

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

---

AGRONOMICKÁ FAKULTA

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



Doktorská disertační práce

**Uplatnění močoviny s inhibítorem ureázy při hnojení brambor**

**Ing. Ludmila Musilová**

Školitel: prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.

Studijní program: Fytotechnika

Studijní obor: Obecná produkce rostlinná

---

Brno 2014

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem „**Uplatnění močoviny s inhibitorem ureázy při hnojení brambor**“ vypracovala samostatně a použila jsem prameny, které uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Brně dne.....

Podpis.....

**Tato práce byla řešena v rámci:**

- výzkumného záměru č. MSM 6215648905 nazvaným „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“, který byl financovaný Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky,
- projektu NAZV č. QI101A184 s názvem „Technologie pěstování brambor nové postupy šetrné k životnímu prostředí“.

## **Poděkování**

Nejvíce bych chtěla poděkovat svému školiteli prof. Ing. Tomáši Lošákovi, Ph.D. za výborné vedení během celého doktorského studia, dále bych chtěla poděkovat kolegům z Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin za pomoc při zpracování rostlinných vzorků, také moc děkuji kolegům z Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství AF MENDELU. Za analýzy vzorků hlíz na obsah aminokyselin děkuji kolegům z UTB Zlín.

## OBSAH

SUMMARY .....	8
1 ÚVOD .....	12
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	13
2.1 Původ brambor .....	13
2.1.1 Šlechtění brambor .....	13
2.2 Pěstování brambor .....	14
2.2.1 Podmínky pro pěstování .....	14
2.2.2 Pěstební plochy brambor .....	14
2.3 Látkové složení brambor .....	16
2.4 Hnojení brambor .....	24
2.4.1 Hnojení organickými hnojivy .....	25
2.4.1.1 Chlévský hnůj .....	25
2.4.1.2 Kejda skotu (prasat) .....	25
2.4.1.3 Sláma .....	26
2.4.1.4 Zelené hnojení .....	26
2.4.2 Hnojení minerálními hnojivy .....	26
2.4.2.1 Hnojení dusíkem .....	27
2.4.2.2 Hnojení fosforem .....	29
2.4.2.3 Hnojení draslíkem .....	30
2.4.2.4 Vápnění .....	30
2.4.2.5 Hnojení hořčíkem .....	31
2.4.3 Těžké kovy .....	32
2.4.3.1 Kadmium .....	32
2.5 Význam dusíku pro rostliny .....	33
2.5.1 Příjem dusíku .....	37
2.5.2 Přeměny dusíku .....	39
2.5.3 Ztráty dusíku .....	43
2.5.4 Sezónní změny anorganického dusíku .....	47
2.5.5 Translokace dusíku .....	47
2.5.6 Symptomy nadbytku a nedostatku dusíku .....	48
2.6 Dusíkatá hnojiva .....	49

2.6.1 Močovina.....	51
2.6.1.1 Výroba a aplikace močoviny.....	51
2.6.1.2 Inhibitory ureázy .....	54
2.6.1.2.1 NBPT.....	55
2.6.1.2.2 PPDA.....	57
2.6.1.2.3 HQ inhibitor .....	57
3 CÍL PRÁCE .....	58
4 MATERIÁL A METODIKA.....	60
4.1 Polní pokus .....	60
4.1.1 Charakteristika pokusné lokality Žabičce.....	60
4.1.1.1 Klimatické podmínky .....	60
4.1.1.2 Půdní podmínky .....	60
4.1.2 Charakteristika pokusného materiálu.....	60
4.1.2.1 Odrůda Karin.....	60
4.1.2.2 Odrůda Red Anna.....	61
4.1.3 Agrochemická charakteristika půdy.....	63
4.1.4 Pracovní operace a založení porostu .....	63
4.1.5 Ošetření porostu během vegetace.....	67
4.1.6 Sklizeň a úprava vzorků .....	69
4.1.7 Použité analytické metody .....	72
4.1.7.1 Rozbor půdních vzorků .....	72
4.1.7.2 Rozbor rostlinných vzorků .....	73
4.1.8 Použité statistické metody .....	74
4.2 Nádobový pokus .....	74
4.2.1 Agrochemická charakteristika půdy.....	75
4.2.2 Aplikace hnojiv .....	76
4.2.3 Ošetřování nádobového experimentu a odběry půdních vzorků.....	77
4.2.4 Použité analytické metody .....	78
4.2.4.1 Rozbor půdních vzorků .....	78
5 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	79
5.1 Polní pokus .....	79
5.1.1 Výsledky rozborů půdy po sklizni .....	79
5.1.2 Výnos hlíz .....	83

5.1.3 Obsah škrobu v hlízách .....	86
5.1.4 Produkce škrobu .....	87
5.1.5 Obsah makrobiogenních elementů a Cd v hlízách a natích .....	88
5.1.6 Obsah aminokyselin v hlízách.....	96
5.2 Nádobový pokus .....	114
5.2.1 Změny v obsazích $N_{\min}$ v půdě v průběhu času.....	114
5.2.2 Stanovení obsahu živin a půdní reakce pomocí metody Mehlich III .....	116
ZÁVĚR .....	118
7 POUŽITÁ LITERATURA .....	124
8 PŘÍLOHY .....	148

## SUMMARY

The focus of the dissertation thesis called **“The use of urea with urease inhibitor in the fertilisation of potatoes”** was on the effect of nitrogenous fertilisation with urea and urea with urease inhibitor NBPT (urea stabil) on changes in the content of  $N_{\min}$  in the soil and in nutrients available post-harvest, tuber yields, starch content, macro-elements N, P, K, Ca, Mg and Cd in tubers and tops, content of essential and non-essential amino acids in tubers.

To complete the experiment we established a pot trial without the plant where we monitored in regular intervals for 24 days the effect of urea, urea with urease inhibitor (urea stabil) and ammonium nitrate with limestone on changes of the content of  $N_{\min}$  and on the individual forms of nitrogen in the soil.

The field trial was conducted at the School Farm in Žabčice (south Moravia; maize-growing region) with potato varieties Karin and Red Anna. The trial involved 7 fertilisation treatments: 1) 100 % urea; 2) 80 % urea; 3) 60 % urea; 4) 100 % urea stabil; 5) 80 % urea stabil; 6) 60 % urea stabil; 7) unfertilised mineral treatment (control). A pot trial was established in the laboratory of Mendel University in Brno using 4 treatments of fertilisation: 1) unfertilised (control); 2) ammonium nitrate with limestone – LAV; 3) urea; 4) urea stabil.

It is evident from the results of the field trial that the post-harvest contents of  $N_{\min}$  in the soil increased with the rates of applied fertiliser and that in most cases there were no significant differences between the two fertilisers if the rates of applied nitrogen were identical. However the effect of the year was significant. The post-harvest soil reaction remained the same; in contrast, in most cases, the post-harvest contents of available P and Ca in the soil were higher than at the beginning of the trial (before planting).

In terms of average three-year yields of the variety Karin the yields were significantly the highest in treatment 1 (100 % of urea) as against the other treatments (2–7). The yields of the variety Red Anna increased significantly only with treatment 1 (100 % of urea) as against treatment 3 (60 % of urea) and the untreated control (treat. 7). In both varieties the application of 80 % of urea had the same effect on tuber yields



as the same rate of urea stabil; the rate of 60 % of urea applied to the variety Karin had the same effect on tuber yields as the rate of 60 % of urea stabil. In 5 treatments out of 7 no significant differences in tuber yields were discovered between the varieties. In the years of high precipitation the yields were higher; i.e. in 2010 and 2012. In terms of three-year averages of the variety Red Anna there were no significant differences in the starch content of tubers among all the fertilised treatments. The starch content of the variety Karin increased significantly more in the unfertilised control (18.14 %) than with the highest rate of N in both fertilisers (15.60 % and 15.43 % with urea and urea stabil, respectively). In almost all the treatments the starch content of the variety Karin was higher than of the variety Red Anna (15.43–18.14 % and 12.47–13.92 %, respectively). On a three-year average no significant differences were monitored in the production of starch ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) between the varieties (with the exception of the control) nor among the fertilisation treatments.

The contents of N, K, Ca, Mg and Cd were higher in tops than in tubers. The type and rate of fertiliser had no significant effect on the content of N, P, K, Ca, Mg and Cd in the tubers and tops of potatoes; the content of K and Ca in tubers was significantly affected by the year.

In the variety Karin where the highest rate of urea stabil was applied the content of essential amino acids increased significantly compared with the other treatments; there were no evident differences among the rates of urea. The urea rates applied to the variety Red Anna reduced the content of essential amino acids; significantly in treatment 1 as against treatments 2 and 3. With urea stabil it was the opposite; with an increasing rate the content of essential amino acids increased. In the variety Karin the content of non-essential amino acids increased with the rate of the applied urea stabil fertiliser; however it was the opposite in both urea-treated varieties. With the highest rate of urea stabil the contents of non-essential amino acids were significantly higher than when the same rate of urea was applied. The content of non-essential amino acids in the variety Red Anna significantly decreased with the highest rate of urea as against the other treatments.

