

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Vliv hnojení na výnos hlíz brambor

Bakalářská práce

Autor práce: Václav Mikula

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

Konzultant: Ing. Jakub Kovářík

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv hnojení na výnos hlíz brambor" 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 4. dubna 2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jindřichu Černému Ph. D. a Ing. Jakubovi Kovářikovi za vedení, ochotu a nápomoc při řešení problematiky této bakalářské práce.

Vliv hnojení na výnos hlíz brambor

Souhrn

Brambory jsou celosvětově čtvrtou nejdůležitější plodinou pro lidskou výživu, po rýži, pšenici a kukuřici. V České republice má pěstování brambor dlouhou tradici a velký potravinářský význam. V posledních letech došlo k významnému poklesu ploch a rozloha se nyní ustálila na necelých 30 tis. ha, a průměrný výnos na 20 t.ha⁻¹. Experimentálně bylo u brambor dosaženo výnosů až 120 t.ha⁻¹ a tím pádem mohou hrát důležitou roli při řešení nedostatku potravin.

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv různých hnojiv na výnos hlíz brambor v odlišných půdně-klimatických podmínkách. V práci byla vyhodnocena data z dlouhodobého stacionárního pokusu s rotací plodin, který byl založen na podzim roku 1996 na pěti stanovištích s různými půdně klimatickými podmínkami. Stanoviště hodnocená v této bakalářské práci byla Humpolec, Hněvčeves a Suchdol. V rámci pokusu jsou střídány na stanovištích 3 plodiny ve sledu: brambory, ozimá pšenice a jarní ječmen, s různým způsobem hnojení, kdy jsou využívány organická hnojiva, minerální hnojiva a jejich kombinace. Na šesti rozdílných variantách je aplikován čistírenský kal, hnůj, dusík se slámou, poloviční dávka hnoje s dusíkem, NPK a dusík. Na stanovišti Suchdol jsou navíc ještě varianty NP, PK, NK.

Na stanovišti Suchdol poskytly největší výnosy varianty Hnůj (22,8 t.ha⁻¹) a NPK (22,3 t.ha⁻¹) a zaznamenaly tak nárůst oproti nehnojené kontrole o 8,1 %, respektive o 5,7 %. Velmi malé rozdíly mezi variantami byly pravděpodobně způsobeny vysokou půdní úrodností. Na stanovišti Humpolec došlo ke zvýšení výnosu ve srovnání s kontrolou o 34,5 % s výnosem 19,5 t.ha⁻¹ a u varianty pouze dusíkem o 22,8 % s výnosem 17,8 t.ha⁻¹. Nejmenší výnos poskytl Hnůj, a ve srovnání s Kontrolou zaznamenal o 9,7 % nižší výnos. V Hněvčevsi byl zaznamenán nejvyšší výnos u varianty NPK (28,0 t.ha⁻¹) a varianty N + sláma (25,9 t.ha⁻¹). Došlo tak k navýšení výnosu oproti Kontrolě o 129,5 %, respektive 112,3 %.

Mezi tři varianty s nejvyšším výnosem na každém stanovišti vždy patřila varianta hnojená poloviční dávkou hnoje a minerálním dusíkem k předplodině. S ohledem na rozdílné půdně-klimatické vlastnosti bylo dosaženo nejvyšších výnosů při aplikaci různých hnojiv, na stanovišti Suchdol při aplikaci hnoje, v Humpolci při aplikaci kalu a v Hněvčevsi při aplikaci NPK.

Klíčová slova: brambory, výnos, organická hnojiva, minerální hnojiva, dlouhodobý polní pokus

The effect of fertilization on potato tuber yield

Summary

Potatoes are the fourth worldwide most important crop for human nutrition after rice, wheat and maize. In the Czech republic growing of potatoes has a tradition and a huge food significance. In last years important decline of growing areas have taken place and the area has stabilized on a little less than 30 000 ha, and average yield on 20 t.ha⁻¹. Experimentally was achieved yield of 120 t.ha⁻¹ thus the potatoes can perform important part in solving shortage of food.

The aim of this thesis was to evaluate the impact of different fertilizers on potato tuber yield under different soil-climatic conditions. This thesis is a part of long-term stationary experiments which was established in 1996 on five sites with different soil-climatic conditions, but deals only with Suchdol, Humpolec and Hněvčeves. Three crops (potatoes, winter wheat, spring barley) are rotated on each site within the experiment under different fertilizers, using organic fertilizers, mineral fertilizers and the combination of them.

In Suchdol site the biggest yields were obtained in the Manure (22,8 t.ha⁻¹) and NPK (22,3 t.ha⁻¹) plots and resulted in higher yield by 8,1 % and by 5,7 % over control, respectively. Small differences were probably caused by high natural soil fertility. In Humpolec application of sewage sludge and nitrogen resulted in yield higher by 34,5 % (yielding 19,5 t.ha⁻¹) and by 22,8 % (yielding 17,8 t.ha⁻¹) over control. The lowest yield was obtained after application of manure, yield declined by 9,7 % under control. In Hněvčeves application of NPK and N+straw resulted in higher yield by 129,5 % (yielding 28,0t.ha⁻¹) and by 112,3 % (yielding) over control, respectively.

Plots fertilized by the half dosage of manure and nitrogen to preceding crops always belonged to top 3 plots. Due to different soil-climatic conditions diverse fertilizers can be recommended. Manure for Suchdol site, sewage sludge for Humpolec and NPK for Hněvčeves.

Keywords: potato, yield, organic fertilizers, mineral fertilizers, long-term stationary experiment

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	3
3 Přehled literatury	4
3.1 Historie brambor	4
3.2 Produkce brambor ve světě	5
3.3 Produkce brambor v ČR	5
3.4 Botanická charakteristika druhu <i>Solanum tuberosum</i>	6
3.5 Užitkové směry a jejich význam	7
3.5.1 Konzumní brambory	7
3.5.2 Průmyslové brambory.....	8
3.5.3 Sadbové brambory.....	8
3.5.4 Krmné brambory.....	9
3.6 Výnosotvorné prvky brambor	9
3.6.1 Počet stonků na trs nebo na plochu	9
3.6.2 Počet hlíz na trs nebo stonek.....	9
3.6.3 Hmotnost jedné hlízy.....	10
3.7 Nároky brambor na stanoviště	11
3.7.1 Nároky na abiotické faktory.....	11
3.7.2 Nároky na živiny.....	15
4 Materiál a metody	30
4.1 Dlouhodobý stacionární pokus KAVR	30
4.2 Dávky živin v aplikovaných hnojivech	31
4.3 Průměrné dávky sušiny, sušina a obsahy živin v org. hnojivech	32
4.4 Půdně klimatická charakteristika stanovišť	32
4.4.1 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Suchdol	32
4.4.2 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Humpolec.....	33
4.4.3 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Hněvčeves	33
4.5 Charakteristika odrůdy použité k pokusu	34
4.6 Polní deník	34
4.7 Odběr vzorků a hodnocení	36
4.8 Analytická stanovení	36
5 Výsledky	37
5.1 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Suchdol	37
5.2 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Humpolec	38
5.3 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Hněvčeves	39

5.4	Průměrný počet hlíz na trs, velikost a hmotnost na stanovišti Suchdol	40
5.5	Obsah dusíku na stanovišti Suchdol	42
5.6	Obsah dusíku na stanovišti Humpolec.....	43
5.7	Obsah dusíku na stanovišti Hněvčeves	44
5.8	Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Suchdol	45
5.9	Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Humpolec.....	46
5.10	Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Hněvčeves	47
5.11	Bilance dusíku	48
5.11.1	Bilance dusíku na stanovišti Suchdol	48
5.11.2	Bilance dusíku na stanovišti Humpolec	49
5.11.3	Bilance dusíku na stanovišti Hněvčeves	50
6	Diskuze.....	51
7	Závěr.....	55
8	Seznam literatury.....	56

1 Úvod

Brambory jsou celosvětově čtvrtou nejdůležitější plodinou pro lidskou výživu, po rýži, pšenici a kukuřici a jsou pěstovány v téměř 150 státech světa. Roční světová produkce brambor dosahuje 320 milionů tun, na níž se evropské státy podílí přibližně jednou pětinou. Z evropských pěstitelů má největší produkční plochy Polsko s přibližně 600 tis. ha, druhé místo zaujímá Německo s 280 tis. ha a třetí Francie s plochou 160 tis. ha.

Pěstování brambor má v České republice tradici, která sahá do 17. století, kdy se brambory objevily na našem území. Od počátku jejich pěstování a potravinářského využití byly označovány jako „druhý chléb“. V 18. století dochází k významnému rozšíření pěstování, především do podhorských oblastí. Ve druhé polovině 19. století se objevuje velké množství nových odrůd. Historicky plochy brambor kolísaly, avšak ještě v roce 1993 měla Česká republika 102,8 tis. ha brambor. Od té doby plochy stále klesaly, až do roku 2007, kdy se situace relativně stabilizovala. V hospodářském roce 2013/2014 činila plocha osázená bramborami 29,3 tis. ha.

Pro lidskou výživu jsou brambory významné především vysokým obsahem vitamínu C, A a vitamínů skupiny B, dále také minerálních látek ve formě solí, které z brambor vytváří zásaditou potravinu, důležitou pro neutralizaci přebytečných kyselin. Doporučená denní dávka brambor na osobu by měla dosahovat 300 g, což odpovídá roční spotřebě 110 kg hlíz, která ale v současné době dosahuje pouze 70 kg.

S rostoucí světovou populací bude nutné zajistit dostatečnou produkci potravin. V České republice dosahují průměrné výnosy přibližně 20 t.ha⁻¹, celosvětově přibližně 17 t.ha⁻¹, avšak experimentálně bylo dosaženo výnosů až 120 t.ha⁻¹ a proto je možné se domnívat, že by brambory mohly být potravinou, která napomůže vyřešit problém s nedostatkem potravin. Jedním z nejdůležitějších faktorů, který se na výnosu podílí, je právě výživa, a proto je důležité hledat optimální varianty hnojení pro dosažení maximálních výnosů.

Brambory jsou náročné především na makroživiny dusík, fosfor a draslík. V minulosti byly tyto živiny dodávány především ve formě organických hnojiv. V současné době jsou nahrazovány hnojivy minerálními, i z důvodu snížené produkce organických hnojiv způsobené úbytkem hospodářských zvířat na území České republiky. Role organických hnojiv je však i pro svůj pozitivní vliv na půdní vlastnosti významná a jsou snahy nahradit klasická organická hnojiva, jejichž produkce klesá, hnojivy jinými, například čistírenskými kaly, či slámou obilnin.

2 Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv různých hnojiv (organických, minerálních a jejich kombinací) na výnos hlíz brambor v odlišných půdně-klimatických podmínkách, a potvrdit nebo vyvrátit hypotézy.

Hypotézy:

- 1) Při stejných dávkách živin bude nižší výnos hlíz u pokusů s organickými hnojivy než u pokusů s minerálními hnojivy.
- 2) U variant s komplexním hnojením základních živin, při dostatečných dávkách, bude výnos hlíz vyšší než při deficienci jedné ze základních živin.
- 3) Počet hlíz bude nejvyšší u variant bez absence základních živin s jejich dostatečnou aplikací.

3 Přehled literatury

3.1 Historie brambor

Z kulturních rostlin dovezených do Evropy po objevení Ameriky byl u nás dříve znám tabák a kukuřice než brambor. Přesto tato obdivuhodná zahradní a polní plodina měla nezastupitelnou roli v historii evropského zemědělství, potravinářství a zdravotnictví (Rybáček et al., 1988).

Příčiny byly patrně v nezvyklosti jedlé části rostliny, ve skutečnosti, že se hlízy vytvářely v zemi, kdežto u jiných plodin jejich požitelné části vznikaly zcela jinak, vytvářely se jako plody nad zemí opylením a růstem semeníku. Kuriozita podzemních hlíz tu nesporně působila určitý odpor, třebaže evropská lidová kuchyň znala obdobu požitelných podzemních nebo v zemi se vytvářejících rostlinných částí u jedlé řepy (Kutnar, 2005).

Evropané objevili brambory až v první polovině 16. století. Byly to však brambory z horské, rovníkové oblasti v bývalé říši Inků. Byl to především druh *Solanum andigenum* se svými četnými odrůdami, které vytváří hlízy jen za krátkého dne. Teprve později byl z oblasti pobřeží Chile dovezen do Evropy druh *Solanum tuberosum*, který se stal základem evropských brambor (Vokál et al., 2003).

Do Čech se dle Vokála et al. (2003) brambory dostávají v polovině 17. století, ale až po 100 letech dochází k jejich většímu pěstování, neboť se uplatnily jako vhodná potrava pro lidi a pro dobytek. Pěstování brambor se omezovalo převážně na chudší podhorské a horské kraje. Ve druhé polovině 19. století se objevuje velké množství nových odrůd. Po první světové válce nastává intenzivní činnost v našem bramborářství. V pěstování se činnost soustřeďuje na zdokonalení agrotechniky, na odrůdy a na výrobu sadby. Tato činnost se soustřeďuje v Německém Brodě (dnes Havlíčkův Brod) a vyúsťuje ve vybudování speciální bramborářské stanice ve Valečově, šlechtitelské stanice v Keřkově a šlechtitelské stanice pro průmyslové brambory ve Slapech u Tábora (Rybáček et al., 1988).

3.2 Produkce brambor ve světě

Pěstování brambor má ve světě stále důležité postavení v zemědělské výrobě. Z pohledu významnosti pro výživu lidí jsou brambory čtvrtou nejdůležitější plodinou po pšenici, rýži a kukuřici (Love et al., 2003).

Roční světová produkce brambor dosahuje úrovně 320 mil. tun. Z celkového množství tvoří přibližně 61 % produkce Asie a zemí bývalého SSSR, 22 % Evropy a 11 % Severní a Jižní Ameriky. Nejvyššího průměrného hektarového výnosu dosahují v pětiletém průměru pěstitelé ve Velké Británii ($45,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), Na Novém Zélandu ($44,25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a ve Francii ($43,18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Z evropských pěstitelů se na první místo podle velikosti produkčních ploch řadí Polsko s přibližně 600 tis. ha, druhé místo zaujímá Německo s 280 tis. ha a třetí Francie s plochou 160 tis. ha. V zemích EU 25 dochází k mírnému snižování produkčních ploch (Hamouz et al., 2008).

3.3 Produkce brambor v ČR

Zemědělská výroba v prvních letech transformace výrazně poklesla. Z důvodu působení různých vlivů, např. liberalizace cen a zahraničního obchodu, privatizace, zrušení spotřebitelských subvencí na potraviny, ztráty tradičních trhů v rámci bývalé RVHP apod., došlo k značnému tlaku na zemědělství. Oproti vstupům do výroby ceny zemědělských výrobců stagnují. Hrubá zemědělská produkce poklesla v roce 1998 oproti roku 1989 o 28,2 %. Tato situace se odráží i v pěstování brambor (Vokál et al., 2000).

Plocha brambor v ČR od roku 1993 do roku 2007 výrazně poklesla. Výnosy nedosahují úrovně vyspělých bramborářských zemí Evropy a jsou nestabilní. Hlavní příčinou kolísání výnosů je kolísající úhrn využitelných srážek v průběhu vegetace. Podíl zavlažovaných ploch, na kterých je dosažováno vysokých a stabilních výnosů, je malý. Problémem je dlouhodobé kvalitní uskladnění produkce do jarních měsíců. Dovoz syrových brambor ročně silně kolísá v závislosti na dosaženém výnosu. Dovoz výrobků z brambor má narůstající tendenci a je přibližně 3x větší než vývoz (Hamouz et al., 2008).

V době vzniku samostatné České republiky v roce 1993 bylo v ČR osázeno bramborami 102,8 tis. ha. Od té doby došlo k velmi výraznému poklesu ploch. V ČR nebylo postupné snižování produkčních ploch konzumních brambor pouze důsledkem poklesu jejich spotřeby pro lidskou výživu ovlivněné lepším využitím brambor v domácnostech (méně ztrát po nákupu ošetřených balených brambor) a zvyšující se spotřebou brambor na výrobky a polotovary. S růstem hektarových výnosů roste také produkce, a tím i nabídka. Se zlepšujícím se zdravotním stavem brambor při pěstování, efektivní přípravou brambor pro konzumní užití (skladování, třídění, praní, kartáčování, balení) a zpracování brambor na výrobky a polotovary se zlepšuje výtěžnost a klesají ztráty. Trend poklesu ploch se v roce 2007 zastavil a podle prognóz by pod tuto výměru už plochy klesat neměly. I tak celková produkce brambor při zohlednění poměrně vyrovnané bilance dovozu a vývozu znamená snížení spotřeby na obyvatele z původních 90 kg v 80. letech až na současných 70 kg (Hamouz et al., 2008).

V České republice v hospodářském roce 2013/2014 pokračoval trend snižování produkční plochy brambor. Meziročně klesly produkční plochy brambor celkem (se zápočtem ploch domácností) o 2,6 % na 29,3 tis. ha. Z důvodu snížení produkční plochy a hektarového výnosu se snížila produkce brambor o 19,6 % na 647 tis. tun. Zmíněné snížení produkční plochy brambor celkem se týkalo v roce 2013/2014 především ploch raných brambor, u kterých došlo ke snížení výměry o 18,4 % na 2,1 tis. ha a výnosu na $14,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a brambor sadbových, u kterých došlo ke snížení produkční plochy o 4,2 % na 3,1 tis. ha a ke snížení výnosu o 17,4 % na $19,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Baudisová, 2014).

3.4 Botanická charakteristika druhu *Solanum tuberosum*

Lilek brambor (*Solanum tuberosum*) je jednoletá bylina, která dorůstá do výšky až 100 cm a produkuje hlízy, také nazývané brambory, tak bohaté na škrob, díky čemuž patří mezi čtyři nejvýznamnější světové plodiny (po kukuřici, pšenici a rýži). Brambory patří do čeledi lilkovitých a sdílí rod lilek s dalšími minimálně tisíci dalšími druhy, zahrnující například rajče a baklažán. Lilek brambor je rozdělen do dvou, drobně se lišících, poddruhů: *andigena*, který je adaptován na podmínky krátkého dne a je pěstován především v Andách, a *tuberosum*, brambor pěstovaný

v současné době po celém světě, který pochází z introdukce poddruhu *andigena* do Evropy, který se později adaptoval na delší délku dne (FAO, 2008).

U brambor vyrůstá stoněk na začátku každého vegetačního období z hlízy z předchozího roku, která je známá jako mateřská hlíza. Hlíza brambor je přeměněná podzemní část stonku, nikoliv zduřelý kořen. Bramborová očka na hlízách jsou pupeny stonku, podobné pupenům na uzlinách stonku. Každá hlíza má několik oček a každé oko je schopné produkovat stoněk. Mladá rostlina čerpá počáteční živiny z mateřské hlízy, která brzy usychá. Tato rostlina produkuje kořeny, které se vytváří na bázi rostliny, vzdušné stonky a podzemní horizontální stolony, vznikající nad kořeny blízko báze vzdušných stonků. Jak rostlina roste, stolony na svých koncích tloustnou a vytváří nové hlízy (Spooner et Salas, 2006).

Hranatá lodyha je bohatě větvená, 60-100 cm vysoká, přímá nebo poléhavá. Listy jsou přetrhovaně lichozpeřené a řapíkaté. Čepel je v obrysu eliptická, nejčastěji 30-50 cm dlouhá. Jednotlivé lístky jsou vejčité a celokrajné. Řapík má na bázi okrouhlé úkrojky podobné palistům. Lodyha i listy jsou krátce chlupaté. Zelený kalich je 5-10 mm velký, s pěti kopinatými špičatými cípy. Kolovitá koruna je přibližně 25-35 mm velká, nejčastěji bílá nebo růžová (někdy i fialová) se žlutooranžovými prašníky. Plodem je zelená až žlutozelená bobule, která je 20-40 mm velká s bílými ledvinovitými semeny (Jašková, 2008).

3.5 Užitkové směry a jejich význam

1.5 Užitkové směry a jejich význam

Využití bramborových hlíz můžeme rozdělit do několika užitkových směrů, a to na:

- a) konzumní brambory
- b) průmyslové brambory
- c) sadbové brambory
- d) krmné brambory

3.5.1 Konzumní brambory

Současná spotřeba bramborových hlíz na obyvatele se pohybuje kolem 79 kg, což je oproti dřívějším letům značný pokles. Výhodou brambor je jejich dostupnost a široké rozšíření jako zemědělské plodiny. Na druhé straně jsou hlízy velmi citlivé

na skladování, což má za následek značné ztráty. Nevýhodou pro spotřebitele, zejména domácnosti, je pracnost při úpravě brambor a současně i nedostatek vhodných skladovacích prostorů (Rybáček et al., 1988).

