, P.M., Mullen, M.D., Cieslik, C., Tyler, D.D., Deuk, B.N., Kirchner, M., McClure, J., 2000. Phosphorus distribution and availability in response to dairy manure applications. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 31, 553–565.

30. Geremew, E.B., Steyn, J.M., Annandale, J.G., 2007. Evaluation of growth performance and dry matter partitioning on four processing potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. N.Z. J. Crop Hortic. Sci. 35, 385–393.
31. Grandy, A.S., Porter, G.A., Erich, M.S., 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1311–1319.
32. Gunter, C.C., Palta, J.P., 2008. Exchangeable soil calcium may not reliably predict inseason calcium requirements for enhancing potato tuber calcium concentration. Am. J. Potato Res. 85, 324–331.
33. Gupta, U. C., & Sanderson, J. B. 1993. Effect of sulfur, calcium, and boron on tissue nutrient concentration and potato yield 1. Journal of plant nutrition,16(6), 1013-1023.
34. Haase, T., Schuler, C., Haase, N.U., Heß, J., 2007a. Suitability of organic potatoes for industrial processing: Effect of agronomical measures on selected quality parameters at harvest and after storage. Potato Res. 50, 115–141.
35. Haase, T., Schüler, C., Hess, J., 2007b. The effect of different N and K sources on tuber nutrient uptake, total and graded yield of potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) for processing. Eur. J. Agron. 26, 187-197.
36. Hajšlova, J., Schulzova, V., Slanina, P., Janne, K., Hellenas, K.E., Andersson, C., 2005. Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. Food Addit. Contam. 22, 514–534.
37. Hamouz, K., Lachman, J., Dvořák, P., Pivec, V., 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. Plant Soil Environ. 51, 397-402.
38. Hejcman, M., Kunzová, E., 2010. Sustainability of winter wheat production on sadyloamy Cambisol in the Czech republic: results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. Field Crops Res. 115, 191-199.
39. Hejcman, M., Száková, J., Schellberg, J., Šrek, P., Tlustoš, P., 2009. The Rengen Grassland Experiment: soil contamination by trace elements after 65 years of Ca, N, P and K fertiliser application. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 83, 39-50
40. Houba, M. a kol., 2007. Poznejte, pěstujte, používejte brambory, Praha.
41. Hruška L., 1962. Abeceda pěstování brambor, Praha.
42. Hruška L. a kol., 1974. Brambory, Praha.

43. Hutchinson, C. M., 2004, June. Influence of a controlled release nitrogen fertilizer program on potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber yield and quality. In Meeting of the Physiology Section of the European Association for Potato Research 684 (pp. 99-102).
44. Chen P., Li T., Zhang X., Ran B., Wang S., Xie P., Yang S., Yang B., 2003. Exploration of absorption and distribution of nitrogen fertilizer in tobacco using ^{15}N tracer technique. J Yunnan Agric Univ 18(1): 1-4.
45. Chloupek, O., Hrstková, P. Schweigert, P., 2004. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. Field Crop Res. 85, 167-190.
46. Inthapanya P., Sipaseutha Sihavongb P., Sihathepe V., Chanphengsayd M., Fukaie S., Basnayakee J., 2000. Genotype differences in nutrient uptake and utilization for grain yield production of rainfed lowland rice under fertilized and nonfertilized conditions, Field Crop Res 65:57-68.
47. Jacobsen, H.B., Madsen, M.H., Christiansen, J., Nielsen, T.H., 1998. The degree of starch phosphorylation as influenced by phosphate deprivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. Potato Res. 41, 109–116.
48. Jenkins, P.D., Ali, H., 2000. Phosphate supply and progeny tuber numbers in potato crops. Annals Appl. Biol. 135, 431-238.
49. Jiao F., Wu J., Yu L., Zhai R. (2013) ^{15}N tracer technique analysis of the absorption and utilisation of nitrogen fertiliser by potatoes. Nutrient cycling in agroecosystems, 95(3), 345-351.
50. Joern, B.C, Vitosh, M.L., 1995. Influence of applied nitrogen on potato part I: Yield, quality, and Nitrogen uptake.Volume 72, Issue 1, pp 51-63.
51. Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 1996. Conservation strategies for improving soil quality and organic matter storage. In: Carter, R., Stewart, B.A. (Eds.), Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 395–420.
52. Kasal, P., Čepl, J., Vokál, B., 2010. Hnojení brambor. Praktické informace č. 28. VÚB. Havlíčkův Brod. 23 s.
53. Kasal, P. a kol., 2014. Metodika technologie pěstování brambor: se zaměřením na vyšší efektivnost hnojení a ochranu vod: uplatněná certifikovaná metodika. Vyd. 1. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský, 27 s. Praktické informace; č. 52. ISBN 978-80-86940-46-5.
54. Keller, A., Schulin, R., 2003. Modelling heavy metal and phosphorus balance for farming systems. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 66, 271-284.