In the pot trial the content of  $N_{\min}$  in the soil of the unfertilised control fluctuated in the course of the trial between 10.8 and 15.8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . After the application of dissolved LAV at the beginning of the trial the content of  $N_{\min}$  increased to 80.2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  compared to 14.3  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  after the application of urea and urea stabil. Three days into

the experiment with the application of LAV the content of  $N_{\min}$  was  $148.4 \text{ mg.kg}^{-1}$  and  $N\text{-NO}_3^-$  prevailed ( $126.8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Three days after the application of urea the content of  $N_{\min}$  was higher than after urea stabil ( $52.0 \text{ mg.kg}^{-1}$  and  $40.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectively); after the application of urea the content of  $N\text{-NH}_4^+$  was  $34.2 \text{ mg.kg}^{-1}$  and after the application of urea stabil it was  $25.4 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). The inhibitor therefore worked 3 days after application of the fertiliser and still after 6 days. Nevertheless on the 12<sup>th</sup> day after the application of the two fertilisers no differences were observed in  $N\text{-NH}_4^+$  and  $N_{\min}$ . In the treatment where the fertilisers were not initially dissolved the content of  $N_{\min}$  was double ( $160.2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) 24 days after the application of granular fertilisers; compared to classical urea the content of urea stabil and LAV was  $85.3$  and  $92.9 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectively. Twenty-four days after the application of fertilisers as a solution or granules LAV as a solution had a greater effect on the content of  $N_{\min}$  than granules ( $195.7$  and  $92.9 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectively); also the effect of urea as a solution was greater than of granules ( $175.6$  and  $85.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectively). In the case of urea stabil it was the opposite –  $124.1 \text{ mg.kg}^{-1}$  (solution) and  $160.2 \text{ mg.kg}^{-1}$  (granules). After 24 days the soil reaction and content of available nutrients in the soil were identical in all the fertiliser treatments.

The use of fertilisers with urease inhibitors should contribute to a better utilisation by the plant of N in the N-fertilisers with an amide form of N and to lower losses which are connected with damage to the environment and the growers' pecuniary losses. A number of factors affect the efficiency of the fertilisers (air temperature and amount of precipitation after sowing or planting; method of fertiliser application; soil reaction; fluctuation in the water table and others). Therefore the use of fertilisers with urease inhibitors cannot be automatically associated with better yields when compared with identical rates of N in classical urea. Increased yields after the application of fertilisers with urease inhibitors should cover the higher costs for purchase of the fertilisers which are by about 20 % higher than of standard urea. The disadvantage of the urease inhibitors is that their efficiency is time-limited and usually lasts 1–2 weeks (in our experiment 6 days). It is possible to prolong the period of efficiency of the urease inhibitor with lower temperatures (spring application term). The application of fertilisers with urease inhibitors can be recommended in the following instances:

- in a region of uncertain precipitation after application of fertilisers
- application to seeds and seedlings

- using higher pre-sowing rates of N
- fertilisation at the onset of vegetation of spring crops, particularly in drier regions

Key words: nitrogen, potatoes, urea, urea stabil, starch, yields, amino acids, tuber, tops

## 1 ÚVOD

Brambory patří mezi plodiny pěstované na celém světě, přičemž zauímají čtvrté místo mezi polními plodinami. Jsou považovány za velmi důležitou základní potravinu, průmyslovou surovinu a významnou zemědělskou plodinu s vysokým výnosovým potenciálem a příznivým působením v osevním postupu. Brambory jsou velmi významné pro obsah nutričních látek, zejména škrobu, jsou důležitým zdrojem energie, vitaminů (především vitaminu C), minerálií, antioxidantů a jiných látek.

Brambory se pěstují na různých půdách a v klimatických podmínkách – od hor po tropické oblasti. Mezi největší evropské pěstitele brambor patří Rusko, Ukrajina, Polsko, Německo, Bělorusko, Nizozemí, Francie, Velká Británie. Na světové špičce je Čína a Indie.

Pěstební plochy brambor v České republice v posledních letech výrazně klesají, kdy v roce 2013 se snížily na pouhých 23 205 ha. S tím souvisí produkce brambor, kdy v 90. letech dosahovala 2 mil. tun (při výměře 110 tis. ha), nyní je to pouhá čtvrtina. V České republice také klesla spotřeba brambor ke konzumním účelům (okolo 69 kg/osoba/rok), což je oproti jiným zemím v Evropské unii výrazně nižší.

Výživa a hnojení jsou nezbytnou součástí pěstitelské technologie, přičemž zásadně ovlivňují kvantitativně-kvalitativní parametry dosažené produkce. Celosvětově nejpoužívanějším dusíkatým hnojivem je močovina. Toto hnojivo má vysoký obsah dusíku, je dobře rozpustné ve vodě, používá se ve formě granulí před sázením, ale také v kapalné formě jako roztok během vegetace (foliární výživa).

Pro zvýšení využití dusíku z aplikovaných dusíkatých hnojiv rostlinami lze používat s N-hnojivy inhibitory, které omezují ztráty N emisí amoniaku, denitrifikací a vyplavováním nitrátů, což má významný ekonomicko-environmentální efekt. Účinnost dusíkatých hnojiv s inhibitory je ovšem často přeceňována, protože je ovlivňována celou řadou faktorů.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Původ brambor

Před tisíci roky byly brambory v celém světě ještě neznámé, rostly pouze v pohoří And v Jižní Americe (Rodger, 2007). Do Evropy byly brambory dovezeny v roce 1565 z Peru přes Španělsko (*Solanum andigenum*), odtud se rozšířily jako vzácná zahradní okrasná a barevně kvetoucí léčivá rostlina. V roce 1585 byly do Anglie dovezeny kulturní brambory – bíle kvetoucí (*Solanum tuberosum*), které pocházely z pobřeží Chile. Ty se později staly základem evropských odrůd brambor (Lisinska, Leszczynski, 1989; Jůzl et al., 2000).

#### 2.1.1 Šlechtění brambor

Brambory byly k nám dovezeny v období třicetileté války v letech 1636–1638 hyberskými františkány. Pěstování brambor pomáhalo lidem překonat období hladu, moru a jiných epidemií. V 18. a na začátku 19. století se brambory začaly používat pro výrobu lihu, škrobu a ke krmení. První odrůdy vznikaly samoopylením, a až později křížením dvou odrůd. Intenzivní činnosti ve všech směrech bramborářství u nás začala po první světové válce. Postupně docházelo k družstevnímu organizování pěstitelů a na jejich popud k vybudování specializované Státní výzkumné stanice zemědělské ve Valečově (1921), Státních výzkumných ústavů bramborářských v Německém Brodě (1923) a Šlechtitelské stanice v Keřkově (1923). V současné době se v České republice novošlechtěním bramboru zabývají především SATIVA Keřkov, a. s. – odrůdy: Jolana, Judita, Kariera, Karin, Katka, Kornelie, Krasa, Lada, Kiliána, Marcela, Marketa, Radana, Sázava; SELEKTA Pacov, a. s. – odrůdy: Adéla, Madona, Samantana; VESA Velhartice, a. s. – odrůdy: Barbora, Bella, Bohemia, Janet, Jitka, Lydia, Magda, Monika, Nancy, Red Anna, Suzan, Terka, Vendula, Vera, Vlasta, a částečně i Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s r. o. – odrůdy: Axa, Keřkovské rohlíčky, Valfi (Českomoravský svaz šlechtitelů, 2011).

## 2.2 Pěstování brambor

### 2.2.1 Podmínky pro pěstování

Typickými bramborářskými půdami jsou půdy lehké až střední s propustnou spodinou. Písčité půdy jsou vhodné, pokud obsahují 8–10 % jílnatých částic. Hlinitopísčité půdy s obsahem 10–20 % jílnatých částic se hodí tím lépe, čím jsou hlubší a vespodu vlhčí (Jůzl et al., 2000). Brambory potřebují kyprou půdu pro růst kořenů a vývoj hlíz, preferují kyselou až slabě kyselou půdní reakci. Pro vysoký výnos vyžadují dobrou zásobu živin, zejména draslíku a dusíku (Finck, 1982). Při výběru pozemku je také důležité přihlížet ke sklonitosti pozemku, která by neměla překročit 8 °, výskytu kamene v orniční vrstvě a zamokřenosti půd (Jůzl et al., 2000). V Tab. 1 jsou uvedeny podmínky vhodné pro pěstování brambor.

Tab. 1 Klimatické podmínky vhodné pro pěstování brambor (Vokál et al., 1999)

<b>období</b>	<b>průměr. denní teplota (°C)</b>	<b>srážky (mm)</b>
<b>2. pol. března</b>	nad 5	
<b>duben</b>	8–10	45
<b>květen</b>	12–15	45–70
<b>červen</b>	15–18	90
<b>červenec</b>	18–20	80–90
<b>srpen</b>	16–18	80–90

### 2.2.2 Pěstební plochy brambor

Pěstební plochy brambor značně klesají, kdy každým rokem dochází k významnému snížení plochy. Redukce těchto ploch má za následek snížení celkové produkce brambor. Tab. 2 ukazuje, že v roce 1992 byly brambory pěstovány na ploše 110 530 ha (produkce 1 969 tis. t), v roce 2000 byly tyto plochy sníženy o 37,4 % na 69 198 ha (produkce 1 476 tis. t), v roce 2013 pěstební plocha klesla až na 23 205 ha (z toho rané 1 403 ha, sadbové 3 131 ha a ostatní 18 671 ha) (produkce 536 tis. t).