Samozřejmostí se stává praní konzumních brambor, jejich dokonalé zabalení a označení, a to včetně uvedení odrůdy a varného typu. Postupně se snižuje rozsah tzv. zimního předzásobení. Trh je i v zimních měsících zásoben ranými konzumními bramborami z dovozu. Naši pěstitelé nabízí rané konzumní brambory již od poslední dekády května (Vokál et al., 2003).

Brambory nejsou jen oblíbenou a chutnou potravinou, jsou zároveň i potravinou velmi hodnotnou, obsahují totiž řadu nutričně významných látek. Bez nadsázky můžeme říci, že brambory jsou nejlepším potravinovým koncentrátem na světě a zároveň levným zdrojem energie a nutričně významných látek. Čerpáme z nich asi 14 % pokrmové energie. Jsou bohaté na minerály, vitamíny, bílkoviny a jsou téměř bez tuku (Čepl et al., 2014).

3.5.2 Průmyslové brambory

Samostatným úsekem využití brambor je průmyslové zpracování brambor na škrob a líh. Škrob i líh totiž tvoří důležitou výchozí surovinu pro řadu potravinářských výrob, vedle dalšího využití v národním hospodářství. K výrobě škrobu i lihu se využívají především tzv. průmyslové brambory, které se k přímému konzumu pro vysoký obsah sušiny nehodí (Rybáček et al., 1988).

3.5.3 Sadbové brambory

Sadbové brambory jsou životně důležité pro zdraví bramborového odvětví. Vzhledem k tomu, že jsou brambory rozmnožovány vegetativně, onemocnění mateřské rostliny jsou přenášeny na další generace. Pěstitelé brambor, kteří se specializují na produkci sadby, jsou obvykle umístěni v chladném klimatu, kde zima ničí choroboplodné zárodky. Sadbové farmy jsou často izolovány od komerčních bramborových farem, které by mohly být zdrojem nemocí (Guenthner, 2001).

3.5.4 Krmné brambory

Brambory nejsou u nás ke krmným účelům přímo pěstovány, ale je využíván odpad ze třídění sadbových a konzumních brambor, případně přebytky (Šantrůček et al., 2007).

Vedle odpadních netržních brambor vznikají při tržní úpravě stolních brambor a výrobě potravinářských výrobků odpady z loupání nebo škrabání-slupky a výkrojky-jako směs různých velikostních frakcí (Rybáček et al., 1988).

3.6 Výnosotvorné prvky brambor

3.6.1 Počet stonků na trs nebo na plochu

Počet stonků na trs je závislý na počtu oček na hlíze a na počtu klíčků. Počet stonků na plochu záleží též na počtu vysázených hlíz a jejich vzejití. Počet stonků je odrůdově typická vlastnost, ačkoliv vysoce variabilní. Je nejméně ovlivňován jak přirozeným, tak i modifikovaným prostředím a i ročníkem. U normální velikosti sadbového materiálu zjišťujeme podle podmínek pěstování rozdíly u některých odrůd v rozmezí od 2 do 10 stonků (Rybáček et al., 1988).

Podle Starka et Westermanna (2003) ovlivňuje množství bramborové natě především dusík, který by i proto měl být na počátku vegetace dostupný v dostatečné míře, aby umožnil uspokojivý rozvoj nadzemní části.

3.6.2 Počet hlíz na trs nebo stonek

Počet hlíz na trs nebo stonek závisí na genetickém základu odrůdy, počtu stonků, průběhu počasí v období nasazování hlíz a na chorobách a škůdcích. Srovnají-li se trsy se stejným počtem stonků, vykazuje počet hlíz na stonek pouze nepatrné kolísání v rámci jedné odrůdy. Počet hlíz na trs u se našich odrůd pohybuje v rozmezí od 9 do 25 a počet hlíz na stonek od 1,5 do 5. Počet hlíz můžeme ovlivnit vlastní organizací porostu. V hustších porostech nad 60 tisíc trsů na 1 ha jsou hlízy dříve nasazovány a dříve dosahují konečného počtu, ale počet hlíz na 1 trs je nižší než v porostech méně hustých (do 40 tisíc trsů) (Rybáček et al., 1988).

Rozložení sadby hustší než je optimální má podobný efekt na růst hlíz jako má vysoké fyziologické stáří sadby. V tom případě zvyšuje hustotu hlíz v poměru k velikosti nadzemní hmoty, čímž snižuje fotosyntetickou kapacitu k růstu hlíz. Ačkoliv celkový výnos nemusí být snížen, tempo růstu hlíz každé jednotlivé hlízy se sníží, což vyústí v menší hlízy a nižší výnos prodejných hlíz. Naopak řidší rozložení může prodloužit čas, kdy roste nadzemní hmota, což redukuje zásobování hlíz uhlovodíky. Optimální plošné rozložení záleží na odrůdě (Dwelle, 2003).

Stark et Westermann (2003) publikovali, že adekvátní množství dostupného fosforu je důležité pro správný vývoj rostliny v raných fázích růstu a pro zakládání hlíz. Rozbory rostlin na obsah fosforu by měly, z důvodu významného vlivu této živiny na výnos, začít při, anebo krátce po zakládání hlíz. Govindakrishnan et Havekort (2006) uvádí, že je výnos, skrze vliv na počet hlíz a jejich velikost, ovlivňován aplikací fosforu a draslíku.

3.6.3 Hmotnost jedné hlízy

Hmotnost jedné hlízy prakticky určuje hospodářský výnos. Z výnosotvorných prvků je nejvíce ovlivňována přirozeným a modifikovaným prostředím i ročníkem. Plná realizace tohoto prvku je možná jen za optimálních ekologických podmínek a při vhodné struktuře všech výnosotvorných prvků, ať již je dána genetickým založením konkrétní odrůdy nebo organizací porostů (Rybáček et al., 1988).

Dusík má velký vliv na tvorbu nadzemní biomasy a tím souvisí i výnos hlíz (Vaněk et al., 1998). Nadbytek dusíku podle Starka et Westermann (2003) před zakládáním hlíz může zpozdit růst hlíz o 2 až 3 týdny a tím i snížit celkový výnos. Toto tvrzení doplňují Rybáček a kol (1988), kteří uvádí, že nadměrné hnojení draslíkem má za následek, společně s dusíkem, bohatý růst natě. Průměrný celkový asimilační výkon se zvyšuje, oproti tomu klesá čistý asimilační výkon a tím pádem se část vytvořených cukrů, která je v trsu k dispozici pro tvorbu hlíz, prodýchá.

Podíl hlíz v jednotlivých velikostních kategoriích je rozdílně ovlivněn výživou fosforem a draslíkem. Fosfor snižuje zastoupení hlíz v kategorii velkých a středních, ale zvyšuje podíl malých hlíz. Aplikace draslíku působí naopak, a tedy zvyšuje

zastoupení velkých a středních hlíz a snižuje podíl malých hlíz. (Govindakrishnan et Havekort, 2006)

3.7 Nároky brambor na stanoviště

Brambory pro konzumní a průmyslové účely se dají pěstovat ve všech výrobních oblastech. Typicky bramborářské jsou všechny lehčí až středně těžké půdy s dobře propustnou spodinou, slabě kyselou půdní reakcí pH 5,5 - 6,5, s dobrou úrovní staré půdní síly (pozemky pravidelně hnojené organickými hnojivy, převážně drobtovité struktury, humózní), s hloubkou ornice nejméně 15 cm. V podmínkách České republiky jsou výnosově nejspolehlivější půdy písčitohlinité až hlinité (středně těžké). V oblastech s vyššími srážkami nebo na zavlažovaných půdách jsou výhodnější strukturní půdy hlinitopísčité (lehké), které poskytují nejlepší stolní hodnotu hlíz (Hamouz, 1994).

3.7.1 Nároky na abiotické faktory

Z hlediska klimatoekologických nároků náleží odrůdy evropského bramboru mezi rostliny mírného pásu. Nejlépe jim vyhovuje přímořské klima, tedy klima s vyšší vzdušnou vlhkostí. V přechodném a vnitrozemském klimatu se klimatoekologickým nárokům přibližují pouze vyšší polohy, pokud mají časté srážky a vyšší vlhkost vzduchu. Ve vyšších polohách jsou však větší teplotní rozdíly mezi dnem a nocí. Klimatické podmínky se u nás výrazně mění se stoupající nadmořskou výškou (Rybáček et al., 1988).

3.7.1.1 Nároky na půdu

Typickými bramborářskými půdami jsou půdy lehké až střední s propustnou spodinou. Písčité půdy je vhodná, pokud obsahuje 8 – 10 % jílovitých částic a humusu. Hlinitopísčité půdy s obsahem 10 – 20 % jílovitých částic se hodí lépe, čím jsou hlubší a vespodu vlhčí. Těžké půdy jsou vhodné tím méně, čím jsou uléhavější, těžší a zamokřenější (Vokál et al., 2004).

3.7.1.1.1 Obsah humusu a organických látek

V průběhu věků byla organická hmota považována za klíčový faktor v půdní úrodnosti a produktivitě, současná zemědělská (hnojivářská) praxe nedokáže ocenit roli (půdní) organické hmoty (Hofman et Salomez, 2000).

Obsah humusu by měl být minimálně 2%. Souvisí to i s požadavkem na přístupnost živin, která se zvětšuje se zvyšujícím se obsahem kvalitního humusu. V takových podmínkách pak nejsou problémy s přirozeným obsahem živin v rámci staré půdní síly (Vokál et al., 2003).

Hofman et Salomez (2000) uvádějí, že tvorba povrchové krusty a náchylnost půdy k erozi jsou důsledkem nedostatečné stability půdních agregátů. Nestabilita agregátů a tvorba povrchové krusty souvisí s obsahem organických látek v půdě.

3.7.1.1.2 Půdní reakce

Půdní reakce výrazně ovlivňuje výživu rostlin a půdní úrodnost. Má vliv na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Působí na rozpustnost a dostupnost živin, makroelementů i mikroelementů, na sorpci kationtů a aniontů, přítomnost toxických látek, sloučenin a iontů (např. Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+}), na složení a činnost půdních mikroorganismů a také na enzymatické pochody v rostlinných buňkách (Rybáček et al., 1988).

Bramborům nejlépe vyhovuje kyselá půdní reakce s pH 5,5 – 6,5. Z hlediska výnosu hlíz nedochází k poklesu ani při nižších hodnotách kolem 4,8 pH. Brambory daleko lépe snášejí kyselejší půdy než zásadité. Navíc v zásaditých půdách vzrůstá nebezpečí výskytu strupovitosti (Vokál et al., 2003).

3.7.1.1.3 Utužení půdy

Utužené vrstvy půdy jsou typickým výsledkem nadměrné kolové dopravy nebo nákladů s těžkými nápravami. Vznikají, především když technika operuje na mokřích půdách. Utužení půdy může významně snížit produkci brambor. Utužené půdy překáží kořenům a hlízám brambor, protože zvyšují mechanický odpor půdy. Utužení také zvyšuje množství energie, která je potřebná pro vývin rostliny a prodlužování kořenů a snižuje schopnost rostliny přijímat vodu a živiny (Stark, 2003).

3.7.1.1.4 Zasolení půdy

K zasolení půd dochází v důsledku přírodních podmínek stejně jako v důsledku nevhodného vodního hospodářství, vývoje půd a také někdy nadměrného používání hnojiv. V podmínkách s nízkým zasolením nejsou pravděpodobně

metabolické procesy a růst rostliny ovlivněny, díky tomu, že jsou rostliny schopny se osmoticky přizpůsobit. Když jsou koncentrace solí dále zvýšeny, osmotické změny způsobené zasolením zvýší listovou vodivost a sníží fotosyntézu a tak zpomalí růst rostliny. V raných růstových fázích jsou brambory k zasolení citlivější než v pozdějších. Zasolení snižuje počet i velikost hlíz a při silných koncentracích může vést až ke ztrátě celé úrody (Iwama et Yamaguchi, 2006).

3.7.1.2 Nároky na světlo

Specifické pro brambor je, že z hlediska tvorby květu je dlouhodobní rostlinou a z hlediska tvorby hlíz krátkodenní. Dlouhý den brzdí dlouhivý růst klíčků, podporuje růst vzešlých rostlin, neovlivňuje počet stonků. Dlouhý den dále podporuje zakvétání a prodlužuje délku vegetační doby, opožďuje nasazování hlíz, avšak vlivem zvýšení asimilace hmotnost hlíz stoupá, hlízy jsou vyrovnanější s vyšší škrobnatostí (Vokál et al., 2000).

Krátký den podporuje růst klíčků do délky, po vzejití brzdí růst natě, potlačuje počátek květu, podporuje opad pupat, zkracuje vegetační dobu, forma listů je nevýrazná a později jsou chlorotické. Stolony jsou za takových podmínek kratší a hlízy se dříve nasazují, takže hmotnost hlíz je zpočátku větší, ale později nižší než za dlouhého dne, škrobnatost je nižší (Vokál et al., 2004).

3.7.1.3 Nároky na teplo

Teplota je rozhodujícím činitelem pro klíčení hlíz. Za optimální teplotu je považováno 15 – 20 °C. Zvyšováním nebo snižováním teploty se urychluje nebo zpomaluje klíčení. Tato regulace se využívá při předklíčování hlíz (Rybáček et al., 1988).

Podle Govindakrishnana et Haverkorta (2006) roste rostlina brambor pouze v rozmezí průměrných denních teplot od 5 do 21 °C. Když je chladněji nastává riziko mrazu a při vyšších teplotách dochází zastavení růstu hlíz. Rybáček et al. (1988) uvádí, že odolnost bramborové natě k nízkým teplotám je velmi malá a při déletrvajících teplotách od -1 do -1,5 °C zmrzne.

Pro růst hlíz byla zjištěna podle Rybáčka et al. (1988) optimální teplota 17 °C, avšak ještě větší vliv než teplota ovzduší má teplota půdy. V průběhu vegetace je však třeba, aby půdní teploty byly nižší než teploty ovzduší. Iwama et Yamaguchi (2006) dodávají, že je možné očekávat přijatelný výnos hlíz dobré kvality pouze, když jsou teploty kolem stolonů a kořenů mnohem nižší než teploty vzduchu.

3.7.1.4 Nároky na vodu

V produkci brambor je nedostatek vody jedním z nejdůležitějších faktorů omezující vyšší výnosy. Dosáhnutí lepších výnosů vyžaduje přiměřený přísun vody od sázení až po vyzrállost (Lutaladio et al., 2009).

Nejmenší požadavky na vláhu má hlíza při klíčení. Při předklíčování v umělém prostředí úplně postačí zásoba vody v hlíze. Výpar, který způsobuje svraštění hlíz, se zmírňuje zvýšenou relativní vzdušnou vlhkostí okolo 80 % (Vokál et al., 2000).

Rybáček et al. (1988) uvádějí, že nejvyšší vláhové nároky má brambor v období růstu natě a v období růstu hlíz. Iwama et Yamaguchi (2006) zjistili, že nedostatek vody v počátečních fázích růstu, buď v době zakládání hlíz, nebo před ním, vede k redukci počtu hlíz, což ovlivní nejen celkový výnos, ale především výnos prodejných hlíz.

Nedostatek vody se podle Vose et MacKerrona (2000) projeví nejen na výnosu, ale suchá půda v období zakládání hlíz podporuje rozvoj strupovitosti na hlízách. Správná závlaha v době zakládání hlíz a v počátečních fázích růstu hlíz je jediným efektivním opatřením k omezení choroby.

Vos et MacKerron (2000) dále uvádějí, že nadbytek vody má opačný efekt. Brambory nesnáší zamokřené půdy a přechod z anaerobních do aerobních podmínek. Funkce kořenů je rychle narušena, což má dlouhotrvající vliv na tempo růstu. Dále nadbytek vody vede k rozvoji prašné strupovitosti a vyplavení dusíku pod oblast růstu kořenů.

Rybáček et al. (1988) publikovali, že se nároky brambor na vláhu dají vyjádřit různými způsoby. Nejčastěji se uvádějí transpiračním koeficientem, tj. spotřebou

vody v kilogramech na vytvoření 1 kg sušiny biomasy rostliny. Rozpětí transpiračního koeficientu v podmínkách České republiky může být od 281 do 448. Avšak podle de Willigena et al. (1995) může toto rozpětí nabývat hodnot od 300 do 2000 v závislosti na klimatu, typu rostliny a úrodnosti.

3.7.1.5 Nároky na vzduch

Na složení a obsahu vzduchu v půdě záleží růst kořenů. Složení vzduchu i jeho čistota ovlivňuje rychlost fotosyntézy, dýchání i transpiraci rostlin. Na růst rostlin může mít vliv i pohyb vzduchu – vítr. Složení vzduchu, jeho cirkulace ovlivňuje kvalitu hlíz při skladování (Vokál et al., 2004).

Brambor má výrazný nárok na provzdušnění půdy ve sféře kořenové soustavy (rhizosféře), tedy nejen v ornici, ale i ve spodině. Dobrá provzdušněnost je na propustných půdách, které umožňují prosakování vody (Rybáček a kol, 1988).

Vokál et al. (2000) uvádějí, že ve vzduchu je mj. důležitá koncentrace CO₂. V uplynulých několika tisíciletích byla koncentrace CO₂ poměrně stálá. Od 2. poloviny minulého století se koncentrace CO₂ v atmosféře Země zvyšuje z tehdejších asi 270 ppm na dnešních asi 358 ppm. Iwama et Yamaguchi (2006) publikovali, že by koncentrace CO₂ měla dosáhnout v polovině tohoto století asi 500 - 600 ppm. Jelikož se rychlost fotosyntézy u druhů C3 zvyšuje téměř lineárně s rostoucí koncentrací CO₂, minimálně do koncentrace 500 – 600 ppm, zvýšená koncentrace CO₂ by měla zvýšit produkci suché hmoty a výnos, což bylo prokázáno v Irsku, kdy při koncentraci CO₂ 680 ppm se zvýšil výnos hlíz o 32 %.

3.7.2 Nároky na živiny

Příjem a využití živin rostlinami je dle Vokála et al. (2004) obecně velmi složitý proces založený na synergickém nebo antagonistickém působení mnoha vnitřních a vnějších faktorů. Ovládat a řídit tyto procesy je nemožné, lze je ale poznávat a citlivými zásahy je korigovat s cílem dostatečně využít genetický potenciál pěstovaných odrůd.

Základním procesem všech zelených rostlin je fotosyntéza. Rostliny bramboru přijímají stejně jako všechny vyšší rostliny ze vzduchu uhlík jako oxid uhličitý

a z půdy pomocí kořenů vodu. Oxid uhličitý a voda spolu s chlorofylem a sluneční energií slouží rostlinám k tvorbě organických látek. Ostatní živiny přijímají rostliny brambor zejména z půdy, i když některé formy živin mohou přijímat listy (Vokál et al., 2000).

Rybáček et al. (1988) uvádějí, že k optimálnímu prostředí bramborového trsu patří kyprá, provzdušněná, biologicky aktivní půda. Velký význam tu mají jak organická, tak i minerální hnojiva.

3.7.2.1 Hnojiva

Zákon o hnojivech číslo 156/1998 Sb. definuje hnojivo jako látku způsobitou poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality. Dále rozděluje hnojiva na organická hnojiva, organominerální hnojiva, statková hnojiva, upravené kaly z ČOV, sedimenty a na minerální hnojiva.

3.7.2.1.1 Organická hnojiva

Organické je podle zákona o hnojivech číslo 156/1998 Sb. hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě, což mohou být například průmyslové komposty nebo digestáty.

3.7.2.1.1.1 Průmyslové komposty

Průmyslové komposty se podle Kaliny (2004) vyrábí průmyslovou cestou jako náhrada nedostatkových stájových hnojiv a zahradních kompostů pro zúrodnování zahradních půd. Jsou to univerzální hnojiva, která dodávají do půdy jak organickou hmotu, tak i minerální živiny. Podle Vaňka et al. (2012) spočívá hlavní výhoda použití kompostů v tom, nejsme úzce vázáni dobou aplikace jako u klasických stájových hnojiv (lze jimi hnojit i v jarním a letním období). Kompost také není nutné zaorávat, na orné půdě stačí mělké zapravení při předseťové přípravě půdy, přičemž ani při povrchové aplikaci dobře uzrálého kompostu nehrozí nebezpečí ztrát živin.

3.7.2.1.1.2 Digestáty

Klír (2011) definuje digestáty jako organické hnojivo, které je vyrobené ze statkových hnojiv a objemných krmiv anaerobní fermentací při výrobě bioplynu. Podle Kasala et al. (2010) se jedná o hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem. Použití i dávkování digestátů jako hnojiva se do značné míry podobá použití

a dávkování kejdy, a to vždy s přihlédnutím ke konkrétnímu obsahu živin, zejména dusíku.

V současné době se v zahraničí nejčastěji provádí anaerobní digesce kukuřičné siláže, dalších píceňin nebo energetických rostlin. Dále je často zbioplynována čerstvá nebo senážovaná travní fytomasa, jejímž zdrojem jsou nejen louky, ale též veřejná zeleň, golfová hřiště a pod. (Váňa, 2007).