55. Klement, Vladimír, Smatanová, Michaela a Trávník, Karel, 2012. Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice = Fifty years of agrochemical testing of agricultural soils in the Czech Republic; Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ = Forty years of long-term field experiments in ÚKZÚZ. Vyd. 1. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 95 s. ISBN 978-80-7401-062-0.
56. Kolbe, H., Stephan-Beckmann, S., 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. Potato Res. 40, 135–153.
57. Kołodziejczyk M., 2014. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations potato yielding. Plant soil environ. Vol. 60, No. 8: 379–386.
58. Krass, A., Marschner, H.,1982. Influence of nitrogen nutrition, day length and temperature on contents of giberrelic and abscisic on tuberization of potato plants. Potato Res 25(1):13-217.
59. Kumar, P., Pamdey, S.K., Singh, B.P., Singh, S.V., S.V., Kumar, D., 2007. Effect of nitrogen rate on growth, yield, economics and crisp quality of Indian potato processing cultivars. Am. J. Potato Res. 75, 83-90.
60. Kutnar, F., 2005. Malé dějiny brambor, Nová tiskárna Pelhřimov, spol. s.r.o.
61. Li, H., Parent, L.E., Karam, A., 2006. Simulation modelling of soil and plant nitrogen use in a potato cropping system in the humid and cool enviroment. Agric. Ecosyst. Environ. 115, 248-260.
62. Liang, J. L., Liu, Y. X., Huang, Y. Z., & Liang, B. 2009. Effects of different fertilization rates on yield and benefit of winter potato under no-tillage cultivation [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 12, 034.
63. Long, C.M., Snapp, S.S., Douches, D.S., Chase, R.W., 2004. Tuber yield, storability, and quality of Michigan cultivars in response to nitrogen management and seedpiece spacing, Am. J. Potato Res. 81, 347-357.
64. MacKay, D.C., Carefoot, J.M., Entz, T., 1987. Evaluation of DRIS procedure for assesing the nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.). Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18, 1331–1353.
65. Maier, N.A., Dahlenburg, A.P., Williams, C.M.J., 1994. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on yield, specific gravity, crisp colour, and tuber chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv Kennebec. Aust. J. Exp. Agric. 34, 813–824.

66. Maier, N.A., McLaughlin, M.J., Heap, M., Butt, M., Smart, M.K., 2002. Effect of the current season application of calcitic lime and phosphorus fertilization on soil pH, potato growth, yield, dry matter content, and cadmium concentration. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33, 2145-2165.
67. Mansour, A.S., Mohamed, B.H., Abou-Arab, A.A.K., Ahour, H.M., Gad, F.M., 2009. Evalution of some pollutant levels in conventionally and organically farmed potato tubers and their risk to human health. Food Chem. Toxicol. 47, 615-624.
68. Marinari, S; Masciandaro, G; Ceccanti, B; Grego, S, 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology, Volume 72 (1), pp 9-17.
69. Mayer, V., Kasal, P., Růžek, P., Vejchar, D. 2009. Technologie lokální aplikace minerálních hnojiv a přípravků při pěstování brambor. Praha, 49 s.
70. Mkhabela, M.S., Warman, P.R., 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. Agric. Ecosyst. Environ. 106, 57–67.
71. Micó, C., Peris M., Recatalá, L., Sánchez, J., 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere 65, 863-872.
72. Mohr, R.M., Volkmar, K., Derksen, D.A., Irvine, R.B., Khakbazan, M., McLaren, D.L., Monreal, M.A., Moulin, A.P., Tomasiewicz, D.J., 2011. Effect of rotation on crop yield and quality in an irrigated potato system. Am. J. Potato Res. 88, 346–359.
73. Motavalli, P.P., Miles, R.J., 2002. Soil phosphorus fractions after 111 years of animal manure and fertilizer applications. Biol. Fertil. Soils 36, 35–42.
74. Mozaffari, M., Sims, J.T., 1994. Phosphorus availability and sorption in an Atlantic coastal plain watershed dominated by animal-based agriculture. Soil Sci. 157, 97–107.
75. Mundy, C., Creamer, N.G., Crozier, C.R., Wilson, L.G., 1999. Potato production on wide beds: impact on yield and selected soil physical characteristics, Am.J. Potato Res. 76, 323-330.
76. Munzert M., 1985. Potassium fertilizer rates and cultivar requirements of potatoes on fertile soils. Bayerisches-Landwirtschaftiches – Jahrbuch.62(3):354- 364.
77. Németh, I., 1982. Vizsgalátok a burgony kálium kartalmának alakulására a termés függvényélen. Növenytérmes 31,. č. 5 s. 459-464.
78. Nilsen, E.T., Orcutt, D.M., 1996. The Physiology of Plants Under Stress: Abiotic Factors. John Wiley & Sons, New York, pp. 689.

79. Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 144, 31–43.
80. Oparka, K.J., Davies, H.V., Prior, Dam (1987). The influence of applied nitrogen in export and partitioning of current assimilate by field grown potato plants. Ann Bot 59(3): 311-323.
81. Ozgen, S., Palta, J. P., & Kleinhenz, M. D., 2002, August. Influence of supplemental calcium fertilization on potato tuber size and tuber number. In XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity: International Developments in Breeding, 619 (pp. 329-336).
82. Ozgen, S., Karlsson, B.H., Palta, J.P., 2006. Response of potatoes (cv russet burbank) to supplemental calcium applications under field conditions: Tuber calcium, yield, and incidence of internal brown spot. Am. J. Potato Res. 83, 195–204.
83. Paffrath, Andreas, 2007. Effect of presprouting, organic nitrogen-fertilization and copper-treatment on yield and quality of potato in organic farming. Naposledy online 14. 2. 2016 http://orgprints.org/9586/
84. Palta, J.P., 1996. Role of calcium in plant responses to stresses: linking basic research to the solution of practical problems. Hortic. Sci. 31, 51–57.
85. Palta, J.P., 2010. Improving potato tuber quality and production by targeted calcium nutrition: the discovery of tuber roots leading to a new concept in potato nutrition. Potato Res. 53, 267–275.
86. Pandey, S.K., 1969. Global researchment and development – Volume 1, p.52. Indian Potato association, Shimla, India.
87. Panique, E., Kelling, K.A., Schulte, E.E., Hero, D.E., Stevenson, W.R., James, R.V., 1997. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction. Am. Potato J. 74, 379–398.
88. Papadopoulos, I., 1992. Phosphorus fertigation of trickle-irrigated potato. Fert. Res. 31, 9–13.
89. Parton, W.J., Scurlock, J.M.O., Ojima, D.S., Schimel, D.S., Hall, D.O., 1995. Group Members SCOPEGRAM, Impact of climate change on grassland production and soil carbon worldwide. Global Change Biol. 1, 13–22.
90. Prugar, J. a kol. 1997. Kvalita rostlinných produktů. SZN, Praha
91. Reintam, E., Koster, T., 2006. The role of chemical indicators to correlate some Estonian soils with WRB and soil taxonomy criteria. Geoderma 136, 199–209.
92. Roinila, P., Vaisanen, J., Granstedt, A., Kunttu, S., 2003. Effects of different organic fertilization practices and mineral fertilization on potato quality. Biol. Agric. Hortic. 21, 165–194.