Tab. 2 Pěstování brambor v České republice během 20 let (ČSÚ, 2013)

rok	pěstební plochy (ha)	výnos (t/ha)	produkce (t)
1992	110 530	18,82	1 969 233
1995	77 869	17,08	1 330 119
2000	69 198	21,33	1 475 992
2005	36 072	28,08	1 013 000
2006	30 024	23,05	692 174
2007	31 912	25,72	820 515
2008	29 788	25,83	769 561
2009	28 734	26,19	752 539
2010	27 079	24,56	665 176
2011	26 450	35,52	805 331
2012	23 652	27,98	661 795
2013	23 205	23,12	536 450

Ve většině zemí EU 27 je tomu podobně, kdy sklizňové plochy konzumních brambor klesají. Opakem jsou země EU 5 (Tab. 3), kde sklizňové plochy konzumních brambor ostatních vzrostly mezi roky 2006–2012 v průměru o 9,6 %. Nejvyšší nárůst byl v Belgii, o 27,2 %, v Nizozemsku o 10,0 % a ve Francii o 8,4 %. Plochy ve V. Británii stagnovaly. Opakem byl rok 2013, kdy došlo k výraznému snížení těchto ploch.

Tab. 3 Sklizňové plochy konzumních brambor ostatních (ha) (MZe, 2013)

země	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Nizozemsko	66 000	69 000	72 464	69 300	70 520	72 971	72 607	67 452
Francie	104 700	104 100	104 500	104 500	105 900	109 364	113 480	113 240
Belgie	62 501	64 685	65 402	61 405	70 915	78 641	79 483	73 650
Německo	169 216	167 107	171 096	165 251	168 557	165 687	172 821	157 500
V. Británie	111 168	112 358	113 323	113 295	112 716	110 611	109 603	104 013

## 2.3 Látkové složení brambor

Bramborové hlízy mají vysokou nutriční hodnotu, připravují se a uchovávají různými způsoby (Harris, 1978). Ve vyspělých zemích jsou zdrojem energie okolo 540 kJ/osoba/den, zatímco v rozvojových zemích je to 170 kJ/osoba/den (Burlingame et al., 2009).

Tab. 4 Průměrné hodnoty obsahu významných látek v bramborové hlíze (Rybáček, 1988)

látká	obsah	
	v původní hmotě (%)	v sušině (%)
voda	76,3	-
sušina	23,7	-
škrob	17,5	73,8
celkovýcukr	0,5	2,1
hrubé dusíkaté látky	2,0	8,4
celkový tuk	0,1	0,4
celkový popel	1,1	4,6
vitamin C	15,000 mg %	63,6 mg %
thiamin (B <sub>1</sub> )	0,110 mg %	0,4 mg %
riboflavin (B <sub>2</sub> )	0,051 mg %	0,2 mg %
solanin	7,5 mg %	32 mg %

Tab. 5 Složení generativních a vegetativních orgánů (%) (Duchoň, Hampl, 1959)

	H <sub>2</sub> O	N	popel	K <sub>2</sub> O	NaO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl
hlízy	75,0	0,34	0,95	0,58	0,03	0,03	0,05	0,16	0,03
nať	82,5	0,63	1,65	0,44	0,03	0,51	0,24	0,12	0,09



Bramborová hlíza obsahuje vysoké množství vody, v průměru 75–76 % a 24–25 % sušiny (Tab. 4, 5).

Nejvýznamnější složkou hlízy je škrob, kde rostlina ukládá zásobu potenciální energie. Škrob tvoří hlavní podíl sušiny, který má značný význam při průmyslovém zpracování brambor (Pelikán et al., 1996). Obsah škrobu kolísá v rozmezí 8–29,5 %, nižší obsah mají velmi rané a rané odrůdy brambor (Jůzl et al., 2000). Během vegetace se v buňkách hlíz kumulují granule škrobu o velikosti 5–110  $\mu\text{m}$  a jejich obsah se zvyšuje (Lisinska, Leszczynski, 1989). Obecně lze říci, že obsah škrobu je ovlivněn délkou vegetační doby. Obsah škrobu je odrůdovou vlastností, závisí na fyziologické potenci odrůdy a je tedy geneticky ovlivněn (Hruška, 1974).

Bramborové hlízy kromě škrobu obsahují další polysacharidy – vlákninu, hemicelulózy, pektiny, hexozany a pentozany (Jůzl et al., 2000).

Obsah cukrů v hlízách je různý, závisí na odrůdě, zralosti a fyziologickém stádiu brambor. Ve zdravých a vyzrálých hlízách je obsah sacharidů malý, ale z technologického hlediska je jejich obsah významný (Jůzl et al., 2000). Hlízy obsahují monosacharidy: D-glukózu a D-fruktózu, které patří mezi redukující sacharidy, a také sacharózu patřící do neredukujících disacharidů (Lisinska, Leszczynski, 1989).

Brambory jsou bohaté na živiny, zejména vitamin C, který je hlavním zdrojem vitaminů z celkové denní potřeby. Bramborové hlízy obsahují 20  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  vitaminu C. Čížek et al. (2007) uvádějí, že vyšší dávky dusíku negativně působí na obsah vitaminu C v hlízách. Brambory jsou také zdrojem vitaminu B<sub>1</sub> (thiamin), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (nikotinamid), vitaminů rozpustných v tucích A (karotenoidy), E (tokoferol), vitaminů rozpustných ve vodě B<sub>6</sub> (pyridoxin), B<sub>5</sub> (kyselina pantotenová) (Tab. 6). Obsahy vitaminů jsou závislé na průběhu počasí a odrůdě brambor (Čepl et al., 2012).

Tab. 6 Obsah vitaminů v bramborách a jejich podíl na denní potřebě (Čepl et al., 2012)

<b>vitamin</b>	<b>obsah mg.100 g<sup>-1</sup></b>	<b>% denní potřeby</b>
<b>vitamin C</b>	20,0	33
<b>B<sub>1</sub></b>	0,1	5
<b>B<sub>2</sub></b>	0,03	2
<b>B<sub>3</sub></b>	1,1	6
<b>B<sub>6</sub></b>	0,2	9
<b>kyselina listová</b>	0,018	5
<b>kyselina pantotenová</b>	0,3	3
<b>vitamin K</b>	0,0029	4

V bramborových hlízách mohou být také obsaženy minerální látky (Graves et al., 2001; FAO, 2008). Tyto minerální látky vykonávají důležitou stavební funkci, jsou nedílnou součástí enzymů a hrají důležitou roli jako regulátory metabolických procesů (Stefanska et al., 2003). Mezi nejvýznamnější prvek patří draslík, který je v bramborových hlízách obsažen ve velkém množství (400–2 500 mg.100 g<sup>-1</sup>). Draslík je významný z hlediska fyziologie výživy člověka, protože vytváří zásaditou stravu a vyvažuje tak kyselé složky potravy (maso). Vápník (10–130 mg.100 g<sup>-1</sup>) a hořčík (22–80 mg.100 g<sup>-1</sup>) jsou obsaženy v menším množství (Tab. 7). Z dalších minerálních látek lze uvést železo, zinek, měď, sodík. Selen společně s vitaminem E působí v buněčném antioxidačním obranném systému tak, že zastavuje reakce volných radikálů (Vokál, 2012).

Tab. 7 Obsah minerálních látek v bramborách a jejich podíl na denní potřebě  
(Vokál, 2012)

<b>prvek</b>	<b>obsah mg.100 g<sup>-1</sup></b>	<b>% denní potřeby</b>
<b>draslík</b>	450,0	15
<b>fosfor</b>	78,0	6
<b>hořčík</b>	22,0	5
<b>vápník</b>	10,0	1
<b>mangan</b>	0,1	7
<b>železo</b>	0,5	4
<b>zinek</b>	0,5	2
<b>měď</b>	0,1	7
<b>selen</b>	0,5	1

Dusíkaté látky jsou jedním z nejdůležitějších komplexů sloučenin bramborové hlízy. Tvoří je bílkovina, aminokyseliny, amidy, různé báze, anorganické sloučeniny apod. Nejdůležitější složkou dusíkatého komplexu je čistá bílkovina – tuberin (Hruška, 1974). Podle Friedmana (1996) jsou v porovnání s bílkovinami v zelenině kvalitnější bílkoviny obsažené v bramborách. Aminokyseliny jsou základní složkou proteinů. Aminokyseliny v L-formě jsou biologicky velmi důležité pro člověka, v D-formě se vytváří při tepelném zpracování potravy, jsou obsaženy v rostlinách, bakteriích.

Aminokyseliny lze rozdělit do dvou skupiny: esenciální (nepostradatelné) a neesenciální (postradatelné) (Tab. 8). Esenciální aminokyseliny není člověk schopen syntetizovat v dostatečném množství, do této skupiny patří: methionin (Met), threonin (Thr), valin (Val), isoleucin (Ile), leucin (Leu), histidin (His), arginin (Arg), lysin (Lys), fenyloalanin (Phe), arginin a histidin jsou esenciální pouze u malých dětí. Neesenciální aminokyseliny jsou syntetizovány v dostatečném množství nejen za fyziologických podmínek, ale také u zátěžových stavů a nemocí. Do této skupiny patří: cystein (Cys), asparagin (Asn), kyselina asparagová (Asp), serin (Ser), glutamin (Gln), kyselina glutamová (Glu), prolin (Pro), glycin (Gly), alanin (Ala), tyrosin (Tyr) (Holeček, 2006). Některé aminokyseliny mohou být řazeny do skupiny semiesenciální (arginin, cystein, tyrosin, histidin).