3.7.2.1.2 Statková hnojiva

Statkové hnojivo je podle zákona o hnojivech číslo 156/1998 Sb. vedlejší produkt vznikající při chovu hospodářských zvířat nebo rostlinný zbytek nesklizený při pěstování kulturních plodin (zpravidla sláma), není-li dále upravován; za úpravu se přitom nepovažují přirozené procesy přeměn při skladování, mechanická separace kejdy a přidávání látek snižujících ztráty živin nebo zlepšujících účinnost živin. Statková hnojiva můžeme dále dělit na hnojiva živočišného a rostlinného původu. Mezi hnojiva živočišného původu patří hnůj, močůvka, hnojůvka, kejda, drůbeží trus, výkaly a moč hospodářských zvířat vznikající na pastvě. Mezi hnojiva rostlinného původu patří sláma, řepný chrást, meziplodina a jiné zelené hnojení.

Dle Baiera et Baierové (1985) jsou statková hnojiva hnojivy objemovými. Mají nízkou koncentraci živin a používáme je ve velkých množstvích na jednotku plochy. Dalším jejich obecným znakem je, že jimi vracíme do půdy značnou část živin odebraných z půdy pěstováním a sklizní zemědělských plodin. Jejich aplikace se projeví ve výživě rostlin nejen přímo zvýšením hladiny živin v půdě, ale mnohem více i nepřímou úpravou biologických, fyzikálních a chemických poměrů v půdě.

3.7.2.1.2.1 Statková hnojiva živočišného původu

Hamouz (1994) uvádí, že nejvhodnější organická hnojiva pod brambory jsou hnůj a kompost. Hnůj v obvyklé dávce 30 – 40 t.ha⁻¹ se zaorává v období od žní do konce října, čím lehčí půda, tím později. Jarní zaorávka hnoje může způsobit nadměrné uvolňování dusíku v druhé polovině vegetace a nevyzrálост hlíz při sklizni. Je možná jen výjimečně – u dobře vyzrálého hnoje nebo kompostu na lehkých půdách v oblasti s ročními srážkami na 600 mm. Curless et al. (2012) zjistili, že v některých případech, kdy byl hnůj aplikován těsně před výsadbou, došlo

ke snížení výnosu a kvality hlíz a došlo ke zvýšení výskytu strupovitosti, a proto doporučují aplikovat hnůj nejméně 18 měsíců před sázením brambor.

Kvalitním stájovým hnojivem jsou dle Vokála et al. (2000) kejda skotu a prasat. Na kejdu se vzhledem ke značné části dusíku ve čpavkové formě pohlíží jako na účinné dusíkaté hnojivo. Proto by se na podzim neměla kejda k bramborům aplikovat s výjimkou těžkých nebo středních jílovitých půd. Největší účinnost má kejda, jestliže je aplikována na jaře před založením porostu. Dávky se řídí obsahem dusíku v kejdě. Celková dávka dusíku aplikovaná jednorázově v kejdě by neměla překročit $200 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$. To s ohledem na kejdu s obsahem sušiny kolem 7 % znamená asi 60 t v případě kejdy skotu a 35 t v případě kejdy prasat.

3.7.2.1.2.2 Statková hnojiva rostlinného původu

Zeleným hnojením rozumíme dle Balíka (1993) způsob organického hnojení, při němž se do půdy zaorává vyprodukovaná hmota rostlin, které byly pěstovány k tomuto účelu. Mezi nejčastěji pěstované meziplodiny patří hořčice, řepice a řepka. Strniskové meziplodiny sejeme v našich podmínkách převážně po sklizni obilnin (nejčastěji do podmítky). Úspěch jejich pěstování závisí na množství srážek během jejich vegetace a délce vegetační doby. Vokál et al. (2003) uvádí, že se meziplodiny mohou stát účelnou formou organického hnojení zapravovanou na podzim před založením porostů brambor. Stabilně dobrých výsledků, a to z hlediska nárůstu biomasy i výnosu hlíz, se dosahuje při použití lničky seté, jílku jednoletého, svazenky vratičolisté, svatojánského žita i hořčice. Vokál et al. (2003) dále doporučují volit směsky uvedených plodin raději než čisté kultury, jelikož se jednotlivé druhy plodin navzájem doplňují v hloubce prokořeňování, využívání živin apod.

Finnigan et al. (2003) publikovali, že leguminózy mají potenciál pokrýt téměř celé nároky brambor na dusík. Hrách, zařazený na podzim po celé vegetační sezóně, může poskytnout 80 až 100 % celkového dusíku potřebného pro následnou plodinu-brambory.

Hamouz (1994) uvádí, že lze brambory úspěšně pěstovat i při hospodaření bez živočišné výroby, kdy se půdní úrodnost udržuje zaoráváním všech vedlejších produktů pěstovaných plodin (slámy, chrástu, natě).

Zaorávku slámy lze doporučit v případě nedostatku jiných stájových hnojiv. K 1 t slámy je třeba přidat 5-10 kg N. Příznivějšího efektu využití živin se dosáhne kvalitním rozřezáním slámy (Vokál et al., 2004).

3.7.2.1.3 Kaly z ČOV

Kaly představují podle Dohányose (2006) suspenzi pevných látek. Černý (2009) uvádí, že čistírenské kaly vznikají při různých procesech používaných při čištění odpadních vod. Vlastnosti a složení kalu jsou závislé na skladbě čištěné odpadní vody a na způsobu zpracování kalu před jeho odvozem z objektu ČOV. Hnojivý účinek kalů spočívá v obsahu organické hmoty, makroprvků (především N a P), obsahustopových prvků a biologicky aktivních látek. Hlavním limitujícím faktorem využívání kalů v zemědělství je obsah cizorodých látek v kalech a přítomnost patogenních mikroorganismů. Z cizorodých látek jsou to především těžké kovy. Živiny z čistírenských kalů jsou rostlinám rychleji přístupné než živiny z hnoje, ale pomaleji přístupné než živiny z organických zbytků (sláma, zelené hnojení).

3.7.2.1.4 Minerální hnojiva

3.7.2.1.4.1 Dusík

Dusík s uhlíkem představují nejdůležitější prvky v koloběhu živin v přírodě. Dusík je nepostradatelnou živinou a to nejen pro rostliny, ale také pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů. Patří k základním stavebním prvkům nejdůležitějších sloučenin živé hmoty – bílkovin. Dusík se podílí na tvorbě aminokyselin a následně bílkovin. Bílkoviny jsou obsaženy především v mladých orgánech, dělivých pletivech, enzimech a dalších látkách, které se významně podílejí na růstu rostliny, tvorbě nejdůležitějších orgánů a celkové biomasy. Ke konci vegetace se tvoří větší množství zásobních bílkovin v semenech. Dusík je významnou součástí chlorofylu, kde s hořčíkem tvoří centrální část této sloučeniny (Vokál et al., 2004).

3.7.2.1.4.1.1 Koloběh dusíku

Největší význam pro koloběh dusíku v přírodě má atmosféra (78%). Z atmosféry se dusík dostává do půdy prostřednictvím fixace mikroorganismy a ve formě spadů. Zdrojem dusíku jsou samozřejmě také hnojiva a rostlinné zbytky (Vaněk et al., 2012)

Biologickou fixaci, především symbiotickou, zajišťují dle Vaňka et al. (1998) bakterie na kořenech bobovitých rostlin (hlavně jetelovin). Kvalitní porosty jetele a vojtěšky jsou schopny fixovat ročně 200-250 Kg N/ha, jednoleté bobovité 40-80 kg N/ha. Volně žijící mikroorganismy jsou schopny fixovat okolo 5 kg N/ha. Při současné hustotě dobytka (<0,4 DJ/ha) je přísun N do půdy statkovými hnojivy okolo 20 kg N/ha, část dusíku zůstává na poli ve formě posklizňových zbytků. Přísun N minerálními hnojivy dosáhl v roce 2014 dle Kulhánka et al. (2015) 113 kg N/ha. Pomocí spadu se do půdy dostane ročně v průměru 15, v silněji zatížených oblastech až 20 kg N/ha. V koloběhu dusíku můžeme pozorovat 2 rozdílné procesy, mineralizaci a imobilizaci. Mineralizace-vznik minerálních forem (NO_3^- a NH_4^+). Imobilizace-fixace N (především NH_4^+) do organických sloučenin, hlavně těl mikroorganismů (Vaněk et al., 1998).

3.7.2.1.4.1.2 Metabolismus dusíku rostlinou

Dusík je přijímán ve formě iontů, a to aniontů - nitrátový NO_3^- nebo kationtů - amonný NH_4^+ . U příjmu obou rozhodují hlavně vnější podmínky, ale i sama rostlina. Výrazný vliv vykazuje pH prostředí. V kyselém prostředí převažuje příjem NO_3^- , v neutrálním až alkalickém se příjem vyrovnává, nebo převažuje příjem NH_4^+ . Při nižší teplotě klesá příjem a využití NO_3^- . V biologicky činných půdách z důvodu rychlé oxidace amonného kationtu převažuje příjem NO_3^- , který je v půdě pohyblivější (nachází se v půdním roztoku) a snadněji se hmotovým tokem půdní vody dostává do rhizosféry a je k dispozici rostlinám. Příjem jednotlivých iontů a jejich využití v rostlině ovlivňuje i příjem ostatních iontů. Při jednostranné výživě NO_3^- je v rostlině zvýšená tvorba organických aniontů (následek redukce nitrátu na NH_3) a tím je zvýšen příjem kationtů, hlavně K^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} . Při převažujícím příjmu NH_4^+ je celkově nižší příjem iontů, hlavně kationtů. Rostliny přijatý dusík využijí k tvorbě dusíkatých organických sloučenin. Zatímco NH_4^+ mohou rostliny bezprostředně využít k syntéze aminokyselin, nitrátový dusík musí být nejprve převeden (redukován) na amonný dusík. (Vaněk et al., 2007)

Redukce dusičnanů v rostlině probíhá v rostlinných pletivech, hlavně v listech, za pomoci enzymů, nejprve nitrátoreduktasy na nitrity, které jsou dále redukovány až na amoniak. V rostlinných pletivech je aktivita nitrátoreduktasy poměrně vysoká

a k redukci je zapotřebí dostatek energie, důležitou roli má přítomnost některých prvků –Mo, Fe, Cu, Mn, Mg. Vznikající NH_3 je vázán na organické kyseliny za vzniku aminokyseliny. Vznik aminokyselin omezuje možné toxické působení NH_3 v pletivech (Vaněk et al., 1998).

3.7.2.1.4.1.3 Projevy nedostatku dusíku

Poruchy v příjmu dusíku rostlinami se projevují narušením metabolismu, omezením růstu, snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce. Zjevné jsou změny v zabarvení rostlin-světle zelená barva. Omezená tvorba listů a také chlorofylu vede ke snížení fotosyntézy, a tím k nižší tvorbě produkce biomasy. Dochází k transportu N do vegetačního vrcholu a tím k usychání starších listů. Snížení tvorby nadzemní části vede i ke snížení tvorby kořenů. Se zmenšeným kořenovým systémem klesá i schopnost příjmu ostatních živin. Porosty s omezenou výživou N mají většinou kratší vegetační dobu, rychleji dozrávají, ale zkrácení vegetace vede ke snížení výnosu a kvality produkce. U okopanin a zeleniny je žádoucí, aby rostliny měly dostatek N na počátku vegetace pro tvorbu biomasy, ale ke konci vegetace již omezené množství N, které přispívá k fyziologickému dozrávání, a tím ke zvýšení kvality produkce - dozrávání hlíz, zlepšení chuťových vlastností (Vaněk et al., 2012).

3.7.2.1.4.1.4 Projevy nadbytku dusíku

Podle Vaňka et al. (2007) se nadbytek dusíku často projevuje latentní formou. Velmi citlivé na nadbytek dusíku jsou některé drobnosemenné zeleniny (Květák, salát, zelí), řepa, jeteloviny atd. Dochází k omezení vzcházivosti a negativnímu ovlivnění růstu. Hůře působí amonná forma než nitrátová. Na podzim a v předjaří působí nadbytek N zvýšené větvení kořenů v zónách vyšší koncentrace N a omezení růstu hlavního a vedlejších kořenů. Zhoršuje se prokořenění a snižuje se příjmová kapacita pro vodu a živiny. V pozdějších fázích růstu dochází k hromadění nitrátového dusíku, což je problém zvláště u zeleniny, případně krmiv. Výrazný nadbytek N vede k poškození okrajů listů. Dochází k nekrotám a zasychání okrajů listů. Obecně vyšší toxicitu vykazuje amonný N.

Rybáček et al. (1988) uvádějí, že při nadbytku dusíku u brambor jsou trsy sytě zelené, vytáhlé, náchylné k poléhání, citlivé k chladu i suchu. Zejména v příliš hustých porostech může dojít k předčasnému rozkvetnutí trsů a snížení ukazatelů

výhodného poměru hmotnosti hospodářsky cenných orgánů k hmotnosti celkové biomasy. Přehnojování dusíkatými hnojivy je nežádoucí z mnoha důvodů. Vedle zhoršování tzv. vnitřní kvality hlíz (sadbové hodnot, obsahu škrobu, stolní hodnoty, chutě apod.) je mnohem závažnější jeho působení na prodlužování vegetační doby brambor. To také znamená, že se zhoršují podmínky pro sklizeň, zvyšuje se nebezpečí mechanického poškození hlíz při sklizni a následné manipulaci a z toho vyplývající napadení hlíz skládkovými chorobami. Prodlužování vegetační doby může však souviset i s opožděným uvolňováním živin z organické hmoty v půdě, ale i s příjmem živin z hnojiv aplikovaných v průběhu vegetačního období.

3.7.2.1.4.1.5 Hnojení brambor dusíkem

Dusíkatá hnojiva se podle Hamouze (1994) zásadně používají na jaře. Zpravidla se celá dávka nebo 80 – 90 % plánované dávky zapraví do půdy při kypření před sázením. Tato základní dávka dusíku se může zapravit i při výsadbě, při proorávce naslepo a nejpozději, jakmile vzešlé trsy začnou vyznačovat řádky. Náklady na aplikaci průmyslových dusíkatých hnojiv šetří aplikační zařízení přímo na sazeči. Výsledkem je úspora práce, energie, ale hlavně živin, protože hnojiva nejsou aplikována plošně, nýbrž do řádků, Dochází tedy k menšímu vyplavování hnojiv z půdy a k jejich vyššímu využití rostlinami. Případný zbytek dávky ($10 - 20 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) lze použít k přihnojení při postřiku proti plísni do začátku kvetení. Používá se roztok močoviny $400 - 500 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ v koncentraci 6 %.

Stark et Westermann (2003) publikovali výsledky svého výzkumu z jižní Idaho, kdy celková potřeba dusíku na vyprodukování přibližně 45-50 tun hlíz z jednoho hektaru dosahovala 336 kg N ze všech zdrojů (anorganický půdní dusík, dusík mineralizovaný z půdní organické hmoty, dusík přidávaný do zálivky a dusík z hnojiv). Celkový příjem z těchto zdrojů byl kolem $200 - 250 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, což značí, že efektivita využití byla přibližně 60 až 75 %.

Palmer et al. (2013) zjistili ve svých šestiletých výzkumech, že rozdíl mezi organicky a minerálně hnojenými pokusy byl zapříčiněn především odlišností v režimu hnojení. Stanovení podobných koncentrací fosforu a draslíku, ale o 30 % nižších koncentrací dusíku u organicky hnojených variant indikuje, že nedostupnost dusíku byl hlavní důvod pro nižší výnosy. Toto tvrzení potvrdily i významně nižší koncentrace chlorofylu v listech u organicky hnojených variant, které jsou pozitivně

ovlivňovány dostatkem dusíku. Na základě tohoto poznatku je vhodné kombinovat organická a minerální hnojiva.

3.7.2.1.4.1.6 Dusíkatá hnojiva používaná pro hnojení brambor

Hamouz (1994) uvádí, že mezi dusíkatými hnojivy běžného sortimentu nejsou podstatné rozdíly ve vlivu na výnos ani na kvalitu brambor a k základnímu hnojení dusíkem lze všechna použít. Podle Vokála et al. (2004) se z pevných dusíkatých hnojiv nejčastěji používá síran amonný, močovina, ledky a z kapalných hnojiv DAM 390. Často se dávka dusíku zapravuje ve vícesložkových pevných, případně kapalných hnojivech.

3.7.2.1.4.1.6.1 Síran amonný

Síran amonný obsahuje 21 % dusíku (ve čpavkové formě) a 24 % síry. V půdě se poměrně rychle rozpouští v půdní vodě. Značná část iontů NH_4^+ přechází do sorpčního půdního komplexu výměnou za jiné kationty a tím se snižuje jeho pohyblivost a možnost vyplavení v humidnějších podmínkách. Síran amonný je chemicky i fyziologicky kyselé hnojivo, má nejvyšší ekvivalent kyselosti ze všech používaných hnojiv a je tedy vhodným hnojivem do půd alkalických, neutrálních nebo slabě kyselých. V půdě podléhá nitrifikaci, rychlost nitrifikace je však po hnojení síranem amonným oproti ostatním hnojivům mnohem pomalejší, takže je velmi vhodným hnojivem používaným k základnímu hnojení. S ohledem na „pozvolnější“ působení dusíku je vhodným hnojivem k rostlinám s delší vegetační dobou, tedy právě k bramborám (Vaněk et al., 2012).

3.7.2.1.4.1.6.2 Močovina

Močovina, obsahující 46 % dusíku, je podle Vaňka et al. (1998) v půdě dobře pohyblivá a vlivem enzymu ureázy četných mikroorganismů a rostlinných zbytků se hydrolyticky štěpí na uhličitán amonný a vodu. Ion NH_4^+ je půdou sorbován a je buď přímo zdrojem dusíku pro rostlinu, nebo za vhodných podmínek je poměrně rychle oxidován nitrifikačními bakteriemi až na dusičnany. Tím se prostředí okyseluje.

Močovina je vhodné hnojivo k základnímu hnojení i k hnojení během vegetace v roztoku. Podmínkou dobré účinnosti močoviny je omezení možných ztrát po hnojení. Vzhledem k poměrně rychlé nitrifikaci amonného dusíku vzniklého rozkladem močoviny přechází velká část dusíku močoviny na nitrátový dusík,

který je dobře přijatelný rostlinami, ale může být snadno vyplaven do spodních horizontů. Z tohoto důvodu jsou vyvíjeny inhibitory nitrifikace, které proces nitrifikace omezují a umožňují tím aplikaci větších dávek močoviny (Vaněk et al., 2012).

3.7.2.1.4.1.6.3 Ledek amonný s vápencem

Ledek amonný s vápencem, obsahující přibližně 27 % dusíku, má polovinu z celkového dusíku v amonné a polovinu v nitrátové formě. Přítomnost rychleji působící nitrátové formy i pozvolněji působící amonné formy činí z tohoto hnojiva univerzální dusíkaté hnojivo, a proto se používá jak k základnímu hnojení, tak i k přihnojení v průběhu vegetace. Je možné ho použít ve všech půdách, ale zejména v místech, kde ostatní dusíkatá hnojiva nezaručují dobrý efekt, zejména v půdách biologicky méně aktivních, těžších a s nižším pH (Vaněk et al., 1998).

3.7.2.1.4.1.6.4 Ledek vápenatý

Ledek vápenatý obsahuje přibližně 15 % dusíku a 20 % vápníku. Je typickým hnojivem na list s rychlým účinkem. Dusík z tohoto hnojiva je v půdě velmi pohyblivý, rostlinami snadno přijatelný, ale také snadno vyplavitelný. Velmi příznivě působí na kyselějších půdách. Vzhledem velmi dobré rozpustnosti je využíván k přihnojení v kapalné formě, jako zdroj dusíku, ale hlavně vápníku (Vaněk et al., 2012).

3.7.2.1.4.1.6.5 DAM 390

DAM 390 je dle Balíka (1993) roztok dusičnanu amonného a močoviny obsahující 30 kg dusíku ve 100 kg roztoku. Pro základní dusíkaté hnojení při předset'ové přípravě ho lze použít ke všem plodinám. Vaněk et al. (1998) uvádějí, že se DAM 390 vyrovná svou účinností ostatním dusíkatým hnojivům a díky rovnoměrné aplikaci je mnohdy i předčí.

3.7.2.1.4.1.6.6 NPK

Hnojivo NPK obsahuje dusík, fosfor a draslík. Obsah jednotlivých živin je proměnlivý podle konkrétních forem NPK hnojiv. Jejich výhodou je, že obsahují více živin a tím snižují náklady na transport, skladování a aplikaci hnojiv a pokud jsou v půdě přiměřené a vyrovnané obsahy živin je jejich použití jednoduché. Používají se především jako hnojiva k základnímu hnojení avšak je třeba si dát pozor na náročnost rostlin na dusík a na formu obsažených živin (Vaněk et al., 2012).