93. Rhue, R.D., Hensel, D.R., Kidder, G., 1986. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. Am. Potato J. 63, 665–681.
94. Rosen, C.J., Bierman, P.M., 2008. Potato yield and tuber set as affected by phosporus fertilization. Am. J., Potato Res. 85, 110-120.
95. Ruža A., Skrabule I., Vaivode A., 2013. Influence of Nitrogen on Potato Productivity and Nutrient Use efficiency. In Proceeding of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact and Applied Sciences (Vol. 67, No.3, pp.247-253).
96. Rybáček, V. a kol., 1988. Brambory. Praha SZN, 360 s.
97. Sapkota, T.B., Mazzoncini, M., Barberi, P., Antichi, D., Silvestri, N., 2012. Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems. Agron. Sustainable Dev. 32, 853–863.
98. Sharifi, M., Zebarth, B.J., Hajabbasi, M., 2005. Dry matter and nitrogen accumulation and root morphological characteristics of two clonal selections of 'Russer Norkotah' potato as affected by nitrogen fertilization. J. Plant Nutr. 28, 2243-2253.
99. Shahnazari, A., Ahmadi, S.H., Laerke, P.E., Liu, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2008. Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigation strategies in potatoes. Eur. J. Agron. 28, 65–73.
100. Schafleitner, R., Gutierrez, R., Espino, R., Caudin, A. Peréz, J., Martinéz, M., Domingues, A., Tincopa, L., Alvarado, C., Numberto, C., Bonierbale, M., 2007. Field screening for variation of drought tolerance in *Solanum tuberosum* L. by agronomical, physiological and genetic analysis. Potato Res. 50, 71-85.
101. Sincik, M., Turan, Z.M., Cöksoy, A.T., 2008. Responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to green manure cover crop and nitrogen fertilization rates. Am. J. Potato Res. 85, 150-158.
102. Sine, 1997. Potassium dynamics in the soil. International Potash Institute, Extension guide, Bern.
103. Singh, J. P., 1983. Dirrect effect of phosphorus and farmyard manure on potato and their residual effect. J. Indian potato Assoc. 10, č. 1-2, str. 16-23.
104. Skwierawska M., Zawartka L.,Zawadzki B., 2008. The effect of different rates and forms of sulphur applied on changes of soil agrochemical properties. Plant Soil Evniron., 54, pp 171–177.
105. Stark, J.C., Porter, G.A., 2005. Potato nutrient management in sustainable cropping systems. Am. J. Potato Res. 82, 329–338.
106. Sun, X. (1996). Encyclopaedia of Chinese agriculture-agrochemistry, China Agriculture Press, Beejiing, pp 198-201.

107. Sun, Z., Wu, Z., Chen, L., Liu, Y., 2006. Current status of nitrogen application and progress of the study on its enviromental effects in the agricultural production. Chin J Soil Sci 37(4):782-785.

108. Šrek. P., Hejcman, M., Kunzová, E., 2010. Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. Field crops research, 118(2), 183-193.

109. Rhue, R. D., 1986. Effects of K Fertilization on Yield and Leaf Nutrient Concenration of Potatoes Grown on Sandy soil. Amer. Potato J., 63, č. 12 str. 665-681

110. Trávník, Karel a kol., 2003. 30 let dlouhodobých výživářských pokusů. 1. vyd. [Brno]: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin, 52 s. ISBN 80-86548-43-0.

111. Tein B., Kauer K., Eremeev V., Luik A., Selge A., Loit E., 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. Field crops reasearch, 118(2), 183-193.

112. Trehan, S.P., Sharma, R.C., 2002. Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as releated to root and shoot parameters. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33, 1813–1823.

113. Torma, S., 1990.Vzťah draslíka v půdě k niektorým kvalitatívnym parametrom zemiakov. Úroda 38, č. 8, str. 368-370.

114.Ukom, A. N., Ojimelukwe, P. C., & Okpara, D. A., 2009. Nutrient composition of selected sweet potato [Ipomea batatas (L) Lam] varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilizer application. Pakistan Journal of Nutrition,8(11), 1791-1795.

115. van Bruggen, A.H.C., Semenov, A.M., 2000. In Search of biological indicators for soil health and disease suppression. Appl. Soil Ecol. 15, 13–24.

116. van Delden, A. 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. Agron. J., 93, 1370-1385.

117. van Evert, F.K., Booij, R., Jukema, J.N., ten Berge, H.F.M., Uenk, D., Meurs, E.J.J., van Geel, W.C.A., Wijnholds, K.H., Slabbekoorn, J.J., 2012. Using crop reflectance to determine sidedress N rate in potato saves N and maintains yield. Eur. J. Agron. 43, 58–67.

118. van Oort, P.A.J., Timmermans, B.G.H., Meinke, H., van Ittersum, M.K., 2012. Key weather extremes affecting potato production in The Netherlands. Eur. J. Agron. 37, 11–22.

119.Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.

120. Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valenta, J., 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia Praha, 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.
121. Vokál, B. (ed.), 2000. Brambory. Agrospoj. Praha. 245 s.
122. Vokál, B. a kol.,2003. Pěstujeme brambory. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 103 s.
123. Vokál, B. a kol., 2004. Pěstování brambor. Praha: Agrospoj, 261 s., [14] s. barev. obr. příl. ISBN 80-239-4235-2.
124. Vokál, B., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Hausvater, E., Rasocha, V., Diviš, J., Hamouz, K. 2004. Technologie pěstování brambor (Rozhodovací systém pro optimalizaci pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor). ÚZPI. Praha. 91 s. ISBN: 80-7271-155-5.
125. Vos, J., 1996. Input and off take of nitrogen, phosphorus and potassium in cropping systems with potato as a main crop and sugar beet and spring wheat as subsidiary crops. Eur. J. Agron. 5, 105–114.
126. Vránková D., 1992. Vliv rozdílných agroekologických podmínek na účinek draselného hnojení u raných brambor. Hrušovany u Brna., 17str.
127. Wang, J., 1994. Effects of different nitrogen application levels on potato, Potato mag 8(2):76-80.
128. Wang, Z.H., Li, S.X., Malhi, S., 2008. Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. J. Sci. Food Agric. 88, 7–23.
129. Warman, P.R., Havard, K.A., 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agric. Ecosyst. Environ. 68, 207–216.
130. Wei, X., Mingde H., Mingan, S., William J. G., 2006. Changes in soil properties and the availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization. Volume 91, Issues 1–2, 120–130.
131. Wen, X., Yao, Y., 1991. Application advancement of isotopic tracer technique in agriculture. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, pp 123-127.
132. Westermann, D.T., James, D.W., Tindall, T.A., Hurst, R.L., 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. Am. Potato J. 71, 433–453.
133. Westermann, D. T. a kol., 1994. "Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity." American Potato Journal 71.7: 417 - 431.
134. White, P.J., Bradshaw, J.E., Finlay, M., Dale, B., Ramsay, G., Hammond, J.P., Broadley, M.R., 2009. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. Hortic. Sci. 44, 6–11.
135. White, P.J., Broadley, M.R., 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92, 487–511.

136. White, P.J., Broadley, M.R., 2009. Biofortication of crops with seven mineral elements often lacking in human diets-iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. New Phytol. 182, 49–84.
137. Wszelaczynska, E., Poberezny, J., Janowiak, J., & Spychaj-Fabisiak, E., 2014. Effect of organic and nitrogen fertilization on selected components in potato tubers grown in a simplified crop rotation. Journal of Elementology,19(4).
138. Xie, X., Wang, S., Zhang, Q., 1989. Application of nuclear technique in agriculture. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, pp 123-127.
139. Yang, R., Zhang, S., Wang, S., 2011. Effects of NPK combination on dry matter accumulation and yield of potato. J Anhui Agric Sci 39(7): 3871-3874.
140. Yu, D., Debao, T., Peiyi, Z., & Huanchun, L., 2008. Effect of Fertilizer and Nutrient Use Efficiency on Potato in Inner Mongolia [J]. Chinese Potato Journal, 4, 004.
141. Yunling, C., Tianwen, G., & Chengbao, W., 2006. Balanced Fertilization and K Effect on Potato. Chinese Potato Journal, 20(6), 332.
142. Zebart, B.J., Arsenault, W.J., Sanderson, J.B, 2006. Effect of seedpiece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components, and nitrogen use efficiency parametres of two potato cultivars. Am. J. Potato Res. 83, 289-296.
143. Zebarth, B.J., Drury, C.F., Tremblay, N., Cambouris, A.N., 2009. Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: a review. Can. J. Soil Sci. 89, 113–132.
144. Zelalem, A., Tekalign, T., Nigussie, D., 2009. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia. African Journal of Plant Science, 3: 16–24.
145. Zhang, B., Gao, J., Liu, K., Sheng, J., 2003. Absorption, accumulation and distribution laws of nitrogen in potato. Chin Potato J 17(4):93-198.
146. Zhao, Q., 2003. Development and innovation of modern soil science. Acta Pedol Sin 40(3):321-327.
147. Zheng, S., Li G., Yang, S., Yuan, J., Iao, K., 2009. Effects of nitrogen aplication level and ratio of topdressing nitrogen on growth period and dry matter accumulation of winter potato. J Sichuan Agric Univ 27(3):370-374.
148. Zhou, L., Yu, W., Shen, S., 2008. Application of stable isotope ^{15}N in agricultural research. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica 22(4):544-549.