Tab. 8 Rozdělení aminokyselin (Mareček, Honza, 1998)

typ aminokyseliny	název	užívané zkratky	
neutrální	glycin	Gly	G
	alanin	Ala	A
	*valin	Val	V
	*leucin	Leu	L
	*isoleucin	Ile	I
	serin	Ser	S
	*threonin	Thr	T
kyselé	kys. asparagová	Asp	D
	kys. glutamová	Glu	E
amidy	asparagin	Asn	N
	glutamin	Gln	Q
zásadité	*histidin	His	H
	*arginin	Arg	R
	*lysin	Lys	K
aromatické	*fenylalanin	Phe	F
	tyroxin	Tyr	Y
	tryptofan	Trp	W
sírné	cystein	Cys	C
	*methionin	Met	M
heterocyklické	prolin	Pro	P

\*esenciální aminokyseliny

Některé aminokyseliny mají v určitém prostředí antioxidační efekt, např. cystein, alanin a glycin mohou uplatňovat synergismus s askorbovou kyselinou pro oxidaci vitamínu E (Fu et al., 2002). Bílkoviny obsažené v bramborových hlízách patří mezi nejkvalitnější ze všech rostlinných produktů. Potvrzuje to velmi příznivá skladba aminokyselin a hodnoty indexu esenciálních aminokyselin uvedené v Tab. 9, které dosahují kolem 83 % vaječného standardu. Velmi vysoký je obsah lysinu, u rostlinných bílkovin to není obvyklé. Opakem je obsah cysteinu, methioninu a také isoleucinu (Vokál, 2012).

Tab. 9 Složení esenciálních aminokyselin v bramborových bílkovinách (g) – vztaženo na 16 g N (Vokál, 2012)

<b>aminokyselina</b>	<b>standard vaječná bílkovina</b>	<b>mléčná bílkovina</b>	<b>hlízová bílkovina</b>
<b>isoleucin</b>	6,3	4,7	5,1
<b>leucin</b>	8,8	9,5	8,1
<b>lysin</b>	7,0	7,8	6,6
<b>methionin + cystein</b>	5,8	3,3	2,8
<b>fenylalanin + tyroxin</b>	10,1	10,2	10,8
<b>threonin</b>	5,1	4,5	4,7
<b>tryptofan</b>	1,6	1,4	1,5
<b>valin</b>	6,8	5,8	5,5
<b>histidin</b>	2,4	2,7	1,9

Tabulka 10 znázorňuje denní potřebu aminokyselin pro dospělého člověka. Hodnoty denní dávky aminokyselin se pohybují v rozmezí 0,53–6,86 g. Z esenciálních aminokyselin je nejvíce potřebný pro dospělého člověka leucin (3,52 g), arginin (2,90 g) a lysin (2,68 g).

Tab. 10 Denní potřeba aminokyselin (80 kg tělesné váhy)

(<http://galenus.cz/aminokyseliny-potreba-aminokyselin.php>, 2013)

<b>AMK</b>	<b>Ala</b>	<b>Arg</b>	<b>Asp</b>	<b>Cys</b>	<b>Glu</b>	<b>Gly</b>	<b>His</b>	<b>Pro</b>	<b>Ser</b>
<b>(g)</b>	2,77	2,90	4,05	0,62	6,86	2,60	1,28	2,29	3,17
<b>AMK</b>	<b>Tyr</b>	<b>Ile</b>	<b>Leu</b>	<b>Lys</b>	<b>Met</b>	<b>Phe</b>	<b>Thr</b>	<b>Trp</b>	<b>Val</b>
<b>(g)</b>	1,54	2,02	3,52	2,68	1,14	1,50	2,02	0,53	2,51

Nutriční hodnoty brambor vystihuje Tab. 11, kde jsou brambory porovnávány s jinými potravinami.

Tab. 11 Porovnání nutriční hodnoty vybraných potravin (ve 170 g) (Čepl et al., 2012)

<b>ukazatel</b>	<b>brambory</b>	<b>rýže</b>	<b>těstoviny</b>	<b>ovesná kaše</b>
<b>energetická hodnota (kJ)</b>	525	908	874	1533
<b>vláknina (g)</b>	3,80	1,70	1,80	2,10
<b>sacharidy (g)</b>	36,60	47,03	41,82	15,43

Bramborové hlízy kumulují relativně velmi málo zdraví škodlivých nitrátů (0–300 mg.kg<sup>-1</sup>) (Houba et al., 2007). Větší množství dusíku obsahují ranější odrůdy než ty pozdní (Lisinska, Leszczynski, 1989). U brambor nestačí redukující schopnost samotných kořenů, a tak se redukce odehrává i v nadzemních orgánech (Prugar, Hadačová, 1994). Koncentrace nitrátů závisí na dávkách dusíkatého hnojení, klimatických podmínkách, kultivaci a typu skladování (Ciešlik, 1995). Rytel (2012) uvádí, že nejefektivnější snížení nitrátů je sušením, kde dochází k poklesu až o 50 % z celkového množství.

Současná evropská legislativa (Nařízení Komise (ES) č. 472/2002) stanovuje limity pro obsah dusičnanů pouze v listové zelenině (1000 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>) a dětské výživě. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 120/2008 Sb. stanovuje přípustná množství dusičnanů v ostatních druzích zeleniny a v bramborách. Přípustná množství dusičnanů ve vybraných druzích zeleniny uvádí Tab. 12.

Tab. 12 Přípustná množství dusičnanů ve vybraných plodinách  
(Vyhláška č. 120/2008 Sb.)

plodina	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .kg <sup>-1</sup>	
	NPM	PM
plodová zelenina		400
kořenová zelenina		700
košťálová zelenina		700
ředkvičky	1500	
červená řepa	3000	
brambory		300
rané brambory (do 15. 7.)		500

NPM – nejvyšší přípustné množství

PM – přípustné množství

V bramborových hlízách mohou být v určitém množství obsažené i glykoalkaloidy solanin a chaconin. Pro lidský organismus jsou velmi jedovaté (Lisinska, Leszczynski, 1989). Vznik glykoalkaloidů je ovlivněn geneticky, počasím, které převládá během vegetace a skladováním (Wünsch, Munzert, 1994). Brambory by jich měly obsahovat méně jak 10 mg na 100 g suché hmoty (Knuthsen et al., 2009).

Na obsah živin v hlízách má vliv mnoho faktorů, např. odrůda, klima, hnojivo, zralost hlíz při sklizni.

## 2.4 Hnojení brambor

Pro hodnocení úrovně výživy rostlin a spotřeby hnojiv je nutné vzít v úvahu jednak dosahovanou produkci a dále vstupy, které se realizují v jednotlivých podnicích a na jednotlivé pozemky. V ČR jsou nízké stavy zvířat, a tím také poměrně nízký přísun živin ve statkových hnojivech (Vaněk et al., 2007a, Hlušek et al., 2009). V Tab. 13 je srovnání vstupů živin do půdy ve formě hnojiv minerálních a organických.

Tab. 13 Spotřeba čistých živin v minerálních a statkových hnojivech ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
(Klír et al., 2007; ČSÚ, 2013; MZe, 2013)

rok	spotřeba živin ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )							
	minerální hnojiva				statková hnojiva			
	celkem	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	celkem	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1985	267,7	102,7	84,3	80,7	113,6	41,0	25,5	47,1
1990	197,4	89,8	56,8	50,8	114,5	41,5	26,0	47,0
1995	82,8	55,4	14,6	12,8	74,0	27,0	17,7	29,3
2000	75,9	58,9	10,8	6,2	66,1	24,2	16,6	25,3
2005	92,6	73,2	11,7	7,7	57,6	21,5	13,8	22,3
2008	110,6	85,4	13,8	11,4	56,8	21,2	13,6	22,0
2012	105,0	78,0	15,0	12,0	62,0	23,0	15,0	24,0

Hnojení je nezastupitelná součást pěstitelských technologií u všech užitkových směrů. Protože brambory patří mezi organicky hnojené a zlepšující plodiny osevního sledu, podílí se na výnosové stabilitě následných plodin. Společně s organickým hnojením je zároveň možné aplikovat vyšší dávky fosforečných a draselných hnojiv k doplnění zásoby fosforu a draslíku v půdě. Systém hnojení této plodiny neovlivňují pouze specifické nároky plodiny jako takové, ale zároveň i užitkový směr pěstování, délka vegetační doby zvolené odrůdy, organické hnojení (druh, dávka, kvalita), zásoba živin v půdě a případně i předplodina (Jůzl et al., 2000).



## **2.4.1 Hnojení organickými hnojivy**

Organické hnojení má nezastupitelnou roli v přívodu organických látek a živin do půdy a tím i v udržování a zvyšování půdní úrodnosti. Brambory patří mezi rostliny pěstované obvykle v tzv. „první trati“, to znamená, že se k nim aplikují organická hnojiva, jejichž pozitivního působení využívají plodiny pěstované v rámci celého osevního sledu (Ryant et al., 2003).