3.7.2.1.4.2 Fosfor

Fosfor má dle Baiera et al. (1988) v rostlině důležitou funkci jako stavební prvek a přenašeč energie. Za jeho bezprostřední účasti probíhají jak procesy fotosyntézy spojené s tvorbou primárních organických látek, tak i procesy dýchání, syntéza složitých organických dusíkatých látek a také tvorba zásobních organických látek sekundárního původu. Vaněk et al. (1998) uvádějí, že při nedostatečném příjmu fosforu rostlinami jsou omezeny důležité procesy v rostlinách, související především s již zmiňovanou fotosyntézou, a výsledkem bývá snížení výnosů plodin a obsahu hlavních složek v produktech, pro které jsou pěstovány (škrob, cukr aj.). Rostliny s dostatkem fosforu přecházejí dříve do generativní fáze růstu a významný je fosfor také při zakládání květů.

Stark et Westermann (2003) popisují, že je adekvátní dostupnost fosforu důležitá pro vývoj v raných fázích růstu, pro nasazování a také pro zvýšení kvality hlíz. Nedostatky fosforu na druhou stranu významně snižují výnos a velikost hlíz a stejně tak i objemovou hmotnost. Aplikace fosforu zvětšují listovou plochu během celé vegetační doby. Fosfor má vliv na počet hlíz a jejich hmotnost, kdy je v antagonistickém vztahu s draslíkem a snižuje počet velkých a středních hlíz. (Govindakrishnan et Havekort, 2006).

3.7.2.1.4.2.1 Metabolismus fosforu rostlinou

Fosfor je přijímán rostlinami ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, převážně ve formě H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . Příjem jednotlivých forem je závislý na hodnotě pH půdy. V půdním roztoku je fosforu velmi málo, a proto velmi důležité, aby se po odčerpání dostatečně rychle doplňoval z pevné fáze půdy. Rostliny mohou příjem do jisté míry ovlivňovat. Pokud mají v pletivech nedostatek fosforu, aktivují v membránách kořenů fosfatázy a přenašeče s vysokou afinitou k fosforečnanům s cílem zlepšit příjem. Vytvoření bohaté kořenové soustavy je významným předpokladem pro příjem fosforu. Kritickým obdobím je pro většinu rostlin počátek vegetace, kdy vyčerpají zásobu ze semen, a nedostatečný kořenový systém není schopen zajistit dostatek fosforu pro rostlinu (Vaněk a kol, 2012).

Baier et al. (1988) publikovali, že příjem fosforu je podmíněn nejen jeho obsahem, ale také půdní reakcí. Kyselá, ale i alkalická reakce je často příčinou

sníženého příjmu. Významným faktorem, který působí pozitivně na příjem fosforu, jsou organické látky přítomné v půdě nebo dodávané hnojením. Zbytky organických kyselin mohou výměnnými reakcemi uvolňovat ionty fosforu sorbované v kyselých půdách. Dalším významným faktorem jsou srážky. Při jejich nedostatku a prosychání půdy je snížen příjem fosforu, často až velmi podstatně.

3.7.2.1.4.2.2 Projevy nedostatku fosforu

Na rozdíl od dusíku je rostlina schopná do jisté míry nedostatek fosforu regulovat tím, že jej uvolňuje z organických rezerv. Nedostatečný příjem fosforu se proto u rostlin neprojevuje okamžitě. Rostliny trpícím nedostatkem fosforu jsou sytě zelené až šedozelené, často s nádechem do červena (Baier et al., 1988).

U brambor se, dle Rybáčka et al. (1988), příznaky deficiencie fosforu podobají příznakům nedostatku dusíku. Na listech a řapících se objevují nekrotická mrtvá místa a listy poté opadávají. Trsy jsou nižšího růstu. Lístky jsou tuhé a na okrajích jakoby popálené. Spodní listy někdy i opadávají, řapíky jsou vzpřímené. Dozrávání trsů bývá často opožděno. Na řezu hlíz se mohou objevit drobné železité skvrnky.

3.7.2.1.4.2.3 Hnojení brambor fosforem

Fosfor se pohybuje v půdě pomalu, a proto potřebuje být adekvátně integrován do půdy, aby se usnadnil jeho příjem rostlinou. Fosfor se nijak ochotně nevyplavuje, ale může být odplaven na polích náchylných k erozi. Pěstitelé mohou aplikovat fosforečná hnojiva jak na podzim, tak i na jaře, nebo v průběhu záhonování či sázení (Stark et Westermann, 2003).

Pro zajištění dostatku fosforu pro rostliny je nutno v půdě bramborářských výrobních oblastí vytvořit vysokou hladinu přístupného fosforu, což je v rozmezí 45 až 55 mg fosforu na 1 kg zeminy. Je při tom potřeba počítat s tím, že pro zvýšení hladiny fosforu v půdě o jeden miligram v kilogramu zeminy, je nutno doplnit 6 až 10 kg fosforu na 1 hektar v průmyslových hnojivech, a zároveň je nezbytné intenzivně organicky hnojit a také vápnit (Rybáček et al., 1988).

V případě hnojení větších dávek fosforu z důsledku nízkého obsahu v půdě, nebo jde-li o pozemky s nižším pH, je účelné použít na podzim spolu s organickým hnojivem hnojivo s pomalejším uvolňováním rozpustného fosforu typu Hyperkorn a to pak na jaře doplnit nižší dávkou superfosfátu. Při vyhovující zásobě fosforu

v půdě lze na podzim použít superfosfáty, které obsahují rozpustný fosfor, nebo na jaře vícesložková hnojiva (Vokál et al., 2000).

3.7.2.1.4.3 Draslík

Draslík v rostlinách plní řadu důležitých funkcí. Jeho pohyblivost v rostlinách umožňuje transport i ostatních látek především do kořenů. Výrazným způsobem ovlivňuje osmotický tlak a tím i turgor buněk, které souvisejí s hospodařením s vodou. Podporuje nejen příjem vody kořeny, ale také její průchod z parenchymatických buněk do xylému. Současně se snižuje transpirace a proto rostlina využívá vodu efektivněji. Dobré zásobení draslíkem snižuje transpirační koeficient (Vaněk et al., 1998).

Rybáček et al. (1988) publikovali, že draslík působí na syntézu bílkovin, zejména tehdy, je-li v živném prostředí dostatek amoniaku. Výživa draslíkem podstatně ovlivňuje polymeraci sacharidů a právě tím lze vysvětlit vysokou spotřebu draslíku charakteristickou zvláště pro brambory.

Dostupnost draslíku podle Starka et Westermanna (2003) zvyšuje výnos hlíz a jejich velikost, stejně tak i některé kvalitativní parametry jako objemová hmotnost, barvu dužniny při zpracování na brambůrky a hranolky a trvanlivost při skladování. Nedostatek draslíku vede ke snížené fotosyntéze, což redukuje obsah sušiny a škrobu.

Aplikace draslíku zvětšují listovou plochu pouze v pozdějších fázích vegetace a zvyšuje podíl velkých a středních hlíz a snižuje počet hlíz malých. Dále se dostatek draslíku projevuje lepší odolností na stresové faktory, ať už zvýšenou efektivitou využití vody nebo odolností k mrazům a poskytuje zvýšenou odolnost k plísni bramborové (Govindakrishnan et Havekort, 2006).

3.7.2.1.4.3.1 Metabolismus draslíku rostlinou

Příjem draslíku a jeho transport v rostlině probíhá mimořádně rychle. Existují však rozdíly v příjmové schopnosti a to takové, že příjem o dvouděložných rostlin, například brambor, je horší než u rostlin jednoděložných. Při nižších koncentracích je draselný kationt přijímán aktivně a naopak při vyšších koncentracích pasivně. Intenzivní příjem má vliv na příjem ostatních kationtů (především Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}),

čímž je výživa těmito živinami brzděna. Příjem draslíku je především ovlivněn nedostatkem přístupného draslíku, dostatkem vláhy, především na půdách silně fixujících draslík, popř. kvalitou osvětlení (Baier et al., 1988).

3.7.2.1.4.3.2 Projevy nedostatku draslíku

Nedostatek draslíku se u rostlin může projevit i na stanovišti s relativním dostatkem u důvodu nepříznivých podmínek pro jeho příjem (chlad, sucho apod.). Mírný nedostatek se promítne do omezené tvorby vysokomolekulárních látek (bílkovin, sacharidů). Výraznější nedostatek je projevů již vizuálními symptomy. Charakteristické je zasychání spodních listů od okrajů, případně opad celých listů. U některých rostlin dochází ke žloutnutí s nádechy do červena (Vaněk et al., 2012).

Nedostatek draslíku vede u brambor ke snížení produkce a zhoršení kvality hlíz. Lístky bramboru tmavnou a lesknou se. Starší listy se barví do bronzova. Na spodní straně listů se často objevují tmavohnědé skvrny, které se slévají dohromady a způsobují okrajovou nekrózu. Rostliny jsou malé s kratšími internodii a lístky jsou stočené dolů. Objevuje se šednutí dužniny hlíz a po uvaření dužnina tmavne. (Rybáček et al., 1988).

3.7.2.1.4.3.3 Hnojení brambor draslíkem

Brambory mají střední nároky na množství draslíku v půdě, i když ho odčerpávají poměrně velké množství. Optimální hodnota obsahu draslíku v půdě se pohybuje v rozmezí 170 až 310 ppm (Mehlich III). Při obsahu nad 350 ppm lze hnojení draslíkem vypustit. Při nízké zásobě v půdě hnojíme zpravidla draselnou solí na podzim. Jarní aplikace draselné soli s sebou nese riziko v podobě negativního vlivu chlóru na obsah a kvalitu škrobu. Při dobré a vyšší zásobě lze použít dávky vícesložkových hnojiv (Vokál et al., 2004).

Stark et Westermann (2003) uvádějí, že aplikace veškerého draslíku před sázením je více efektivní, než aplikace v průběhu sezóny přes kapalná hnojiva. Studie ukázaly, že při použití více než 50 % potřebného množství draslíku v průběhu růstu hlíz, došlo ke snížení výnosu a objemové hmotnosti oproti aplikaci před sázením. Při hnojení v průběhu vegetace by se nemělo aplikovat více než 45 kg K/ha, aby se nezvyšovala pravděpodobnost snížení kvality hlíz a draselná hnojiva by neměla být aplikována později než 30 dní před likvidací natě.

3.7.2.1.4.4 Hořčík a vápník

Hořčík má podle Vokála et al. (2000) významné postavení v procesu fotosyntézy, aktivaci enzymů a syntézy bílkovin. Optimální zásoba v půdě je v rozmezí 110 až 180 ppm (Mehlich III). Přístupnost hořčíku je významně ovlivňována draslíkem, který je silně antagonistický. Brambory jsou na nedostatek hořčíku citlivé. Setkáváme se poměrně často s projevy nedostatku ve formě chloróz (nižší intenzita zeleného zbarvení, nestejně rozložení chlorofylu zejména na starších listech středního patra). Aplikace roztoku hořčíku na list v průběhu vegetace nedostatek zpravidla nevyřeší, a proto je třeba dbát na optimální zásoby přístupného hořčíku v půdě a na poměr draslíku a hořčíku.

Příjem vápníku rostlinami je poměrně vysoký (2,2 kg Ca/t hlíz) i přes skutečnost, že bramborům vyhovuje kyselejší půdní reakce. Vápník významně ovlivňuje tvorbu a růst kořenů (především kořenového vlášení), takže při dostatku vápníku se vytváří bohatší kořenový systém s větší příjmovou kapacitou pro živiny. Přímý a významný vliv nedostatku vápníku na výnos a kvalitu nebyl pozorován. Možné výnosové problémy spojené s nedostatečným příjmem vápníku mohou nastat na stanovištích s vysokým obsahem draslíku, který omezuje příjem vápníku. Přímé vápnění není pro brambory vhodné z důvodu zvýšení rizika napadení hlíz obecnou strupovitostí bramboru. Vhodné vápnění je až sklizni brambor, aby se na pozemcích, určených pro pěstování brambor, pohybovalo pH v rozmezí 5,5 až 6,5 (Kasal et al., 2010).

3.7.2.1.4.5 Významné mikroelementy

Vokál et al. (2004) publikovali, že brambory nepatří mezi rostliny, které mají specifické nároky na mikroelementy. Některé příklady z praxe ale dokazují, že záležitost mikroelementů nelze pokládat za okrajovou. Za původce projevů tzv. chlorózy listů je automaticky považován hořčík, ale v případně důsledné analýzy by vyšla najevo také deficiencie manganu, bóru nebo dalších mikroelementů. Nedostatek manganu vyvolává zřejmě zvýšený výskyt obecné strupovitosti hlíz brambor, což je důsledek omezeného příjmu manganu po vápnění půd (Vaněk et al. 1998).

4 Materiál a metody

Vyhodnocení výsledků z dlouhodobých pokusů na stanovištích Suchdol, Humpolec a Hněvčeves.

4.1 Dlouhodobý stacionární pokus KAVR

Dlouhodobý stacionární pokus byl založen na podzim roku 1996 pod záštitou Katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin České zemědělské univerzity v Praze na pěti stanovištích s různými půdně klimatickými podmínkami. (Červený Újezd, Hněvčeves, Humpolec, Lukavec (u Pacova), Praha – Suchdol). V rámci pokusu jsou střídány na stanovištích 3 plodiny ve sledu: brambory, ozimá pšenice, jarní ječmen. Jedinou výjimkou v tomto sledu je lokalita Červený Újezd, kde se vzhledem k agrotechnickým možnostem využívá místo brambor silážní kukuřice. Organické hnojení je aplikováno vždy na podzim pod brambory (kukuřici). V pokusu jsou využívány kaly z ÚČOV Praha a hnůj a sláma z jednotlivých stanovišť.

Fosforečná a draselná hnojiva jsou aplikována ke všem plodinám na podzim. Minerální dusíkatá hnojiva jsou aplikována u brambor a ječmene před založením porostu, u pšenice je dávka rozdělena na dvě poloviny. První slouží jako regenerační přihnojení, druhá jako produkční přihnojení.

Na stanovišti Suchdol byl zařazen navíc blok bez pěstovaných plodin tzv. černý úhor. Dávky a termíny hnojiv jsou stejné jako na parcelkách, kde jsou pěstovány plodiny a hnojení probíhá v prvním roce jako u brambor, ve druhém u ozimé pšenice a ve třetím jako u jarního ječmene.

Na stanovištích Humpolec, Hněvčeves a Lukavec jsou velikosti pokusných parcel 60 m², na stanovišti Suchdol 60,5 m² a na stanovišti Červený Újezd 80 m². Plocha černého úhoru na stanovišti Suchdol je 11 m².

Stanoviště hodnocená v této bakalářské práci jsou Humpolec, Hněvčeves a Suchdol. Na stanovišti Červený Újezd jsou brambory nahrazeny silážní kukuřicí a na stanovišti v Lukavci došlo na třech variantách k poškození divokými prasaty a tím byly zkráceny výsledky.

4.2 Dávky živin v aplikovaných hnojivech

Tab. č. 1 Dávky živin aplikovaných v hnojivech

Číslo varianty	Varianta	N	P	K
1	Kontrola	-	-	-
2	NPK + rizikové prvky	120	30	100
3	Kal 3	990	605	165
4	Kal 1	330	201	55
5	Hnůj	330	118	374
6	N + sláma	138	6	47
7	Hnůj 1/2+N	165	59	187
8	NPK	120	30	100
9	NP	120	30	0
10	NK	120	0	100
11	PK	0	30	100
12	N	120	0	0

Tab. č. 2 Dávky živin aplikovaných v hnojivech

Číslo varianty	Varianta	N	P	K
1	Kontrola	-	-	-
2	Kal 1	330	201	55
3	Kal 3	990	605	165
4	Hnůj	330	118	374
5	Hnůj 1/2+N	165	59	187
6	N	120	0	0
7	NPK	120	30	100
8	NPK + rizikové prvky	120	30	100
9	N + sláma	138	6	47

V tabulce č. 1 jsou uvedeny celkové dávky živin pro stanoviště Suchdol, a v tabulce č. 2 pro Humpolec a Hněvčeves, v kilogramech na hektar dodávané v hnojivech pro plodinu brambory, která se na stanovišti objevuje jednou za tři roky. Pro hnojení minerálním dusíkem slouží hnojivo LAV s obsahem dusíku 27 %, pro hnojení minerálním fosforem je využíváno hnojivo trojitý superfosfát s 21 % fosforu a pro hnojení minerálním draslíkem slouží hnojivo draselná sůl s 50 % draslíku.

4.3 Průměrné dávky sušiny, sušina a obsahy živin v org. hnojivech

Tab. č. 3 Průměrné dávky sušiny, sušina a obsahy živin v org. hnojivech

	Dávka (t.ha ⁻¹ /rok)	Sušina (%)	Obsah živin (% sušiny)				
			N	P	K	Ca	Mg
Kal 1	9,00	30,60	3,66	2,23	0,61	3,00	0,78
Hnůj Hněvčeves	16,63	25,60	2,15	0,75	2,49	2,51	0,59
Hnůj Humpolec	14,92	24,60	2,28	0,72	2,24	1,55	0,62
Hnůj Suchdol	16,83	34,20	2,05	0,76	1,94	2,20	0,60
Sláma	5,00	95,00	0,35	0,11	0,93	0,49	0,04

V tabulce č. 3 jsou uvedeny průměrné dávky kalu, hnoje a slámy na jednotlivých stanovištích od roku 1996 až do roku 2008, průměrné obsahy sušiny a průměrný obsah živin v těchto hnojivech. Varianta Kal 3, která zde není uvedena a nebude ani vyhodnocována, je rovna trojnásobné dávce varianty Kal 1.

4.4 Půdně klimatická charakteristika stanovišť

4.4.1 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Suchdol

Lokalizace: 50°7'40" N, 14°22'33"E

Nadmořská výška: 286 m. n. m.

Průměrná roční teplota: 9,1 °C

Průměrné roční srážky: 495 mm

Půdní typ: Černozem

Půdní druh: hlinitá

Tab. č. 4 Půdní vlastnosti stanoviště Suchdol

pH (CaCl ₂)	7,5
C _{ox} (%)	2,6
KVK (mmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	230
P* (mg.kg ⁻¹)	91
K* (mg.kg ⁻¹)	230
Mg* (mg.kg ⁻¹)	240
Ca* (mg.kg ⁻¹)	9000

*Mehlich III

Stanoviště Suchdol se nachází na severozápadním okraji Prahy. Jedná se o stanoviště ležící v řepařské výrobní oblasti s nejmenšími srážkami a nejvyššími průměrnými ročními teplotami ze všech stanovišť. Půdním typem je Černozem, tedy velice úrodná půda s vysokým obsahem uhličitanu vápenatého.

4.4.2 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Humpolec

Lokalizace: 49°33'16" N, 15°21'2"E

Nadmořská výška: 525 m. n. m.

Průměrná roční teplota: 7,0 °C

Průměrné roční srážky: 665

Půdní typ: Kambizem

Půdní druh: písčito-hlinitá

Tab. č. 5 Půdní vlastnosti stanoviště Humpolec

pH (CaCl ₂)	5,1
C _{ox} (%)	2,3
KVK (mmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	159
P* (mg.kg ⁻¹)	90
K* (mg.kg ⁻¹)	190
Mg* (mg.kg ⁻¹)	100
Ca* (mg.kg ⁻¹)	1300

*Mehlich III

Stanoviště Humpolec se nachází na severozápadě Vysočiny v bramborářské výrobní oblasti. Ze sledovaných stanovišť má nejnižší průměrné teploty a nejvyšší srážky. Půdním typem je Kambizem, tedy půda střední až nižší kvality.

4.4.3 Půdně klimatická charakteristika stanoviště Hněvčeves

Lokalizace: 50°18'46" N, 15°43'3"E

Nadmořská výška: 265 m. n. m.

Průměrná roční teplota: 8,2 °C

Průměrné roční srážky: 573

Půdní typ: Luvizem

Půdní druh: jílovito-hlinitá

Tab. č. 6 Půdní vlastnosti stanoviště Hněvčeves

pH (CaCl ₂)	5,9
C _{ox} (%)	1,6
KVK (mmol ⁽⁺⁾ .kg ⁻¹)	179
P* (mg.kg ⁻¹)	84
K* (mg.kg ⁻¹)	150
Mg* (mg.kg ⁻¹)	130
Ca* (mg.kg ⁻¹)	3600

*Mehlich III

Hněvčeves je nejnižší položené stanoviště. Nachází se severozápadně od Hradce Králové v řepařské výrobní oblasti. Půdním typem je Luvizem, což je jeden z nejúrodnějších půdních typů v České republice.