### **2.4.1.1 Chlévský hnůj**

Chlévský hnůj patří k základním organickým hnojivům. Jeho rozkladem se půda otepluje a oživuje se mikrobiální činnost, když se do ornice dostávají kromě hlavních živin i mikroorganismy a biostimulátory. Rozkladem organické hmoty se půda též provzdušňuje a přitom se kromě základních živin uvolňuje velké množství oxidu uhličitého. Rozkladem organické hmoty se vytváří v půdě základní předpoklady pro poutání živin z průmyslových hnojiv a udržení příznivé půdní vlhkosti (Šmálik, 1983). Doporučená dávka chlévského hnoje 30–40 t.ha<sup>-1</sup> se aplikuje na podzim, pouze na lehkých půdách je přípustné aplikovat dobře vyzrálý chlévský hnůj na jaře, ale je nutné dbát, aby se nezhoršila kvalita jarní přípravy půdy a včasnost sázení. Podzimní zaorávka hnoje je nutná zejména pro včasné a rovnoměrné uvolňování živin v době vegetace brambor, což nepříznivě ovlivňuje proces dozrávání brambor (Vokál et al., 2004). Slamnatý hnůj přispívá k vyššímu výskytu obecné strupovitosti (Ryant et al., 2003).

### **2.4.1.2 Kejda skotu (prasat)**

Kejda je hodnotné organické hnojivo, které se vyrovná chlévskému hnoji, ale pouze tehdy, je-li kvalitní a je-li volbě dávek (60–90 t.ha<sup>-1</sup>), kvalitě rozmetání a zapravení věnována náležitá pozornost. Není-li záruka, že tyto základní zásady, které pro hnojení kejdou platí, budou dodrženy, nelze k organickému hnojení brambor kejdu doporučit (Vokál et al., 2004). 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 (Ryant et al., 2003).

### **2.4.1.3 Sláma**

Ve slámě jako v organické hmotě je kumulovaná energie, kterou využívají v půdě mikroorganismy na životní procesy. Humifikovaná organická hmota vylepšuje fyzikální, adsorpční a jiné vlastnosti půdy, které jsou důležité z hlediska zvyšování její úrodnosti (Fecenko, Ložek, 2000). Při výzkumném ověřování se zjistilo, že při zaorání slámy klesl výnos brambor, což lze do značné míry napravit přihnojováním dusíkem (Hruška, 1974). Pokles výnosu souvisí s malým podílem N v poměru k C. Úpravou poměru na (1:30) přidáním 8–10 kg N v amonné formě na 1 t slámy a kvalitním rozřezáním se dosáhne příznivějšího efektu při využívání živin slámy. Zaorávku slámy je vhodné spojit s případným hnojením fosforečnými a draselnými hnojivy a pokud možno kombinovat s menší dávkou hnoje, případně kejdy (Vokál et al., 2004).

### **2.4.1.4 Zelené hnojení**

Zelené hnojení patří k nejefektivnějším způsobům náhrady organických látek do půdy (Richter, Hlušek, 1994). Hnojením zelenou hmotou se zlepšují fyzikální vlastnosti půdy tím, že kořeny vikvovitých rostlin pronikají dlouhodobě do půdy a humifikovaná organická hmota kořenů zlepšuje propustnost podbrázdí a spodiny (Fecenko, Ložek, 2000). Pro hnojení brambor se využívá v těch oblastech, kde od doby sklizně hlavní plodiny do období s trvalejším poklesem teploty pod 10 °C zbývá minimálně 8 týdnů a kde na toto období připadá alespoň 160 mm dešťových srážek (Hruška, 1974).

## **2.4.2 Hnojení minerálními hnojivy**

Jednou ze základních podmínek intenzivního pěstování brambor je dodání živin do půdy v minerálních (průmyslových) hnojivech tak, aby bylo dosaženo vyrovnané bilance živin při zachování úrodnosti půdy. Znamená to udržovat v půdě optimální zásobu a vyrovnaný poměr živin. Při disproporcích je proto třeba volit takové dávky hnojiv, které vedou k udržení nebo zlepšení obsahů a poměrů živin v půdě (Vokál et al., 2004).

Průmyslová hnojiva jsou nezbytným doplňkem statkových hnojiv, pokud jde o množství i poměr živin. Aby se dosáhlo výnosové jistoty hnojení, musí se respektovat všechny vztahy mezi výší dávek jednotlivých druhů statkových hnojiv a výší dávek

živin jednotlivých druhů průmyslových hnojiv (Hruška, 1974). Bramborové hlízy i nať mají jiné požadavky na druh živin než obilniny. Brambor jako typická okopanina ukládá ve svých orgánech více kationtů (Duchoň, Hampl, 1959).

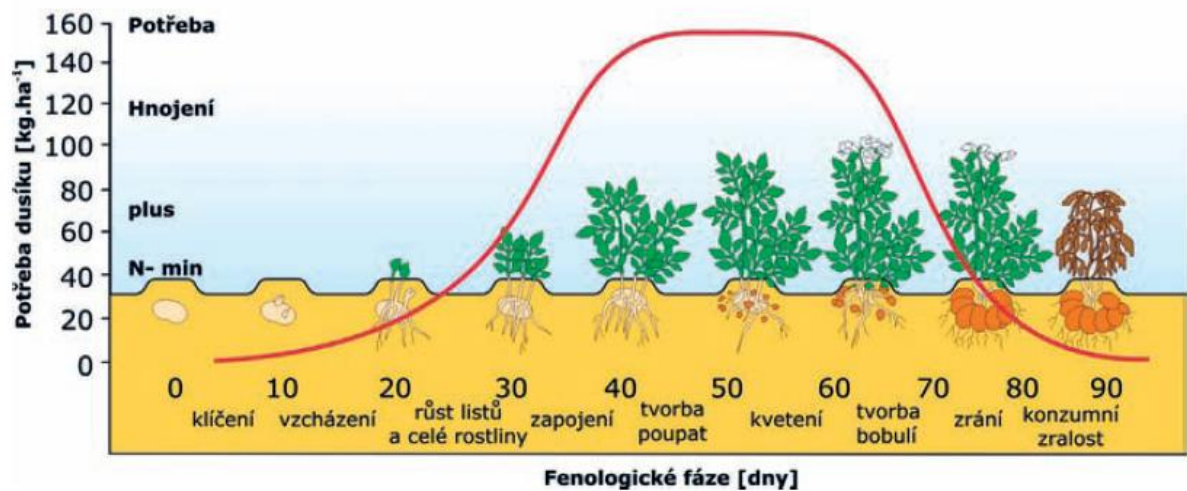
#### **2.4.2.1 Hnojení dusíkem**

Dusík je nejvýznamnější živina spolu s uhlíkem, kyslíkem a vodíkem, tvoří podstatnou část živé hmoty. Je významnou živinou nejen pro rostliny, ale také pro půdní mikroorganismy. Představuje významnou složku bílkovin (aminokyselin), nukleotidů, nukleových kyselin, enzymů, fosfatidů, alkaloidů, ale také i chlorofylu (Fecenko, Ložek, 2000; Vokál et al., 2004; Howard et al., 2011; Jones, 2012). Rozhodujícím způsobem ovlivňuje výši výnosu brambor, podílí se na kvalitě hlíz (obsah škrobu, sušiny a bílkovin v hlízách, konzistence dužniny, velikost hlíz, mechanické poškození hlíz apod.) (Jůzl et al., 2000). Se zvyšující se dávkou dusíku klesá jeho účinnost. U velmi vysokých dávek může docházet k výnosové depresi (Kasal et al., 2010). Při hnojení brambor dusíkem musíme přihlížet k užitkovému směru, pěstování, délce vegetační doby, použitým organickým hnojivům (chlévký hnůj), viz Tab. 14. Příjem N rostlinami brambor během vegetace uvádí Obr. 1 a nárůst integrální listové plochy brambor je prezentován na Obr. 2.

U sadbových brambor je nejpřednější výtěžnost hlíz sadbové velikosti, zdravotní stav, vitalita, skladovatelnost a celková biologická hodnota sadby. U průmyslových brambor je nejdůležitější výnos škrobu a velikost škrobových zrn. U konzumních brambor a brambor určených ke zpracování na potravinářské výrobky záleží na výnosu, obsahu sušiny, skladovatelnosti, nutriční hodnotě, dobré stolní hodnotě a obsahu dusičnanů (Vokál et al., 2004).