4.5 Charakteristika odrůdy použité k pokusu

Název odrůdy: Ditta (Lenka)

Vegetační doba: poloraná

Výnos: střední

Varný typ: AB (vhodná pro přípravu salátů)

Kvalita hlíz po uvaření: hlízy pevné, lojovité

Tvar hlíz: podlouhlý

Očka: mělká

Barva slupky: žlutá

Barva dužniny: žlutá

Choroby: odolná obecné strupovitosti a plísni bramborové na hlízách středně odolná virovým chorobám a plísni bramborové rezistentní k háďátku bramborovému (patotypu Ro1) a rakovině brambor (patotypu 1) (Anon., 2016)

4.6 Polní deník

Plodina: brambory

Lokalita: Suchdol

Pokusný rok: 2015

Tab. č. 7 Polní deník Suchdol

Datum	Úkon
6. 11. 2014	Aplikace hnoje, kalů, slámy a P, K hnojiv
6. 11. 2014	Orba
15. 4. 2015	Hnojení
22. 4. 2015	Sázení
7. 9. 2015	Sklizeň

Plodina: brambory

Lokalita: Humpolec

Pokusný rok: 2015

Počátek vzcházení: 30. 5. 2015

Plné vzejití: 6. 6. 2015

Počátek květu: 2. 7. 2015

Tab. č. 8 Polní deník Humpolec

Datum	Úkon
7. 11. 2014	Orba
30. 4. 2015	Hnojení
30. 4. 2015	Kypření-kultivátor (2x)
30. 4. 2015	Sázení
13. 5. 2015	Hrůbkování
27. 5. 2015	Herbicidní ošetření: Afalon 2l/ha a Comand 0,25 l/ha
1. 7. 2015	Fungicidní ošetření: Consento 1,6 l/ha
1. 7. 2015	Insekticidní ošetření: Biscaya 0,2 l/ha
16. 7. 2015	Fungicidní ošetření: Consento 2 l/ha
30. 7. 2015	Fungicidní ošetření: Consento 2 l/ha
10. 9. 2015	Sklizeň

Plodina: brambory

Lokalita: Hněvčeves

Pokusný rok: 2015

Počátek tvorby poupat: 15. 6. 2015

Konec květu: 15. 7. 2015

Tab. č. 9 Polní deník Hněvčeves

Datum	Úkon
31. 10. 2014	Orba
17. 3. 2015	Vláčení, kypření
21. 4. 2015	Hnojení
21. 4. 2015	Sázení
14. 5. 2015	Proorávka
25. 5. 2015	Herbicidní ošetření: Sencor 0,5 kg/ha
26. 6. 2015	Fungicidní ošetření: Altima 0,3 l/ha
26. 6. 2015	Insekticidní ošetření: Nurelle D 0,6 l/ha
2. 7. 2015	Insekticidní ošetření: Biscaya 0,2 l/ha
15. 7. 2015	Fungicidní ošetření: Acrobat MZ 2 kg/ha
28. 8. 2015	Mulčování natě
14. 9. 2015	Sklizeň

4.7 Odběr vzorků a hodnocení

Odběr vzorků pro stanovení počtu hlíz pod trsem, velikosti hlíz a jejich hmotnosti proběhl 4. září na stanovišti Suchdol. Došlo k odebrání trsů pro každou variantu a k zaznamenání počtu hlíz pod každým trsem. Následně došlo k vážení a měření délky brambor. Byla zvolena délka brambor, jako hodnotící prvek, jelikož tvar hlíz neumožňuje mechanickou kalibraci.

Po sklizni brambor byly hlízy omyty, nakrájeny a usušeny do konstantní hmotnosti, suché vzorky byly namlety a byly stanoveny obsahy dusíku.

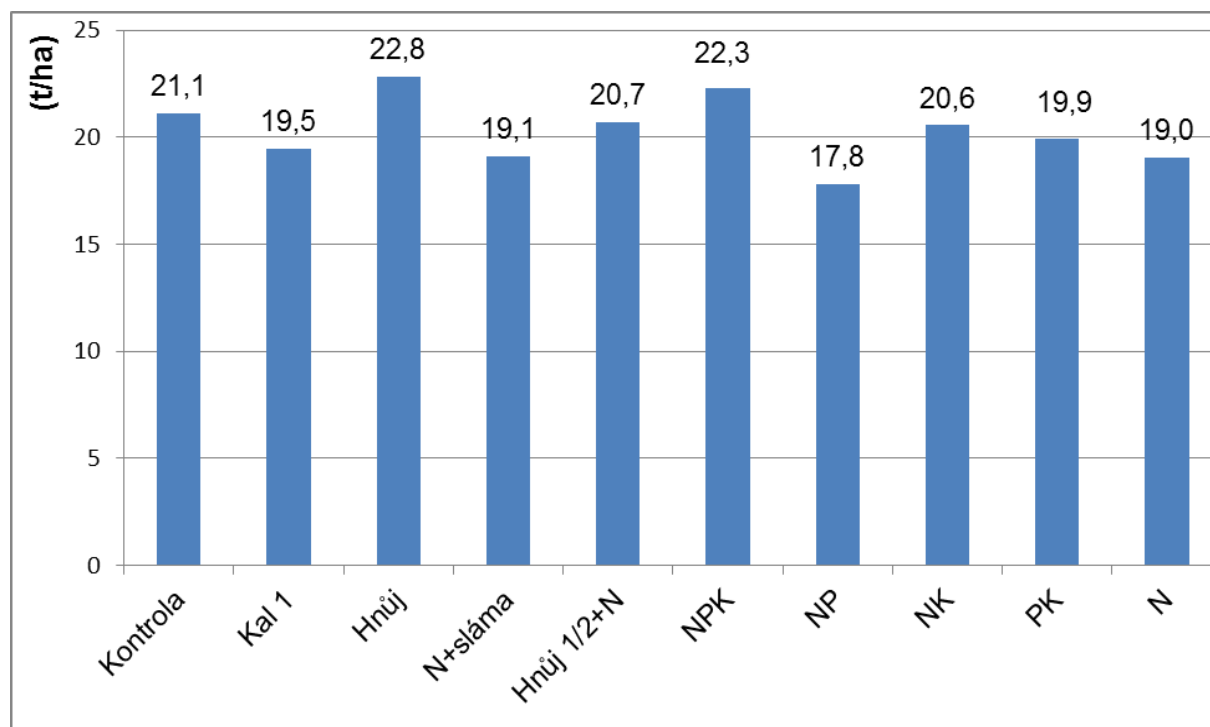
4.8 Analytická stanovení

Stanovení obsahu dusíku v hlízách brambor bylo provedeno dle Kjeldahla.

5 Výsledky

5.1 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Suchdol

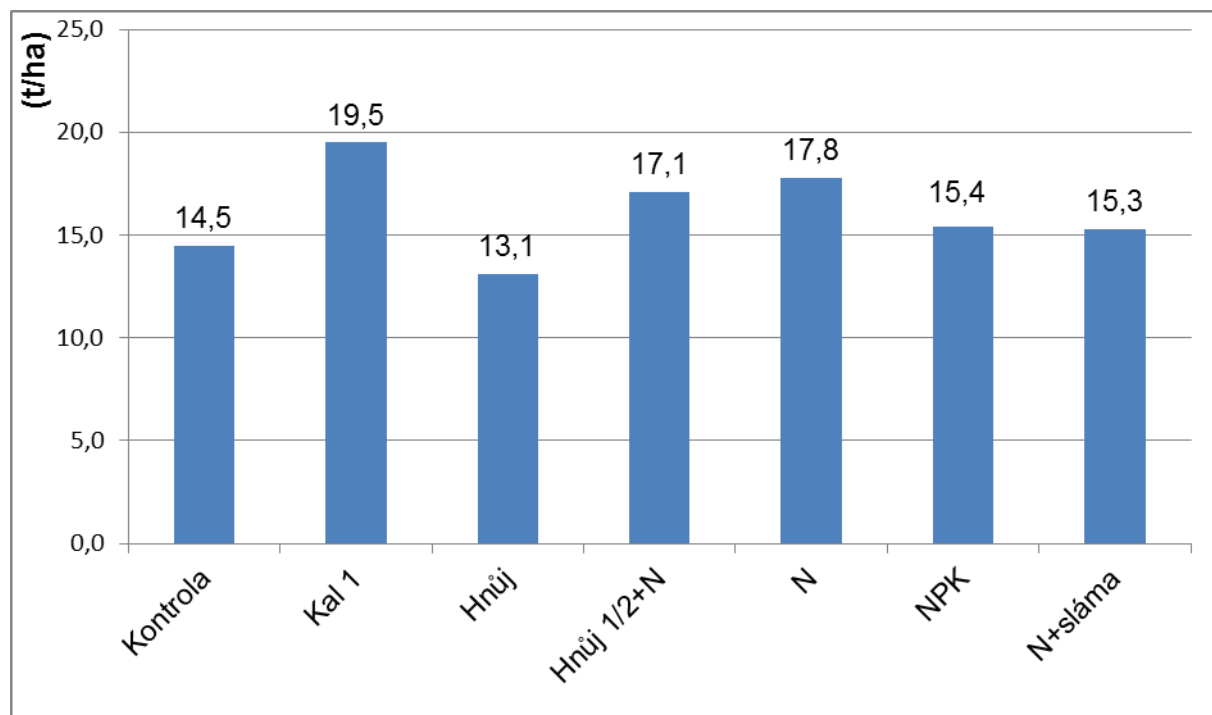
Graf č. 1 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Suchdol



Na stanovišti Suchdol dosáhla nejvyššího výnosu, jak je uvedeno v Grafu č. 1, varianta hnojená hnojem a to $22,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, ovšem o pouhých 2,2 % nižší výnos zaznamenala varianta hnojená NPK, tedy $22,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejmenší výnos poskytla varianta NP, kde celkový výnos vyšel $17,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a byl nižší o 21,9 %. Kontrola dosáhla výnosu $21,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což je oproti hnoji méně o 7,5 %. Varianta Kal poskytla výnos $19,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což je o $3,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ méně, než varianta hnůj. Z parcelky hnojené dusíkem a slámou bylo sklizeno $19,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a výnos byl tedy nižší než u hnoje o 16,2 %. Varianta hnojená poloviční dávkou hnoje poskytla výnos $20,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, o 9,2 % méně než hnůj. Varianta NK dosáhla výnosu $20,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a zaostala za hnojem ve výnosu o 9,6 %, stejně tak i varianta PK měla nižší výnos než hnůj o $2,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tedy $19,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Z parcelky hnojené pouze dusíkem byl získán výnos $19 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a do vyrovnání hnoje chybělo $3,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

5.2 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Humpolec

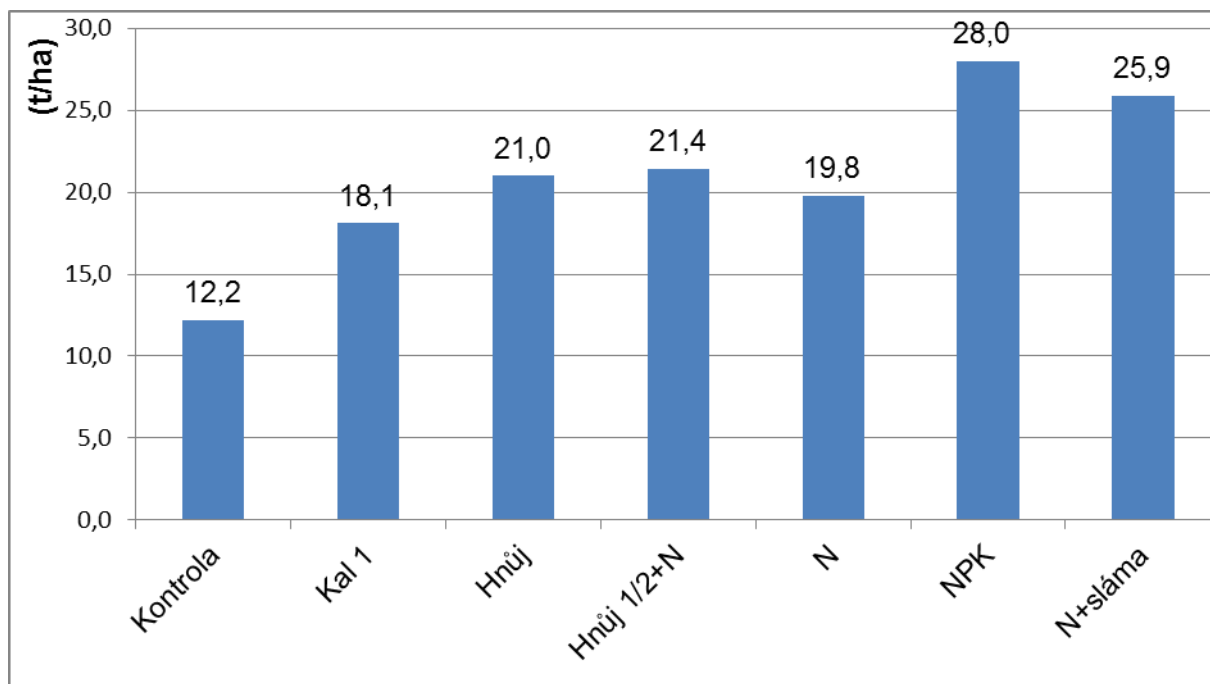
Graf č. 2 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Humpolec



Nejmenšího výnosu na stanovišti Humpolec dosáhla varianta hnůj (viz. Graf č. 2) s výnosem $13,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, největší výnos poskytla varianta Kal s výnosem $19,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a došlo tak k nárůstu výnosu o 48,9 %. Z kontroly bylo sklizeno $14,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, o 10,7 % více než u hnoje. Poloviční dávka hnoje měla výnos o celé $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ vyšší než plná dávka hnoje. Na parcelce hnojené pouze dusíkem došlo ke zvýšení výnosu oproti hnoji o 35,9 % na $17,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Varianta NPK dosáhla výnosu $15,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, o 17,6 % více než hnůj a varianta dusík a sláma poskytla výnos $15,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, o $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ více než hnůj.

5.3 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Hněvčeves

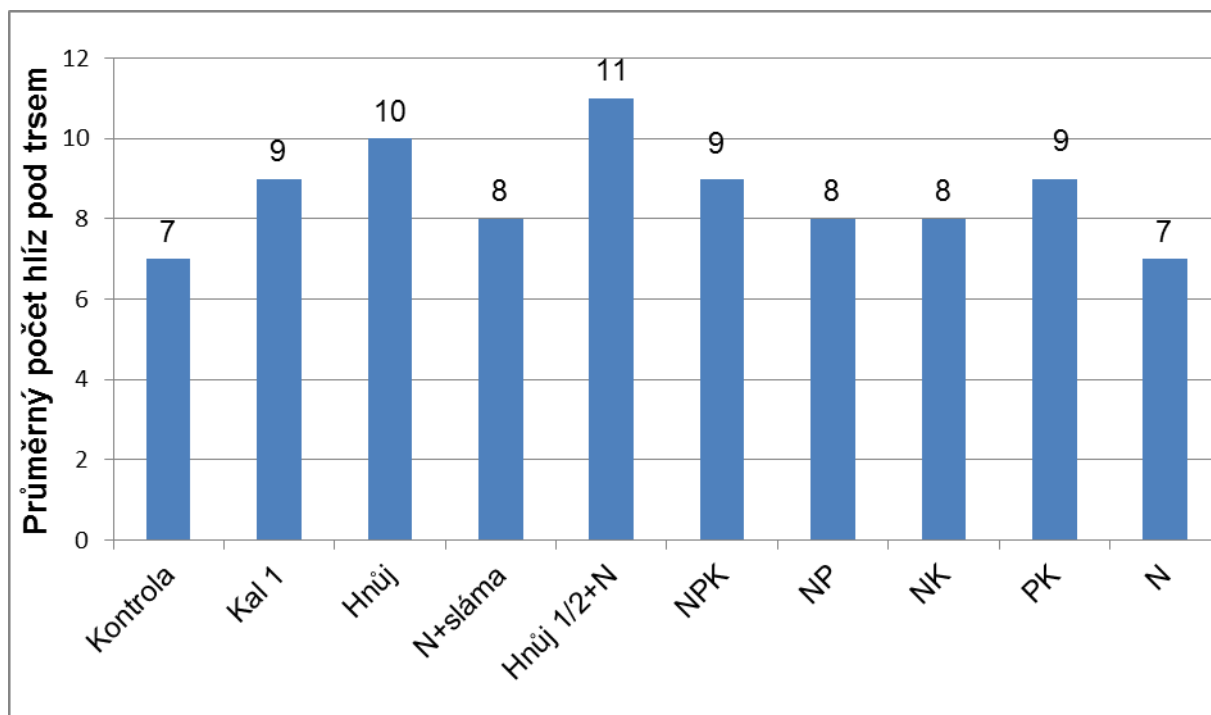
Graf č. 3 Průměrný výnos hlíz na stanovišti Hněvčeves



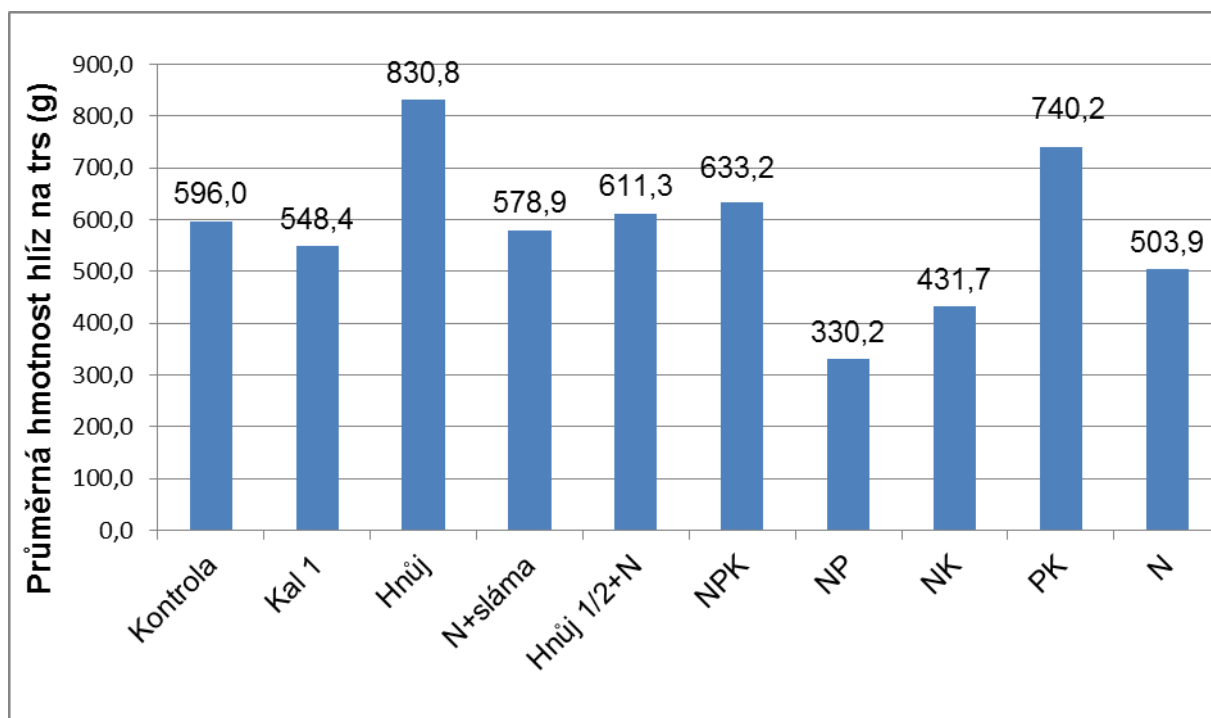
Na stanovišti Hněvčeves poskytla největší výnos varianta hnojená NPK (viz. Graf č. 3) s výnosem $28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a tím dosáhla většího výnosu o 33,3 % oproti hnoji, který zaznamenal výnos rovných $21 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejmenší produkce hlíz byla u varianty kontrola, kde se výnos dosáhl $12,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a oproti hnoji byl nižší o 41,9 %. Z varianty Kal bylo sklizeno 18,1 tun, o 13,8 % méně než z hnoje. Parcelka, kde byla použita poloviční dávka hnoje, poskytla výnos $21,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a tedy o $0,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ více než z parcelky s hnojem. Druhý největší výnos byl zaznamenán na variantě dusíku a slámy. Tato varianta dosáhla výnosu $25,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a produkce hlíz byla tedy vyšší oproti hnoji o 23,3 %.