Tab. 14 Dávka dusíku v kg.ha<sup>-1</sup> (Jůzl et al., 2000)

dávka hnoje v t.ha <sup>-1</sup>	délka vegetační doby zvolené odrůdy	dávka dusíku v kg.č.ž.ha <sup>-1</sup>						
		množitelské porosty před sázením	konzumní brambory		brambory určené pro výroby		průmyslové brambory	
			celkem	z toho před sázením	celkem	z toho před sázením	celkem	z toho před sázením
bez hnoje	velmi rané a rané	110	120	105	110	95	120	105
	polorané	85	110	95	100	85	110	95
	polopozdní	50	90	75	90	75	90	75
20	velmi rané a rané	100	120	105	100	85	100	85
	polorané	75	100	85	90	75	90	75
	polopozdní	45	80	65	80	65	80	65
40	velmi rané a rané	90	110	95	90	75	100	85
	polorané	65	90	75	80	65	90	75
	polopozdní	40	70	55	70	55	70	55
60	velmi rané a rané	80	90	75	80	65	90	75
	polorané	55	80	65	70	55	80	65
	polopozdní	40	60	45	60	45	60	45

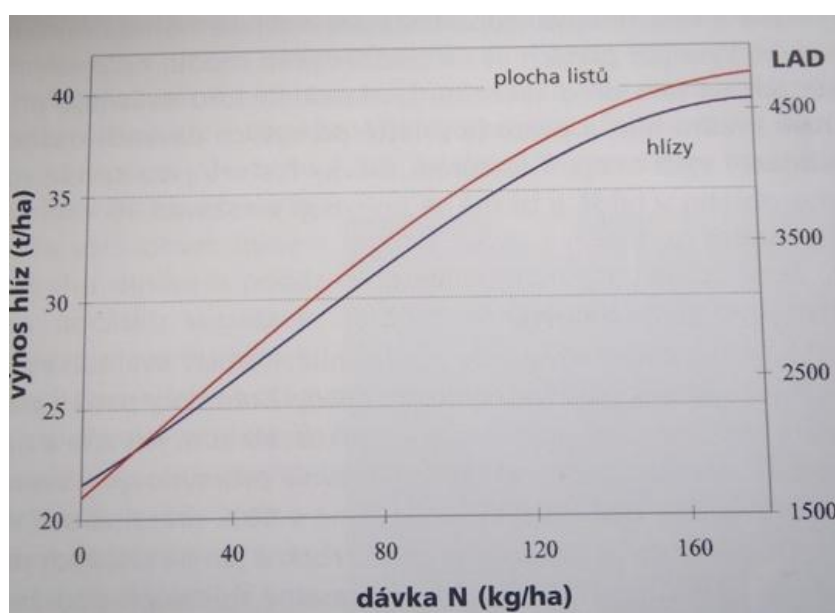


Obr. 1 Příjem dusíku rostlinami brambor během vegetace (Mayer et al., 2009)

Doporučuje se aplikovat dávky dusíku:

**Před výsadbou** (základní hnojení), kdy se aplikuje převážná část dusíku v hnojivu síranu amonném, DAM 390 nebo močovině. Jestliže dávka je vyšší než  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , aplikuje se zbytek hnojiva během vegetace.

**Přihnojení během vegetace** se provádí po vzejití porostu, kdy se aplikuje 1/3 celkové dávky dusíku. Pro hnojení během vegetace se používá močovina nebo LAV (Vaněk et al., 2007).



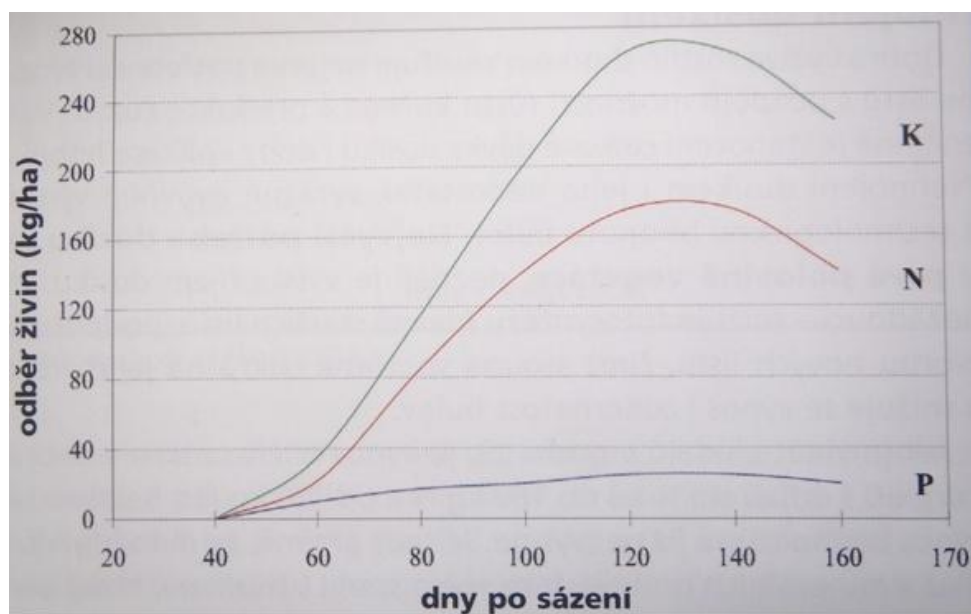
Obr. 2 Nárůst integrální listové plochy (LAD) brambor a výnos hlíz v závislosti na dávce dusíku (Vaněk et al., 2007)

#### 2.4.2.2 Hnojení fosforem

Fosfor má pro rostliny významné postavení v biochemických reakcích a v přenosu energie (Marschner, 2012). Má také výrazný vliv na kvalitu hlíz. Ovlivňuje vyzrání, zvyšuje odolnost proti mechanickému poškození, zvyšuje obsah sušiny a škrobu (Šmálik, 1983). Výsledný odběr fosforu je u brambor poměrně nízký, představuje v průměru  $8,8 \text{ kg}$  na  $10 \text{ t}$  hlíz (Jůzl et al., 2000). Pro dodání fosforu se používá zpravidla hnojivo superfosfát. Na neutrálních a slabě kyselých půdách se aplikuje na podzim před orbou (Vaněk et al., 2007).

### 2.4.2.3 Hnojení draslíkem

Draslík má výrazný vliv na základní funkce rostliny (transport látek, hospodaření s vodou, aktivitu enzymů, kvalitu škrobu, kvalitu hlíz apod.) (Marschner, 2012). Draslík ovlivňuje polymeraci sacharidů a to vysvětluje jeho vysokou spotřebu u brambor (Jůzl et al., 2000). Dostatečná výživa draslíkem podporuje asimilaci CO<sub>2</sub> a translokaci sacharidů z listů do hlíz brambor. To je důvod, proč je obsah škrobu v hlízách vyšší u dobře zásobených brambor draslíkem (Lachover, Arnon, 1966). Při dobré výživě brambor draslíkem se zvyšuje odolnost rostlin proti nízkým teplotám a suchu, přičemž dynamika odběru živin během vegetace je uvedena na Obr. 3. Tvorba 10 t hlíz odčerpá z půdy kolem 70 kg draslíku (Jůzl et al., 2000). Pro hnojení se aplikuje draselné hnojivo na podzim, na lehkých půdách až na jaře. Brambory patří k plodinám nesnášejícím chlór, ten snižuje velikost škrobových zrn a tím by docházelo ke zhoršení technologických vlastností hlavně průmyslových brambor (Vaněk et al., 2007).



Obr. 3 Dynamika odběru živin bramborami (celá rostlina) během vegetace (Harris, 1978)

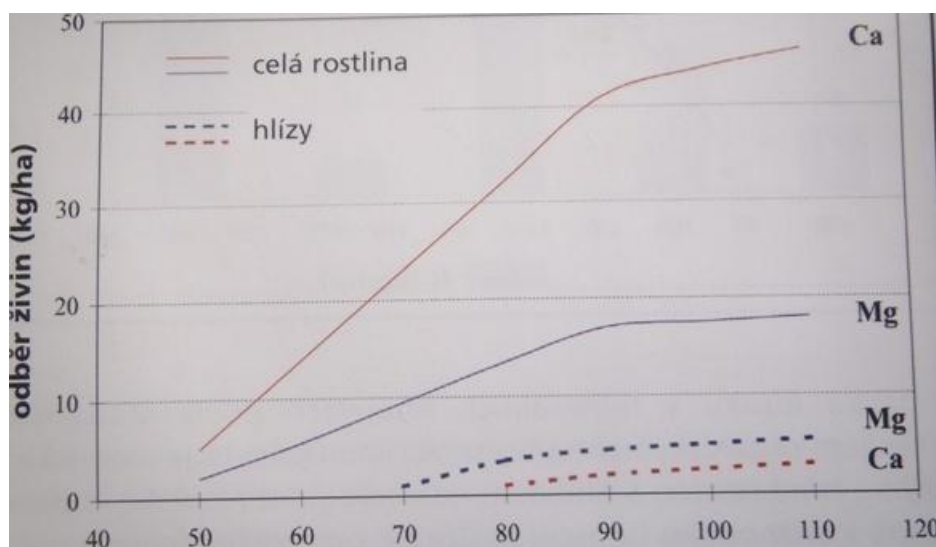
### 2.4.2.4 Vápnění

Vápník významně ovlivňuje tvorbu a růst kořenů. Brambory vyžadují kyselější půdní reakci, spotřebovávají relativně značné množství vápníku. Dosud nebyl pozorován přímý vliv nedostatku vápníku na výnos a kvalitu brambor. Nedoporučuje se

přímé vápnění brambor, mohlo by to způsobit obecnou strupovitost bramboru (Kasal et al., 2010). Pro produkci 10 t hlíz je potřeba 22 kg vápníku (Jůzl et al., 2000; Vokál et al., 2004).

#### 2.4.2.5 Hnojení hořčíkem

Hořčík má významné postavení v procesu fotosyntézy, aktivaci enzymů a syntézy bílkovin. Přístupnost hořčíku výrazně ovlivňuje draslík, který je vůči hořčíku silně antagonistický (Vokál et al., 2004). Brambory jsou citlivé na nedostatek hořčíku, který se projevuje chlorózami na listech. Proto je velmi důležitá zásoba hořčíku v půdě a také poměr K:Mg v půdě (Kasal et al., 2010). Na 10 t hlíz je odčerpáváno 8,4 kg hořčíku (Jůzl et al., 2000). Obr. 4 znázorňuje dynamiku odběru vápníku a hořčíku bramborami během vegetace.



Obr. 4 Dynamika odběru vápníku a hořčíku bramborami během vegetace (Hawkins, 1946)

Duchoň (1948) ve své knize uvádí, že se brambory vyznačují určitým sklonem k vyšší spotřebě síry (ve formě síranů) než chloridů. Chlór v přebytku působí nepříznivě na škrobnatost hlíz, podobně i nadbytek sodíku snižuje obsah škrobu a zvyšuje lojovitost hlíz (Kostkan, 1942; Richter, Hlušek, 1994; Kasal et al., 2010).

### 2.4.3 Těžké kovy

Těžké kovy jsou kovy, jejichž hustota je vyšší než  $5 \text{ g.cm}^{-3}$ . Patří mezi ně železo, zinek, měď, mangan, cín, chrom, kadmium, olovo, rtuť aj. V Tab. 15 jsou uvedeny dle Vyhlášky č. 13/1994 Sb. maximální přípustné hodnoty těchto prvků v půdách. Některé z nich mohou být v malých množstvích nezbytné pro člověka (Mn, Zn), většina těchto prvků je jedovatá (Kalina, 2004). Zaměstnanci ÚKZÚZu pravidelně provádí rozborů půd na obsah těžkých kovů, přičemž u většiny půd v České republice jsou obsahy těžkých kovů nižší než maximální přípustné množství. Mezi těžké kovy řadíme i některé prvky, které jsou označovány jako mikrobiogenní (Fe, Zn, Cu, Mn) a tedy nezbytné pro rostliny.

Tab. 15 Maximální přípustné hodnoty rizikových prvků v půdách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )  
(Vyhláška č. 13/1994 Sb.)

prvek	lehké půdy	ostatní půdy
As	30,0	30,0
Be	7,0	7,0
Cd	0,4	1,0
Co	25,0	50,0
Cr	100,0	200,0
Cu	60,0	100,0
Hg	0,6	0,8
Mo	5,0	5,0
Ni	60,0	80,0
Pb	100,0	140,0
V	150,0	220,0
Zn	130,0	200,0

#### 2.4.3.1 Kadmium

Kadmium je nejnebezpečnější toxický prvek jak pro rostliny, tak i živočichy. Přítomnost Cd může narušit aktivitu enzymů. U živočichů může docházet ke kumulaci Cd a ukládání do ledvin, také jater a sleziny.

Nejvyšší množství Cd je kumulováno v kořenech, střední ve stoncích a nejnižší v hlízách (Truby, Raba, 1990). Tepelnými úpravami se může obsah Cd snížit až o 30–



40 % (Ocker et al., 1984). Kadmium se dostává do půdy různými cestami, např. fosforečnými hnojivy, pesticidy obsahující tento prvek (Bencko et al., 1995), a jako ostatní těžké kovy, odpadními vodami či emisemi (Williams, David, 1973). S rostoucím pH klesá rozpustnost kadmia v půdě, proto je kadmium v alkalických půdách imobilní. Naopak je tomu u půd o  $\text{pH} < 5$ , kdy může být kadmium mobilnější než zinek (Cibulka, 1991). V rostlinném materiálu se průměrně nachází v množství 0,1–1 ppm. Pro člověka může být toxické v množství 3 ppm (Mengel, Kirkby, 2001). Kadmium může tvořit s hydroxily a chloridy komplexy (Haan, Zwerman, 1978). Hahne, Kroontje (1973) uvádějí, že tyto komplexy se mohou podílet na mobilizaci Cd do životního prostředí. Petříková (1990) vypracovala stupnici pořadí kontaminace u různých druhů plodin. Brambory se umístily uprostřed této stupnice. Nejvíce byly kontaminovány jetelotrávy, nejméně luskoviny. Podle Vyhlášky 13/1994 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu je maximální přípustné množství Cd v lehkých půdách do  $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ , u ostatních půd do  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Tab. 15). Hlavním zdrojem kontaminace rostlin je nejčastěji znečištěné ovzduší.

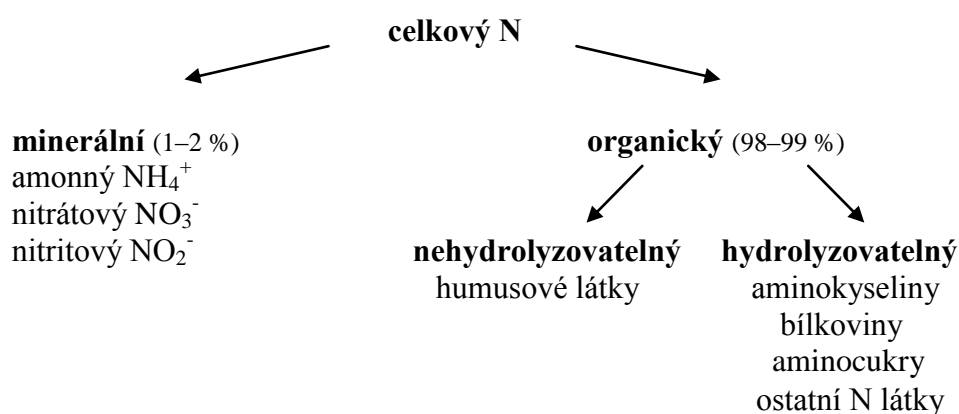
## 2.5 Význam dusíku pro rostliny

V přírodě se dusík nachází ve dvou izotopech, a to  $^{14}\text{N}$ , ten představuje 99,62 % a  $^{15}\text{N}$ , který je přítomný v množství 0,38 %. V přízemní vrstvě vzduchu se dusík nachází v 78,09 % objemových (Richter, Hlušek, 1994; Fecenko, Ložek, 2000). Stevenson (1982) uvádí, že asi 98 % dusíku na Zemi je obsaženo v litosféře (skály, půda, uhlí, sedimenty, mořské dno). Méně než 2 % dusíku se nachází v atmosféře, část v hydrosféře a biosféře. Většina dusíku na Zemi není dostupná pro rostliny. V roce 2008 bylo v Evropě průmyslově zpracováno 34 mil. t N, 75 % bylo pro výrobu hnojiv, 25 % pro chemický průmysl (gumy, plasty, ...) (Howard et al., 2011).

Zdrojem dusíku pro rostliny je dusík z průmyslových hnojiv, organických hnojiv, půdní organické hmoty, ale také fixace vzdušného dusíku symbiotickými a nesymbiotickými bakteriemi a také elektrický výboj v atmosféře (Fecenko, Ložek, 2000, Abrol et al., 2007). Kromě toho mohou rostliny v omezené míře přijímat i některé dusíkaté organické látky, např. močovinu, aminokyseliny aj. (Richter, Hlušek, 1994).

Celkový obsah dusíku v půdách je velmi rozdílný a kolísá nejčastěji od 0,05–0,5 %. V orníční vrstvě převážné části půd ČR je 0,1–0,2 % veškerého dusíku. Fecenko, Ložek (2000) uvádějí, že obsah dusíku ve slovenských půdách se pohybuje od 0,11–0,23 %. Obsah dusíku výrazně klesá s hloubkou půdy, nejvíce dusíku se nachází v horní vrstvě (Stevenson, 1965). Obsah celkového dusíku v půdě je poměrně stálou hodnotou, protože je tvořený těžce chemicky i mikrobiologicky rozložitelnými sloučeninami. Dusík je vázaný na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin a huminů. Z tohoto důvodu se obsah N v půdě často dává do vztahu  $C_{ox}$  a vyjadřuje se poměrem C:N (Fang, Mocrieff, 2005; Manzoni, Porporato, 2007). V našich půdách je uváděná průměrná hodnota C:N 10–12:1. Tento poměr s hloubkou klesá, a proto v podorníční vrstvě ho bývá 5–10× méně (Richter, Hlušek, 1994). Bielek (1998), Abrol et al., (2007) uvádějí, že na základě tohoto poměru je možné předpokládat proces rozkladu organických látek, nebo naopak proces syntézy organických sloučenin v půdě. Při hodnotách poměru C:N okolo 20–25:1 jsou tyto procesy přibližně v rovnováze. Snižováním poměru se zvyšuje mineralizační schopnost půd a uvolňuje se amonný dusík. Rozšiřováním poměru nad 25:1 dochází už k imobilizaci dusíku v půdě.

98–99 % veškerého N v ornici je přítomno ve formě organické, zbytek ve formě minerální (anorganické) (Richter, Hlušek, 1994; Barker, Pilbeam, 2007) (Obr. 5).