5.4 Průměrný počet hlíz na trs, velikost a hmotnost na stanovišti Suchdol

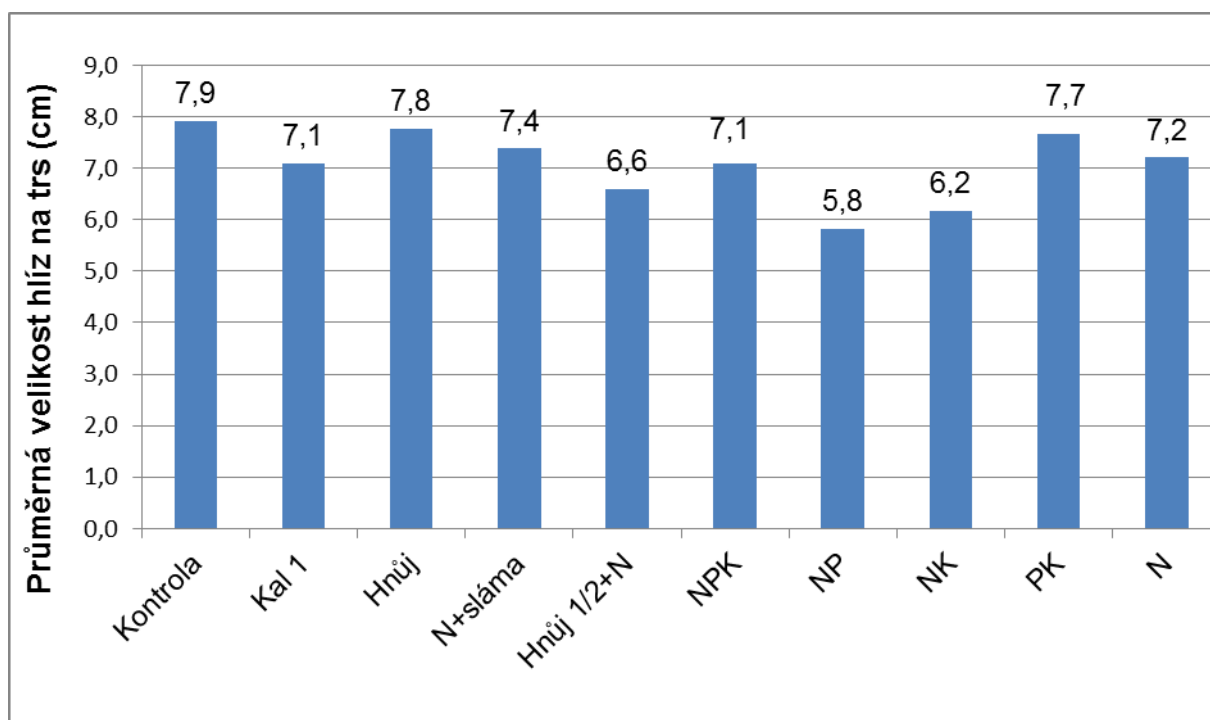
Graf č. 4 Průměrný počet hlíz na trs na stanovišti Suchdol



Graf č. 5 Průměrná hmotnost hlíz na trs na stanovišti Suchdol



Graf č. 6 Průměrná velikost hlíz na stanovišti Suchdol

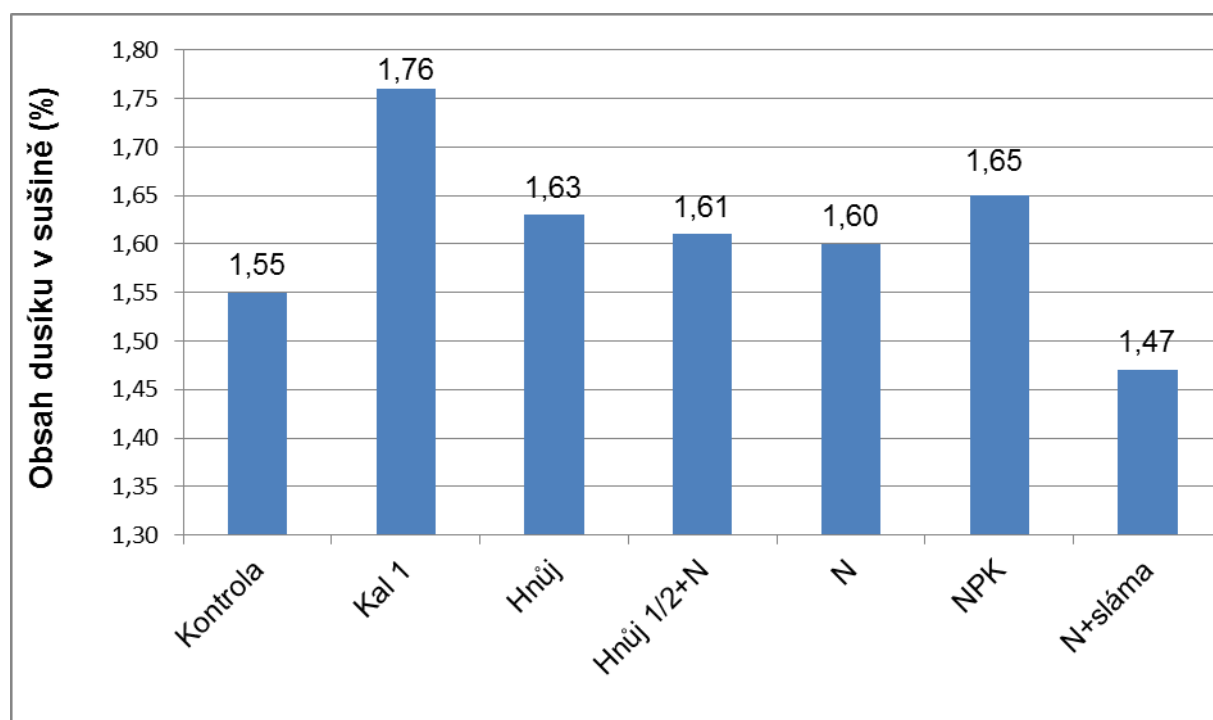


Z Grafů č. 4, 5 a 6 hodnotící průměrný počet, hmotnost a velikost hlíz na trs na stanovišti Suchdol vyplývá, že nejvyšších výsledků ve všech sledovaných kategoriích dosáhl hnůj, který zaznamenal průměrně 10 hlíz na trs, 830,8 g na trs a 7,8 cm délky. Průměrný počet hlíz o jednu větší, než má hnůj, tedy 11 poskytla varianta hnojená poloviční dávkou hnoje, avšak ta poskytla průměrnou hmotnost hlíz 611,3 g, oproti hnoji o 26,4 % menší, průměrná velikost hlíz o této varianty byla 6,6 cm, tedy o 15,1 % nižší. Nejmenšího průměrného počtu hlíz pod trsem dosáhla kontrola, ta zaznamenala průměrně 7 hlíz pod trsem, v průměrné hmotnosti poskytla 596 g, o 28,3 % méně než hnůj, avšak vyprodukovala hlízy průměrně největší (7,9 cm). Z trsů varianty Kal bylo průměrně sklizeno 9 hlíz, o 10 % méně než u hnoje, 548,4 g, o 34 % méně než u hnoje, a průměrná velikost dosahovala 7,1 cm. Varianta dusíku a slámy poskytla průměrně 8 hlíz pod trsem, o 20 % méně než u hnoje, 578,9 g pod trsem, o 30,3 % méně než hnůj, a průměrnou velikost 7,4 cm, o 0,4 cm méně ve srovnání s hnojem. Z ploch hnojených NPK bylo získáno průměrně 9 hlíz pod trsem, o 10 % méně než z hnoje, 633,2 g, tedy o 23,8 % méně než u hnoje. Průměrnou velikost hlíz poskytla varianta NPK o 8,9 % menší než varianta hnůj, tedy 7,1 cm. Z variant, kde nebylo hnojeno alespoň jednou ze základních živin, bylo nejvíce sklizeno z varianty PK, která poskytla průměrně 9 hlíz pod trsem, stejně jako varianta NPK, 740,2 g pod trsem, tedy o 16,9 % více než u varianty NPK,

a průměrně 7,7 cm veliké hlízy, o 8,3 % více než NPK. Z varianty NK bylo sklizeno průměrně pod trsem 8 hlíz, o 11,1 % méně než z NPK, 431,7 g, o 31,8 % méně než u NPK, a průměrná velikost dosahovala 6,2 cm, oproti 7,1 cm u NPK. Varianta hnojená pouze dusíkem poskytla, stejně jako kontrola, nejmenší průměrný počet hlíz pod trsem, tedy 7. V porovnání s NPK o 22,2 % méně. Pod jedním trsem bylo průměrně získáno u varianty N 503,9 g, o 20,4 % méně než u NPK. Průměrná velikost hlíz dosáhla u varianty hnojené pouze dusíkem 7,2 cm, tedy o 1,8 % více než u NPK. Nejmenší hodnoty ve dvou ze tří sledovaných kategorií v grafech 5, 6 a 7 poskytla varianta hnojená dusíkem a fosforem. Varianta NP průměrně vyprodukovala 8 hlíz pod trsem, o 11,1 % méně než u NPK. S průměrnou hmotností hlíz 330,2 g pod jedním trsem, měla menší výnos o 47,9 % oproti NPK. Z parcelky hnojené NP byly vyprodukovány hlízy o průměrné velikosti 5,8 cm, o 17,8 % menší než z parcelky hnojené NPK.

5.5 Obsah dusíku na stanovišti Suchdol

Graf č. 7 Obsah dusíku na stanovišti Suchdol

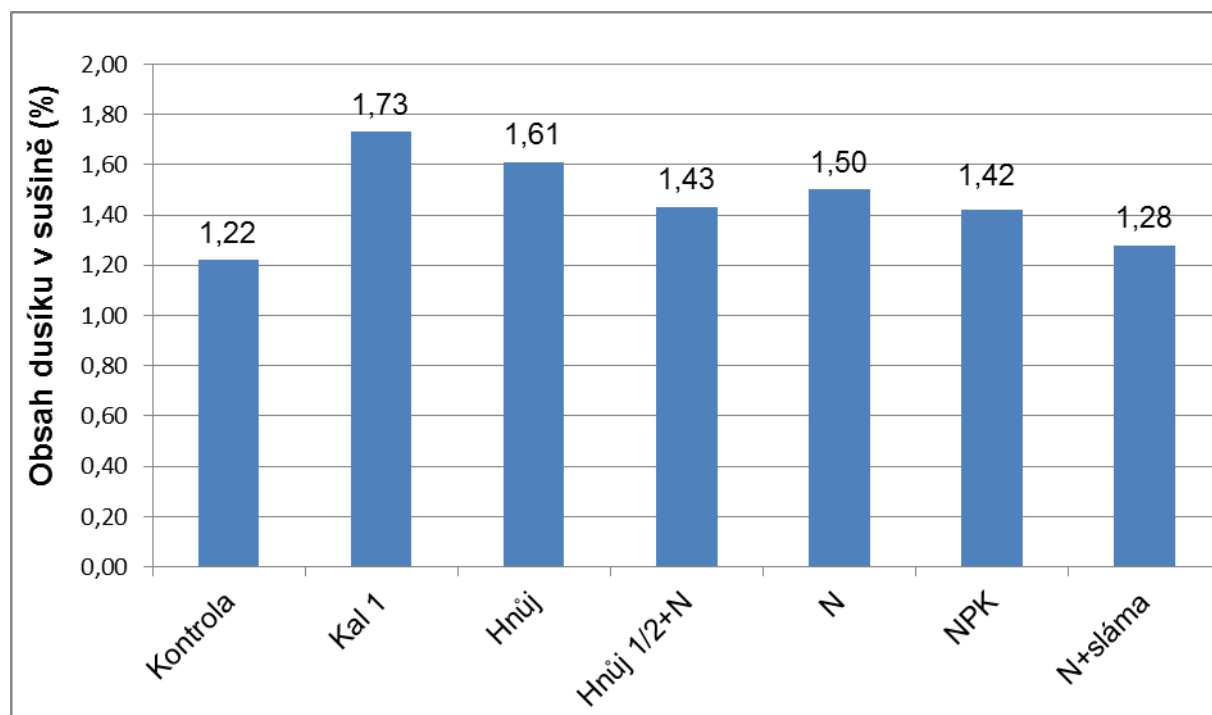


Nejvyššího obsahu dusíku v sušině na stanovišti Suchdol (viz. Graf č. 7) dosáhla varianta Kal s obsahem 1,76 %. Oproti variantě hnůj, která obsahovala v sušině 1,63 %, tak měla v sušině o 0,13 % více dusíku. Hlízy sklizené z varianty kontrola obsahovaly v sušině 1,55 % dusíku, a měly tedy v sušině o 0,08% méně

dusíku. Obsah dusíku v sušině 1,61 % zaznamenala varianta hnojená poloviční dávkou hnoje, o 0,02 % méně než hnůj. Sušina varianty hnojené pouze dusíkem obsahovala 1,6 % dusíku, o 0,03 % méně než hnůj. Varianta NPK měla v sušině o 0,02% více dusíku než hnůj, tedy 1,65. Nejnižších hodnot obsahu dusíku v sušině dosáhly hlízy z varianty N+sláma, Obsahovaly 1,47 % dusíku, o 0,16 % méně než hnůj.

5.6 Obsah dusíku na stanovišti Humpolec

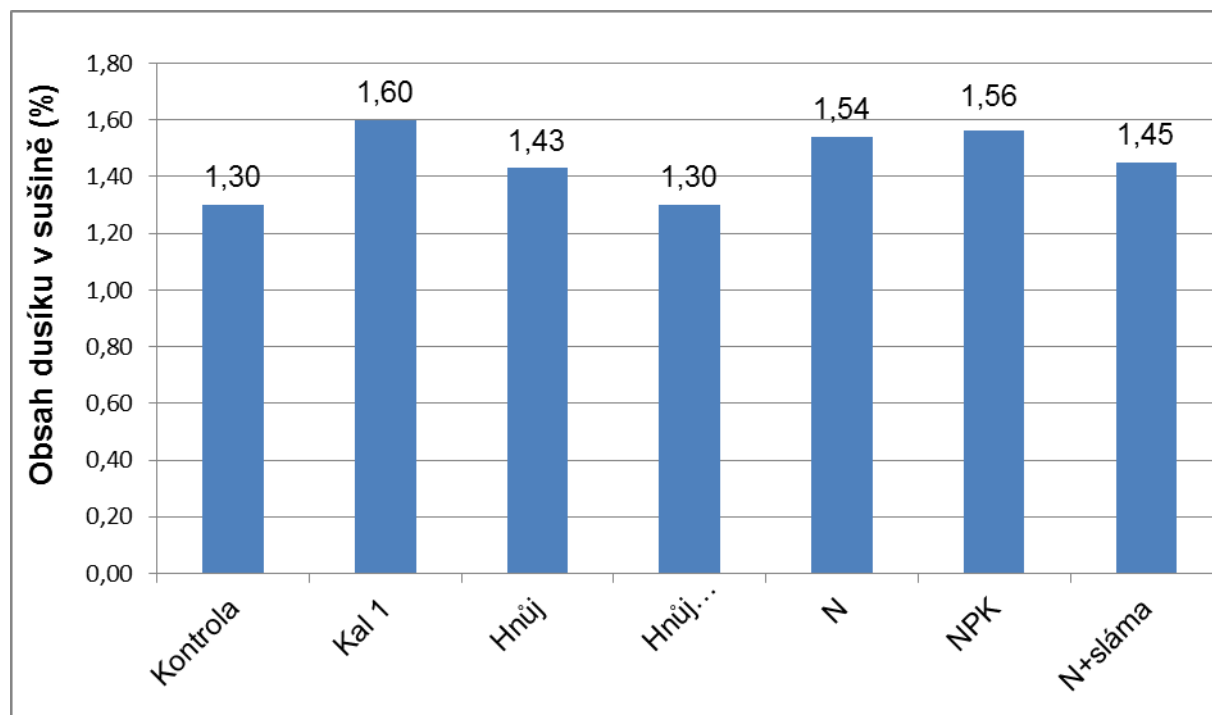
Graf č. 8 Obsah dusíku na stanovišti Humpolec



Nejvyšších hodnot obsahu dusíku v sušině, patrných z Grafu č. 8, zaznamenala varianta Kal. S obsahem 1,73 % tak měla větší obsah o 0,12 % oproti variantě hnůj, která obsahovala 1,61 % dusíku v sušině hlíz. Nejmenšího obsahu, o 0,39 % méně než hnůj, dosáhla kontrolní varianta s obsahem 1,22 %. Hlízy z políčka hnojeného poloviční dávkou hnoje obsahovaly 1,43 % dusíku v sušině, tedy o 0,18 % méně než hlízy z varianty hnůj. Varianta hnojená pouze dusíkem obsahovala 1,50 % dusíku v sušině, o 0,11 % méně než hnůj. Hodnoty dusíku v sušině o 0,19 % menší než hnůj dosáhla varianta NPK. Varianta dusíku a slámy obsahovala 1,28 % dusíku v sušině a měla tedy nižší obsah oproti hnoji o 0,33 %.

5.7 Obsah dusíku na stanovišti Hněvčeves

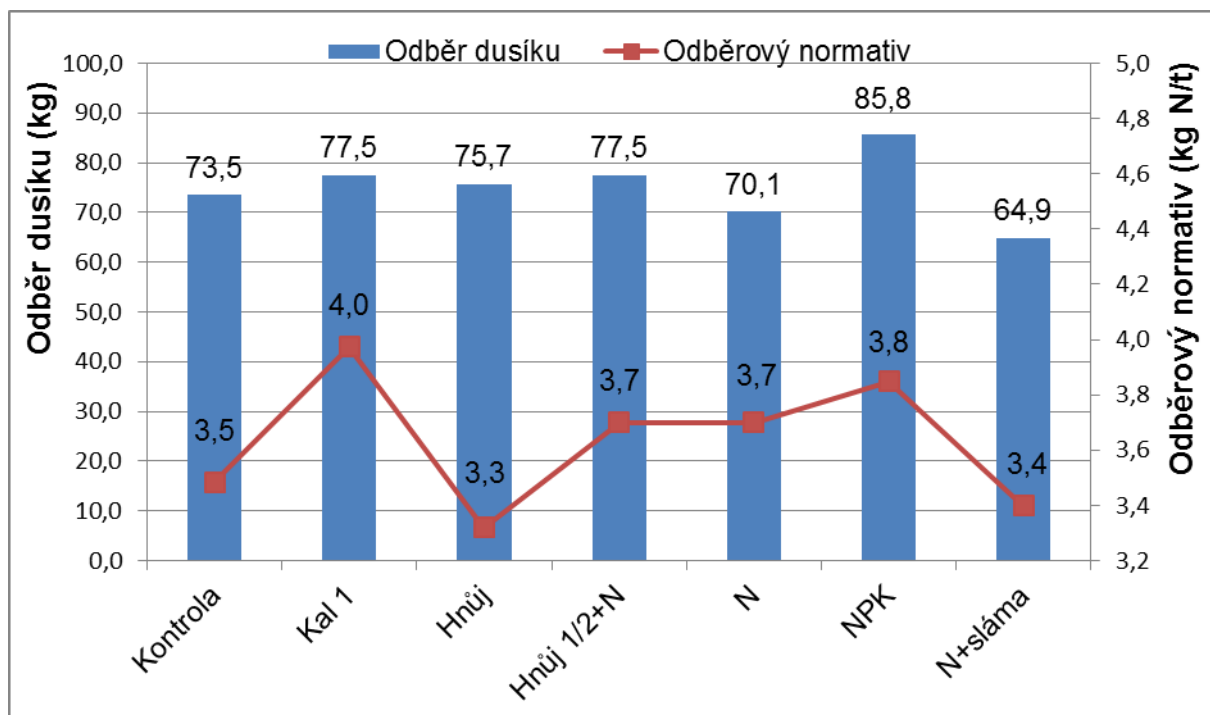
Graf č. 9 Obsah dusíku na stanovišti Hněvčeves



Na stanovišti Hněvčeves byly zaznamenány nejvyšší obsahy dusíku v sušině (viz. Graf č. 9) na variantě Kal. Ta obsahovala 1,60 % dusíku v sušině a oproti hnoji, který obsahoval 1,43 %, tak dosáhla o 0,17 % dusíku více. Další varianty s vyššími obsahy dusíku v sušině oproti hnoji o 0,11 %, 0,13 % a 0,02 % jsou varianty N, NPK a N+sláma s obsahy 1,54 %, 1,56 % a 1,45 %. Hlízy sklizené z varianty kontrola a z varianty hnojné poloviční dávkou hnoje obsahovaly 1,30 % dusíku v sušině, tedy o 0,13 % méně než hnůj.

5.8 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Suchdol

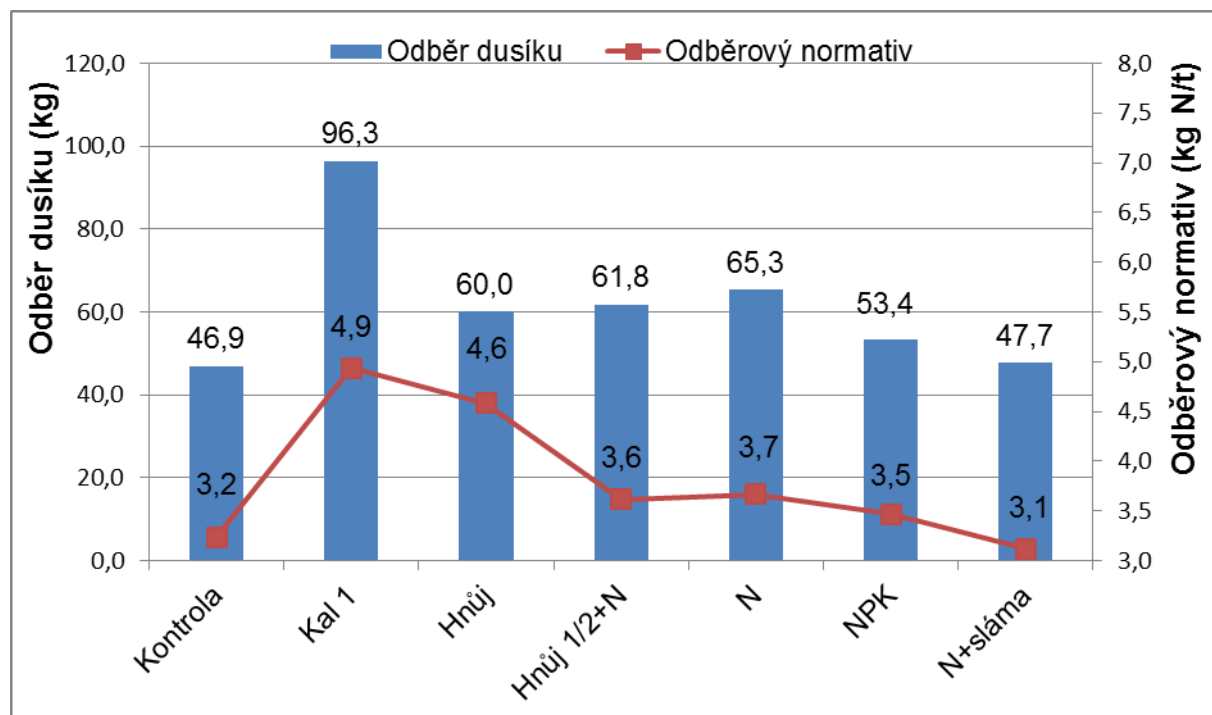
Graf č. 10 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Suchdol



Odběr dusíku byl vypočítán z jeho obsahu v sušině. Nejvyšší odběr (viz. Graf č. 10) byl zaznamenán u varianty NPK, kde dosáhl hodnot 85,8 kg dusíku a odběrový normativ u této varianty měl hodnotu 3,8 kg dusíku na tunu produkce. Nejnižší odběr byl vypočten u varianty hnojené slámou a dusíkem, ten dosáhl hodnot 64,9 kg a odběrový normativ byl 3,4 kg N na tunu produkce. Varianta hnojená pouze dusíkem měla odběr dusíku 70,1 kg a odběrový normativ 3,7 kg dusíku na tunu hlíz. Velice podobné odběry dusíku byly zaznamenány u variant Kontrola, Kal, Hnůj a varianta hnojená poloviční dávkou hnoje, konkrétně 73,5 kg, 77,5 kg, 75,7 kg a 77,5 kg. Odběrové normativy těchto varianty dosahovaly hodnot 3,5 kg N.t⁻¹, 4 kg N.t⁻¹, 3,3 kg N.t⁻¹ a 3,7 kg N.t⁻¹.

5.9 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Humpolec

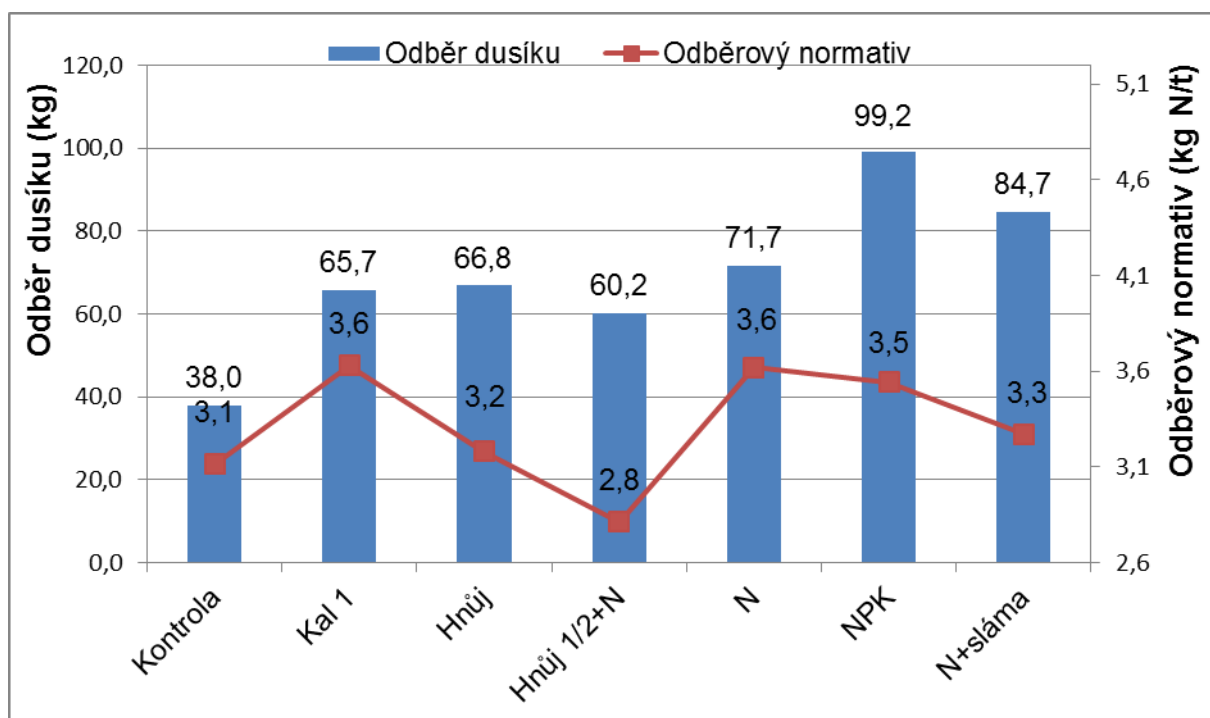
Graf č. 11 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Humpolec



Varianta Kontrola zaznamenala (viz. Graf č. 11) nejnižší odběr dusíku a to 46,9 kg a odběrový normativ 3,2 kg N.t⁻¹. Druhého nejnižšího odběru dusíku dosáhla varianta N+sláma s odběrem 47,7 kg dusíku a s odběrovým normativem 3,1 kg N.t⁻¹. Varianta Kal odebrala 96,3 kg dusíku a měla odběrový normativ 4,9 kg N.t⁻¹. Varianta NPK měla odběr dusíku 53,4 kg a odběrový normativ 3,5 kg N.t⁻¹. Podobné odběry byly zaznamenány u variant Hnůj, N a varianta hnojná poloviční dávkou hnoje a odebraly 60,0 kg N, 61,8 kg N a 65,3 kg N s odběrovými normativy 4,6 kg N.t⁻¹, 3,6 kg N.t⁻¹ a 3,7 kg N.t⁻¹.

5.10 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Hněvčeves

Graf č. 12 Odběr dusíku a odběrový normativ na stanovišti Hněvčeves



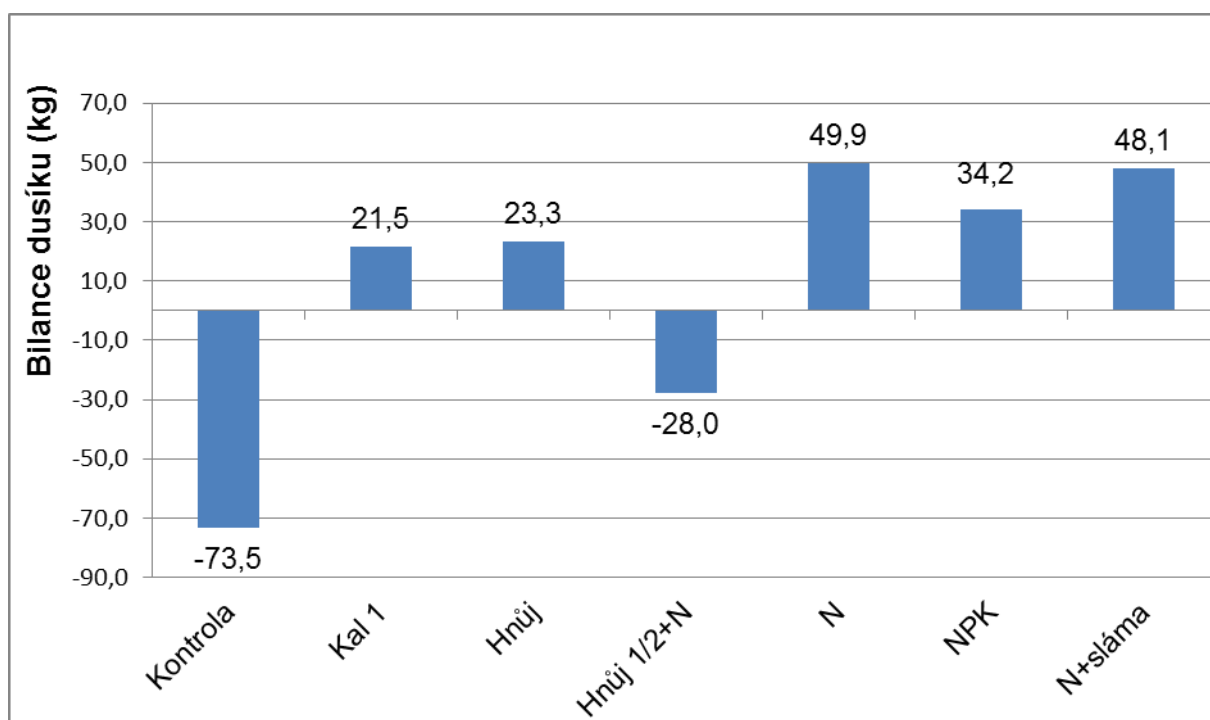
Varianta Kontrola dosáhla (viz. Graf č. 12) nejnižšího odběru dusíku. Odebrala 38,0 kg dusíku a odběrový normativ byl 3,1 kg N.t⁻¹. Varianty Kal, Hnůj a N odebraly podobná množství dusíku, 65,7 kg N, 66,8 kg N a 71,7 kg N a měly odběrové normativy 3,6 kg N.t⁻¹, 3,2 kg N.t⁻¹ a 3,6 kg N.t⁻¹. Varianta hnojená poloviční dávkou hnoje měla odběr 60,2 kg N a odběrový normativ 2,8 kg N.t⁻¹. Nejvyšší odběru dusíku byl zaznamenán u varianty NPK, konkrétně 99,2 kg N a odběrový normativ činil 3,5 kg N.t⁻¹. Varianta hnojená N+sláma měla odběr dusíku 84,7 kg a odběrový normativ 3,3 kg N.t⁻¹.

5.11 Bilance dusíku

Bilance dusíku byla stanovena na základě množství dodaného dusíku a dusíku odebraného hlízkami. U minerálních hnojiv se jedná o rozdíl aplikované dávky v minerální formě a množství odebraného dusíku na základě výnosu, obsahu sušiny a obsahu dusíku v sušině. U hnojiv s tzv. pomalu uvolnitelným dusíkem dle Nitrátové směrnice (Česko, 2012), tedy u hnoje a kalu, bylo množství dostupného dusíku pro plodinu stanoveno jako 30 % z celkového množství dodaného dusíku. U varianty hnojené slámou a dusíkem bylo od celkové dávky dusíku odečteno, dle Vaňka et al. (1998), 5 kg dusíku na každou tunu aplikované slámy, tedy 25 kg dusíku.

5.11.1 Bilance dusíku na stanovišti Suchdol

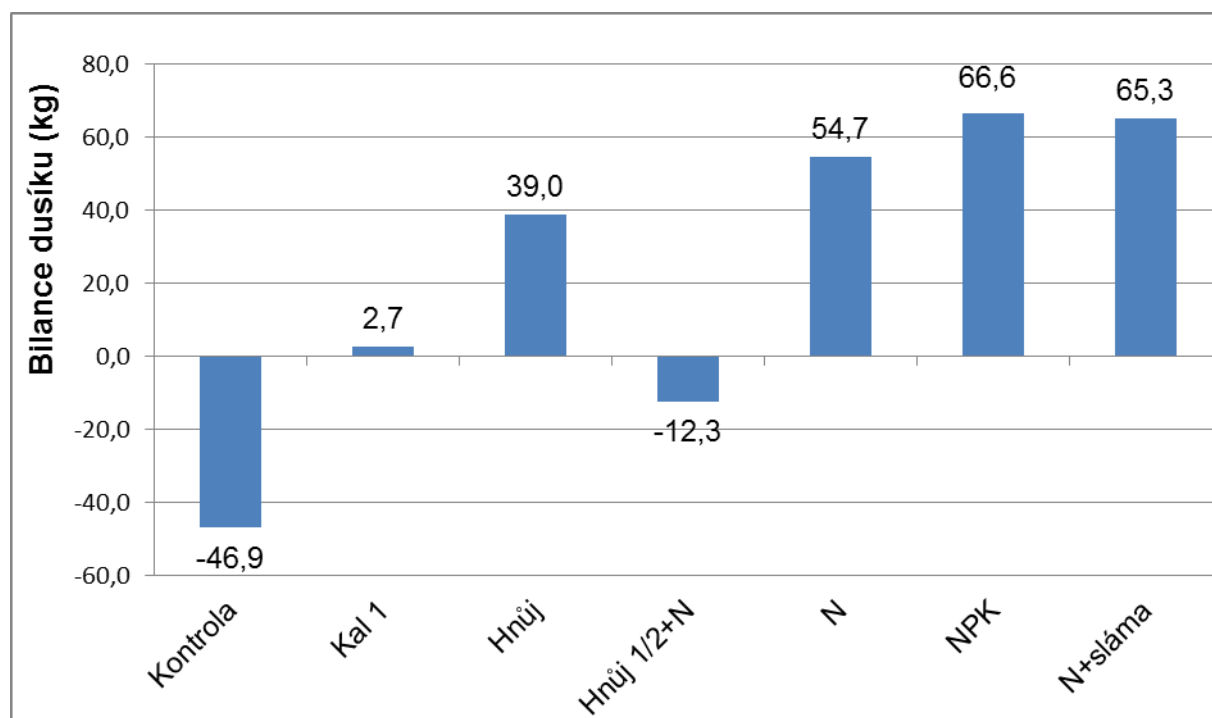
Graf č. 13 Bilance dusíku na stanovišti Suchdol



Bilance dusíku na stanovišti Suchdol (viz. Graf č. 13) dosáhla záporných hodnot u varianty Kontrola a u varianty hnojené poloviční dávkou hnoje konkrétně -73,5 kg dusíku a - 28,0 kg dusíku. Kladná byla bilance dusíku u varianty Kal, kde rostliny odebraly o 21,5 kg méně dusíku, než kolik bylo aplikováno v hnojivech. Obdobnou bilanci zaznamenala i varianta Hnůj, tedy 23,3 kg dusíku. Varianta NPK měla bilanci 34,2 kg dusíku. Nejvíce kladnou bilanci zaznamenaly varianty N a N+sláma, kde bilance dosahovala 49,9 kg dusíku a 48,1 kg dusíku.

5.11.2 Bilance dusíku na stanovišti Humpolec

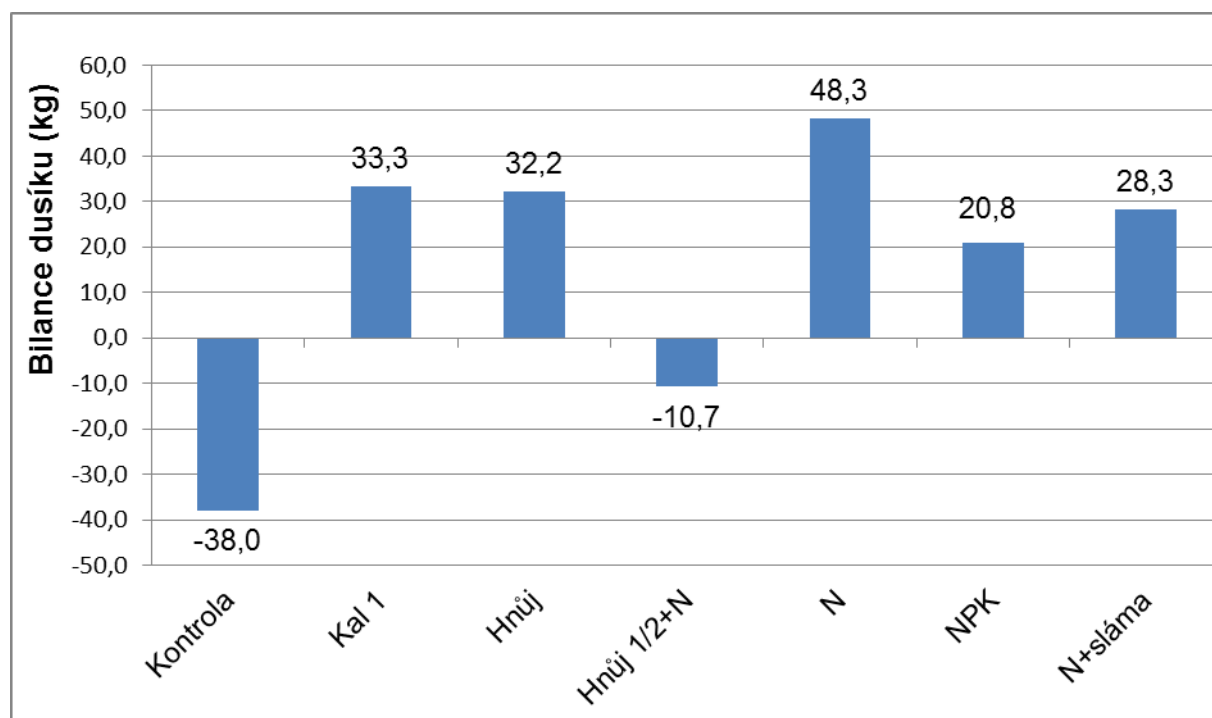
Graf č. 14 Bilance dusíku na stanovišti Humpolec



Bilance dusíku na stanovišti Humpolec byla záporná (viz. Graf č. 14) u varianty Kontrola, kde dosáhla -46,9 kg dusíku, a u varianty hnojené poloviční dávkou hnoje, -12,3 kg dusíku. Varianta Kal s bilancí 2,7 kg dusíku měla bilanci téměř neutrální. Kladná byla bilance dusíku u varianty hnůj, kde rostliny odebraly o 39,0 kg dusíku méně, než bylo aplikováno. Nejvíce kladnou bilanci zaznamenaly varianty N, NPK a N+sláma, kde bilance vyšla 54,7 kg dusíku, 66,6 kg dusíku a 65,3 kg dusíku.

5.11.3 Bilance dusíku na stanovišti Hněvčeves

Graf č. 15 Bilance dusíku na stanovišti Hněvčeves



Záporná bilance dusíku na stanovišti Hněvčeves (viz. Graf č. 15) byla zaznamenána na variantách Kontrola, kde dosáhla -38 kg dusíku, a na variantě hnojené poloviční dávkou hnoje, kde byla 10,7 kg dusíku. Varianta NPK měla bilanci 20,8 kg dusíku. U variant Kal, Hnůj a N+sláma byly zaznamenány bilance 33,3 kg dusíku, 32,2 kg dusíku a 28,3 kg dusíku. Nejkladnější bilanci dusíku poskytla varianta N s bilancí 48,3 kg dusíku.

6 Diskuze

Průměrný výnos hlíz za rok 2015 dosahoval na území České republiky podle Agrární komory (2016) $21,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na stanovišti Suchdol vyšších hodnot dosáhla pouze varianta Hnůj s výnosem $22,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a varianta NPK s výnosem $22,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, na stanovišti Hněvčeves varianta NPK s výnosem $28,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a varianta N+sláma s výnosem $25,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Větší počet variant nepřesáhl celorepublikový průměr zřejmě proto, že jsou do tohoto průměru započítávány i plochy brambor, které jsou v průběhu vegetace v případně nedostatku srážek, který byl v roce 2015 enormní, zavlažovány. Souvislost se snížením výnosu při nedostatku srážek potvrzují Vos et Haverkort (2007), Litaladio et al. (2009) a v podmínkách České republiky i Vokál et al. (2000), a zároveň při zalévání dochází k ochlazení porostů a půdy a tím pádem byla, v mimořádně teplém roce 2015, limitním faktorem pro výnos také teplota, což potvrzují Govindakrishnan et Haverkort (2006) i Struik (2007).

Nejvyššího výnosu na stanovišti Suchdol bylo dosaženo na variantě hnojené plnou dávkou hnoje, což je pravděpodobně výsledek kladného působení hnoje na biologické, fyzikální a chemické vlastnosti půdy, především na schopnost retenční. Positivní vliv na tyto vlastnosti a na výnos potvrzují i Najm et al. (2012). Výnos byl podpořen jak velkým počtem hlíz na trs (10), tak i vysokou průměrnou velikostí jedné hlízy (7,8 cm), což je nejspíš důsledek působení přídatku fosforu a draslíku v hnoji, oproti ostatním variantám. Kladné působení těchto živin na počet a velikost hlíz potvrzují Roy et al. (2001), Govindakrishnan et Haverkort (2006) i White et al. (2007). Další variantou na stanovišti Suchdol, která dosáhla vyššího výnosu, než byl celostátní průměr, byla varianta NPK. Nepotvrdila však tvrzení Šreka et al. (2010) o tom, že vyšších výnosů dosahují porosty hnojené minerálními hnojivy oproti porostům hnojeným hnojivy organickými.

Varianta Kontrola dosáhla třetího nejvyššího výnosu. To bylo nejspíš způsobeno tím, došlo k nasazení pouze malého počtu hlíz (7 hlíz), což potvrzují průměrné počty hlíz na trs při kontrolních odkopech, z důvodu nízké zásoby živin v půdě, avšak srážky před ukončením vegetace kompenzovaly malý počet hlíz nejvyšší velikostí hlíz (7,9 cm) ze všech sledovaných variant. Tuto kompenzaci popisují i Rybáček et al. (1988).

Varianta hnojená slámou a dusíkem poskytla podprůměrný výnos ($19,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a není tak v souladu s názorem Alvarez et al. (2006) o nejlepších výnosech dosahovaných při kombinaci minerálních a organických hnojiv, avšak při jejich pokusech nebyla konkrétně sláma jako organické hnojivo použita a spíše byl použit hnůj. Výnos varianty hnojené slámou a dusíkem však potvrdil tvrzení Šreka et al. (2010), že dlouhodobá aplikace slámy nemá pozitivní efekt na výnos hlíz.

Nejnižšího výnosu dosáhla varianta NP s výnosem $17,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a je v souladu s tvrzením Rybáčka et al. (1988), že hmotnost, respektive velikost jedné hlízy určuje hospodářský výnos, a i ta byla u této varianty nejmenší (5,8 cm). Právě velikost jedné hlízy ovlivňuje podle Govindakrishnana et Havekorta (2006), ale také podle Starka et Westermanna (2003) draslík, který na této variantě nebyl aplikován.

Nejvyššího výnosu, $19,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, dosáhla na stanovišti Humpolec varianta Kal. Uvolňování živin z kalu bylo pravděpodobně synchronizováno s potřebou živin brambor. Tato skutečnost není v souladu s tvrzením, které publikovali White et al. (2007), že pro optimalizaci produkce hlíz, musí být dusík aplikován v organických i anorganických hnojivech.

Varianta NPK na stanovišti Humpolec, s výnosem $15,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, poskytla výnos nižší, než byl průměr všech variant na stanovišti, a nepotvrdila tak názor Černého et al. (2010), kteří tvrdí, že efekt aplikace minerálních dusíkatých hnojiv na výnos plodin je větší v méně příznivých výrobních oblastech s horšími půdně-klimatickými podmínkami ve srovnání s úrodnějšími oblastmi.

Nejnižší výnos na stanovišti Humpolec byl získán z varianty Hnůj, konkrétně $13,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Výnos této varianty byl nižší než výnos nehnojené Kontroly, a tato skutečnost nepotvrdila názor Vaňka et al. (2012), který uvádí, že pozemky pravidelně hnojené hnojem mají vyšší úrodnost. Vyšší výnos Kalu oproti Hnoji je třeba není v souladu s tvrzením Hamouze (1994), který mezi nejvhodnější organická hnojiva pod brambory řadí hnůj a kompost.

Výnos varianty NPK na stanovišti Hněvčeves, dosahující $28,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, potvrzuje názor Alvarezze et al. (2006) i Šreka et al. (2010), kteří tvrdí, že největší produkce hlíz je dosahováno při hnojení minerálními hnojivy, a nepotvrzuje názor Palmera et al. (2013) o vhodnosti kombinace organických a minerálních hnojiv. Varianta N+sláma, která dosáhla druhého nejvyššího výnosu ($25,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), potvrzuje názor Whita et al. (2007), který tvrdí, že pro optimalizaci produkce hlíz musí být dusík dodáván v minerálních i organických hnojivech a není v souladu s názorem Šreka et al. (2010), kteří tvrdí, že dlouhodobá aplikace slámy nemá dlouhodobý kladný vliv na výnos hlíz.

Bilance dusíku vyšla záporná na všech stanovištích u varianty Kontrola. Nejnižších hodnot dosáhla na stanovišti Suchdol, čemuž odpovídá i nejvyšší výnos ze všech Kontrol. Tento fakt je způsoben dobrými vlastnostmi půdy v Suchdole, která má i nejvyšší sorpční kapacitu a do jisté míry tak potlačuje tvrzení Vose et Haverkorta (2007) o tom, že nedostatek vody snižuje výnos, i skutečnost nejnižších průměrných srážek v rámci stanovišť.

Záporných hodnot bilance dusíku na všech stanovištích dosáhla ještě varianta hnojená poloviční dávkou hnoje. To je pravděpodobně způsobeno sorpcí části dusíku z hnojení předplodin (pšenice, ječmene), který není těmito plodinami plně využit a k jeho zužitkování dochází až právě bramborami. Tuto hypotézu potvrzují Černý et al. (2010), kteří tvrdí že s určitým podílem využitím živin je možné kalkulovat v následujících letech. Z toho důvodu skutečná bilance nemusí být záporná, avšak tato domněnka není ve výpočtu zohledněna.

Odběr dusíku na stanovišti Suchdol vykazuje vysokou vyrovnanost a vychází i z relativně malých rozdílů ve výnosech u jednotlivých variant. Tato skutečnost je pravděpodobně způsobena skutečně vysokou kvalitou půdy v Suchdole a její sorpční kapacitou. Efektivita využití živin je však poměrně proměnná. Nejvyššího odběrového normativu na tomto stanovišti dosáhla varianta Kal, která spotřebovala 4 kg dusíku na tunu produkce. V porovnání s dalším organickým hnojivem, hnojem, u kterého byl zaznamenán odběrový normativ $3,3 \text{ kg N}\cdot\text{t}^{-1}$, je tak normativ o $0,7 \text{ kg N}\cdot\text{t}^{-1}$ vyšší, což je pravděpodobně způsobeno vyšší dostupností dusíku z kalu než z hnoje. Tuto domněnku potvrzuje Černý (2010), který zaznamenal

rychlejší rozklad organických látek u čistírenských kalů v porovnání s hnojem, což činí živiny pro rostliny rychleji přístupné.

Na stanovišti Humpolec zaznamenala varianta Kal odběrový normativ $4,9 \text{ kg N.t}^{-1}$ produkce hlíz, a varianta Hnůj $4,6 \text{ kg N.t}^{-1}$ produkce hlíz. Tyto hodnoty nespádají do rozmezí odběrového normativu definovaného Vaňkem et al. (1998), kteří uvádí, že se střední odběr živin u pozdních brambor pohybuje v rozmezí od 3,0 do $4,0 \text{ kg N.t}^{-1}$ hlíz. Do tohoto rozmezí nespádá také varianta hnojená poloviční dávkou hnoje, u které je aplikován minerální dusík k oběma předplodinám, na stanovišti Hněvčeves, která spotřebovala $2,8 \text{ kg N.t}^{-1}$ hlíz. Mohli bychom tedy vztáhnout tvrzení Palmera et al. (2013) o vhodnosti kombinace minerálních a organických hnojiv pro hnojení brambor i z pohledu efektivity využití dusíku na produkci tuny hlíz.

7 Závěr

Polní pokus na vyhodnocovaných stanovištích byl v roce 2015 ovlivněn extrémně suchým a teplým počasím. První z hypotéz předpokládá, že brambory hnojené stejnými dávkami živin budou dosahovat nižších výnosů hlíz u variant s organickým hnojením než u variant s minerálním hnojením, musíme tedy na základě dosažených výnosů hlíz považovat tuto hypotézu částečně potvrzenou. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány na stanovištích Suchdol a Humpolec u organicky hnojených variant Hnůj a Kal. Na stanovišti Hněvčeves byl nejvyšší výnos u varianty NPK.

Druhá potvrzená hypotéza konstatuje, že varianty s komplexním hnojením základních živin (N, P, K) budou dosahovat vyšších výnosů hlíz, než varianty při nedostatku jedné ze základních živin. Vyšších výnosů hlíz dosahovaly varianty NPK které byly hnojeny minerálními hnojivy. Na stanovišti Suchdol byl výnos o 8,3 % vyšší na variantě NPK, než na nejlepší variantě bez aplikace alespoň jedné živiny.

Poslední hypotéza tvrdí, že počet hlíz bude nejvyšší u variant bez absence základních živin s jejich dostatečnou aplikací, nebyla potvrzená, stejného počtu hlíz jako varianta NPK dosáhla i varianta PK.

Mezi tři nejlepší varianty s nejvyšším výnosem, vždy patřily varianty hnojené poloviční dávkou hnoje a minerálním dusíkem. Tuto variantu však nelze doporučit pro všechna stanoviště z důvodu poměrně velkého výnosového rozdílu mezi variantou s nejvyšším výnosem a variantou hnojenou právě poloviční dávkou hnoje. Z důvodu rozdílných půdně-klimatických vlastností lze pro jednotlivá stanoviště doporučit odlišná hnojiva. Pro stanoviště Suchdol se z pohledu dosažení nejvyšších výnosů nejlépe hodí hnůj, v Humpolci výnosově nejlépe zapůsobil kal a lze ho tedy pro toto stanoviště doporučit. Pro stanoviště Hněvčeves je z výnosového pohledu nejvýhodnější NPK.

8 Seznam literatury

Agrární komora České republiky. Agrární poradensko-informační centrum Agrární komory České republiky [online]. 11. února 2016 [cit. 2016-3-13]. Dostupné z <http://www.apic-ak.cz/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2015.php?akce=hodnot&table_hodnot=news&id=25773&znamka=5>.

Alvarez, C. E., Amin, M., Hernadéz, E., González C. J. Effect of Compost, Farmyard Manure and/or Chemical Fertilizers on Potato Yield and Tuber Nutrient Content. *Biological Agriculture* [online]. 2006. 23(3). 273-286 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01448765.2006.9755329>>

Anon. Polorané odrůdy [online]. Agra HB. 2006 [cit. 2016-2-27]. Dostupné z <<http://www.agrahb.cz/polorane.php>>.

Baier, J., Baierová, V. 1985. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 364 s.

Baier, J., Smetánková M., Baierová, V. 1988. *Diagnostika výživy rostlin*. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR. Praha. 284 s.

Balík, J. 1993. *Základy výživy rostlin*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 36 s. ISBN: 80-7105-056-3.

Baudisová, H. Pěstování brambor v ČR. *Úroda* [online]. Září 2014. 30. září 2014. [cit. 2015-10-18]. Dostupné z <<http://uroda.cz/pestovani-brambor-v-cr/>>.

Curless, M. A., Kelling, K. A., Speth, P. E., Stevenson, W. R., James, R. V. 2012. Effect of Manure Application Timing on Potato Yield, Quality, and Disease Incidence. *American Journal of Potato Research*. 89 (5). 363 – 373.

Čepl, J., Červínová, E., Čížek, M., Domkářová, J., Exnarová, J., Greplová, M., Hauvater, E., Krpálková A., Vokál, B., Zášková, J. 2012. *Máme rádi brambory*. Ministerstvo zemědělství České republiky. Praha. 111 s. ISBN 978-80-7434-060-4.

Černý, J., Balík, J., Švehla, P., Kulhánek. M. 2009. Využití odpadů z ČOV jako zdroje organických látek a živin. In: *Racionální použití hnojiv*, Sborník z 15. mezinárodní konference, s. 36-41, ČZU v Praze. ISBN 978-80-213-2006-2.

Černý, J., Vaněk, V., Kulhánek, M. Vliv hnojení na výnos a úrodnost půdy. *Zemědělec*[online]. 2010 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <<http://zemedelec.cz/vliv-hnojeni-na-vynos-a-urodnost-pudy/>>.

Česko. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. ze dne 4. července 2012 o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012. částka 89. s. 3370 – 3417. Dostupné také z <<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=24410>>.

Česko. Zákon č. 156 ze dne 12. června 1998 o hnojivech. In: Sběrka zákonů České republiky. 1998. částka 54. s. 6709 – 6715. Dostupné také z <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>>.

De Willigen, P., Heinen, M., van den Broek, B. J. 1995. Modelling water and nitrogen uptake of potato crop growing on a fidge. In: Haverkort, A. J., MacKerron, D. K. L. (eds.). Potato Ecology and Modelling of Crops under Conditions Limiting Growth. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. s. 75 – 88. ISBN 0-7923-3412-4.

Dohányos, M. Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů [online]. Biom.cz. 9. května 2006 [cit. 2016-2-16]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>>.

Dwelle, R. B. 2003. Potato Growth and Development. In: Stark, J. C., Love, S. L. (eds.). Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. United States of America. s. 9-19. ISBN 1-58803-001-6.

FAO. The Potato. FAO-International Year of the Potato [online]. 2008 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z <<http://www.fao.org/potato-2008/en/potato/index.html>>.

Finnigan, B. F., Stark, J. C., Jones, W. B. 2003. Management of green manures in potato cropping system. In: Stark, J. C., Love, S. L. (eds.). Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. United States of America. s. 81-89. ISBN 1-58803-001-6.

Govindakrishnan, P. M., Haverkort, A. J. 2006. Ecophysiology and Agronomic Management. In: Gopal, J., Khurana, S. M. P (eds.). Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management. The Haworth Press. Binghamton, NY. s. 179 - 229. ISBN 978-1-56022-271-2.

Guenther, J. F. 2001. The international potato industry. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge. 292 s. ISBN 1-85573-465-6.

Iwama, K., Yamaguchi, J. 2006. Abiotic Stresses. In: Gopal, J., Khurana, S. M. P (eds.). Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management. The Haworth Press. Binghamton, NY. s. 231 - 278. ISBN 978-1-56022-271-2.

Jašková, V. Solanum tuberosum [online]. Botany.cz. 14. 12. 2008 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z <<http://botany.cz/cs/solanum-tuberosum/>>.

Lutaladio, N., Ortiz, O., Haverkort, A., Caldiz, D. 2009. Sustainable potato production. Food and Agriculture Organization. 91 s. ISBN 978-92-5-106409-2.

Hamouz, K. 1994. Základy pěstování konzumních a průmyslových brambor. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 56 s. ISBN 80-7105-090-3.

Hamouz K., Čepl, J., Dvořák, P., Hausvater, E., Kasal, P., Vokál, B. 2008. Brambory-inovace a trendy v pěstování, nové pohledy na kvalitu. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 21 s. ISBN 978-80-7271-194-9.

Hofman, G., Salomez, J. 2000. Role and value of organic matter. In: Haverkort, A. J., MacKerron, D. K. L. (eds.). Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen Pers. Wageningen. s. 121 – 135. ISBN 90-74134-77-7.

Kalina, M. 2004. Kompostování a péče o půdu. Grada Publishing a.s. Praha. 116 s. ISBN 80-247-0907-4.

Kasal, P., Čepl, J., Vokál, B. 2010. Hnojení brambor. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Havlíčkův Brod. 23 s. ISBN 978-80-86940-24-3.

Klír, J. Registrace, uskladnění a aplikace digestátu [online]. Třeboň. Česká bioplynová asociace. 14. října 2011 [cit. 2016-2-16]. Dostupné z <http://czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/22_VPBPS2011_klir.pdf>

Kulhánek, M., Černý, J., Vaněk, V., Balík, J., Budňáková, M. 2015. Přísun živin v minerálních hnojivech a jejich bilance. Racionální použití hnojiv. s. 61 – 67. ISBN 978-80-213-2594-4.

Kutnar, F. 2005. Malé dějiny brambor. Etnologický ústav AV ČR, Nová tiskárna Pelhřimov, spol s.r.o. a Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Pelhřimov. 216 s. ISBN 80-85010-58-5.

Love, S. L., Stark, J. C., Guenther, J. F. 2003. The origin of potato production system. In: Stark, J. C., Love, S. L. (eds.). Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. United States of America. s. 81-89. ISBN 1-58803-001-6.

Najm, A. A., Hadi, M. R. H. S., Fazeli, F., Darzi, M. T., Rahi, A. Effect of Integrated Management of Nitrogen Fertilizer and Cattle Manure on the Leaf Chlorophyll, Yield, and Tuber Glycoalkaloids of Agraria Potato. Communications in Soil Science and Plant Analysis[online]. 2012, 43(6), 912-923 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2012.653027>>.

Palmer, M. W., Cooper, J., Tétard-Jones, C., Średnica-Tober, D., Barański, M., Eyre, M., Shotton, P. N., Volakakis, N., Cakmak, I., Ozturk, L., Leifert, C., Wilcockson, S. J., Bilsborrow, P. E. 2013. The influence of organic and conventional fertilisation and crop protection practices, preceding crop, harvest year and weather conditions on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*) in a long-term management trial. European Journal of Agronomy. 49. 83 – 92.

Roy, S. K., Sharma, R. C., Trehan, S. P. Integrated nutrient management by using farmyard manure and fertilizers in potato–sunflower–paddy rice rotation in the Punjab. Journal of Agricultural Science[online]. 2001, 137(3), 271-278 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <<http://search.proquest.com.ezproxy.techlib.cz/docview/203769652?pq-origsite=summon>>.

Rybáček, V., Čača, Z., Fric, V., Fricová, E., Šroller, J., Votoupal, B., Daniel, J., Findejs, R., Míča, B., Radil, B., Rasochová M., Rasocho, V., Tuček, V., Vokál, B., Zrůst, J. 1988. Brambory. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 360 s.

Spooner, D. M., Salas, A. 2006. Structure, Biosystematics, and Genetic Resources. In: Gopal, J., Khurana, S. M. P (eds.). Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management. The Haworth Press. Binghamton, NY. s. 1 - 39. ISBN 978-1-56022-271-2.

Stark, J. C. 2003. Field selection, crop rotations, and soil management. In: Stark, J. C., Love, S. L. (eds.). Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. United States of America. s. 71 - 79. ISBN 1-58803-001-6.

Stark, J. C., Westermann, D. T. 2003. Nutrient management. In: Stark, J. C., Love, S. L. (eds.). Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. United States of America. s. 115 - 135. ISBN 1-58803-001-6.

Struik, P. C. 2007. Responses of the Potato Plant to Temperature. In: Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, D. K. L., Taylor, M. A., Ross, H. A. (eds.). Potato Biology and Biotechnology, Advances and Perspectives. Elsevier. Oxford, UK. s. 367 – 393. ISBN 978-0-444-51018-1.

Šantrůček, J., Fuksa, P., Hakl, J., Kocourková, D., Mrkvička, J., Svobodová, M., Veselá, M. 2007. Encyklopedie pěstování. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 157 s. ISBN 978-80-213-1605-8.

Šrek, P., Hejzman, M., Kunzová E. 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 [online]. 2010. 118(2). 183-193 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429010001334>>.

Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. 584 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.

Vaněk, V., Balík, J., Němeček, R., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 1998. Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. Farmář-Zemědělské listy. Praha. 124 s. ISBN 80-902413-1-X.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press s.r.o. Praha. 167 s. ISBN 976-80-86726-25-0.

Váňa, J. Využití digestátů jako organického hnojiva [online]. Biom.cz. 25. dubna 2007 [cit. 2016-2-16]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>.

Vokál, B., Cvrček, M., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Fér, J., Hausvater, E., Králíček, J., Prugar, J., Rasocho, V., Zrůst, J. 2000. Brambory. Agrospoj. Praha. 242 s.

Vokál, B., Čepl, J., Čížek, M., Diviš, J., Domkářová, J., Fér, J., Hamouz, K., Hausvater, E., Jůzl, M., Rasoča, V., Zrůst, J. 2004. Pěstování brambor. Agrospoj. Praha. 261 s.

Vokál, B., Čepl, J., Hausvater, E., Rasoča, V. 2003. Pěstujeme brambory. Grada Publishing a.s. Praha. 104 s. ISBN 80-247-0567-2.

Vos, J., Haverkort, A. J.. 2007. Water Availability and Potato Crop Performance. In: Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, D. K. L., Taylor, M. A., Ross, H. A. (eds.). Potato Biology and Biotechnology, Advances and Perspectives. Elsevier. Oxford, UK. s. 333 – 351. ISBN 978-0-444-51018-1.

Vos, J., MacKerron, D. K. L. 2000. Basic concepts of the management of supply of nitrogen and water in potato production. In: Haverkort, A. J., MacKerron, D. K. L. (eds.). Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen Pers. Wageningen. s. 15 - 33. ISBN 90-74134-77-7.

White, P. J., Wheatley, R. E., Hammond, J. P., Zhang, K. 2007. Minerals, Soils and Roots. In: Vreugdenhil, D., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., Mackerron, D. K. L., Taylor, M. A., Ross, H. A. (eds.). Potato Biology and Biotechnology, Advances and Perspectives. Elsevier. Oxford, UK. s. 739 – 752. ISBN 978-0-444-51018-1.