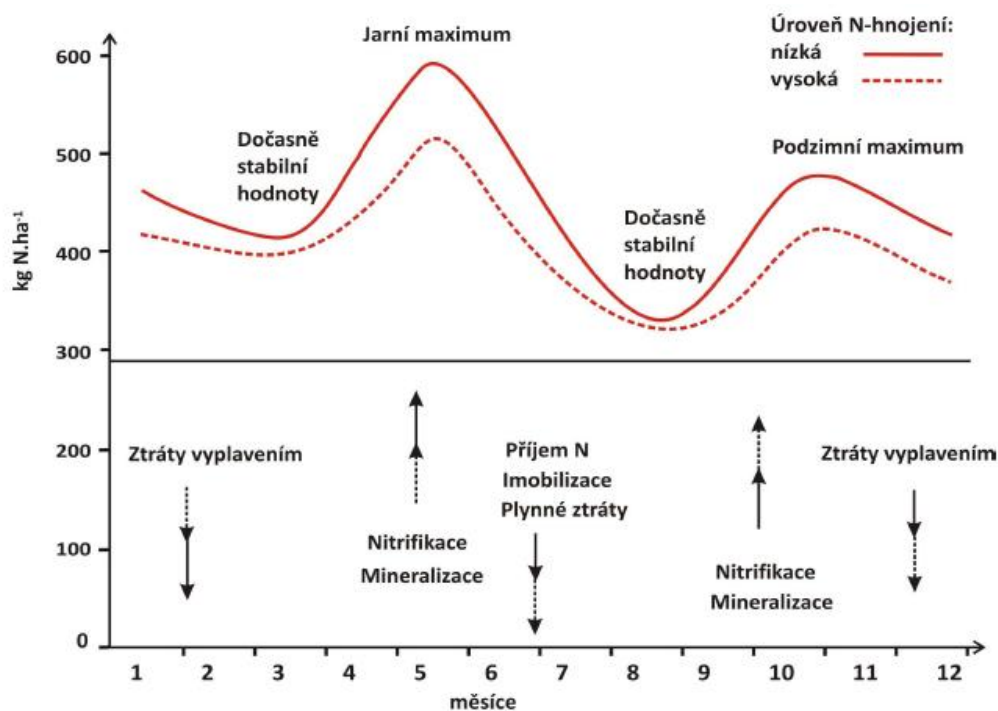


Obr. 5 Formy dusíku v půdě (Ivanič et al., 1979)

Anorganický podíl dusíku zastupuje dusičnanové ( $NO_3^-$ ), amonné ( $NH_4^+$ ) a dusitanové ( $NO_2^-$ ) ionty (Young, Aldag, 1982). Tvorba anorganického (minerálního)

dusíku je vyvolaná aerobním rozkladem půdní organické hmoty, množství anorganického dusíku sezónně podléhá rychlým a kvantitativně velkým změnám (Follett, Hatfield, 2001; Schimel, Bennett, 2004).

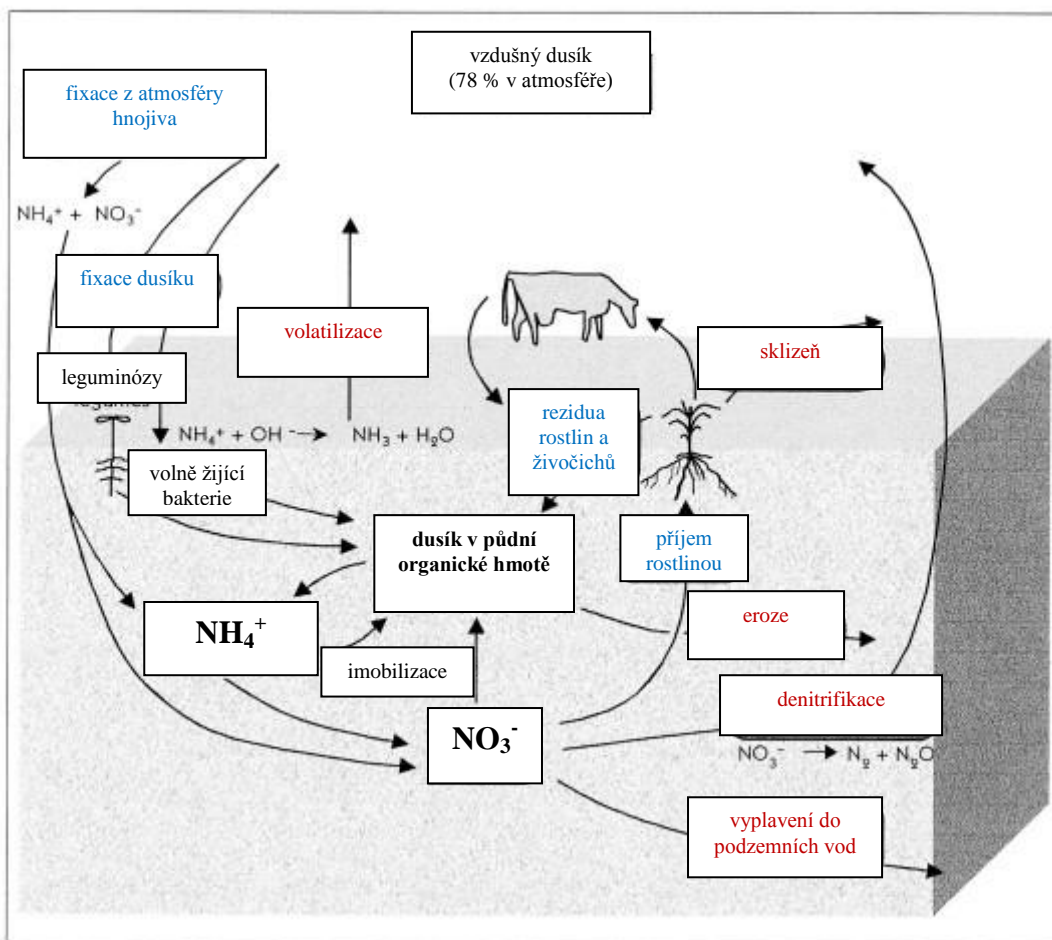
Přísunem organických hnojiv se podíl anorganického dusíku v půdě zvyšuje a někdy dochází ještě k jeho dodatečnému zvýšení v důsledku vyvolání vyšší mineralizace dusíkaté organické hmoty aplikováním dusíkatých hnojiv (Fecenko, Ložek, 2000). Dusík  $\text{NH}_4^+$  se může v půdě nacházet v množství 5–10 % i více. Názory na využití tohoto dusíku jsou různé. Legg, Meisinger (1982) uvádějí, že 13–18 % fixovaného  $\text{NH}_4^+$  podléhá nitrifikaci, podle Peterburgského a Korčagina (1965) přijímají rostliny 10–24 % fixovaného  $\text{NH}_4^+$  z hnojiv. Stevenson (1986) popisuje, že vyšší dávky hnojiv způsobují nižší využití fixovaného  $\text{NH}_4^+$  rostlinami. Obsah anorganického dusíku v půdě se v zimě snižuje, na toto snížení má také vliv mnoho srážek, na jaře a v létě se obsah zvyšuje (Obr. 6). V zimě je na nehnoujených půdách v hloubce 30–60 cm zpravidla méně jak  $10 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Na jaře a v létě se obsah může zvýšit až na  $60 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  (Harmsen, Kolenbrander, 1965).



Obr. 6 Sezónní změny obsahu minerálního dusíku v půdě a související procesy přeměn (Bízík, 1989)

Přechodně se v půdě vyskytují také oxidy dusíku ( $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ) a meziprodukty mikrobiálních procesů, např. hydroxylamin ( $NH_2OH$ ), nitramid ( $N_2H_2O_2$ ), které jsou nestabilní a podléhají oxidačním nebo redukčním procesům a v konečném důsledku z nich vznikají  $NO_3^-$ , resp.  $NH_4^+$  ionty (Fecenko, Ložek, 2000).

Organický dusík má klíčovou roli ve výživě rostlin a půdní úrodnosti i přes jeho vliv na mikrobiální aktivitu a dostupnost živin (Kelley, Stevenson, 1995). Organické dusíkaté látky hydrolyzovatelné jsou v půdě mineralizovány až na amoniak. Rovněž rostlinná a živočišná bílkovinná látka je pod vlivem proteolytických enzymů vylučovaných různými skupinami mikroorganismů aerobního a anaerobního charakteru přeměňována postupně přes polypeptidy na peptidy, aminokyseliny a působením deamináz až na  $NH_3$ , ten se pak oxiduje přes dusitany až na dusičnany. Opakem je syntéza složitých organických sloučenin z minerálních forem dusíku, tzn. z dusičnanu a amoniaku se dusík zabudovává do bílkovin a humusových látek. Do této činnosti jsou zapojeny jak bakterie (*Bact. bulhare*, *subtilit*, *mezentericus* aj.), tak plísňe (*Penicillium*, *Aspergillus* aj.). Těmito reakcemi je zajišťováno spojení mezi organickými dusíkatými sloučeninami a dusíkem minerálním v půdě (Richter, Hlušek, 1994; Fecenko, Ložek, 2000). Mezi organické dusíkaté látky nehydrolyzovatelné patří humus. Ten má pozitivní vliv na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy (Kelley, Stevenson, 1995).



Obr. 7 Koloběh dusíku v přírodě (Postgate, 1978)

### 2.5.1 Příjem dusíku

Rostlina přijímá dusík nejčastěji ve dvou formách, a to jako  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  ionty (Duchoň, Hampl, 1959). Obě formy jsou mobilní, dobře metabolicky využitelné, ale mají značně rozdílný význam, úměrný rozdílu oxidace obou iontových forem. Příjem  $\text{NH}_4^+$  je negativně spojen s koncentrací  $\text{NH}_4^+$  a některými aminokyselinami, např. glutaminem a asparaginem v kořenech (Causin, Barneix, 1993), a tudíž příjem  $\text{NH}_4^+$  rychle roste během několika dní po ukončení zásoby dusíku (Lee, Rudge, 1986). Rostliny, které přijímají dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$  se vyznačují nižším obsahem organických kyselin (aniontů) a relativně vyšším obsahem anorganických aniontů. Asimilace amoniakálního dusíku v rostlině probíhá přednostně před dalšími procesy, aby se tím předešlo toxické akumulaci amoniaku ve tkáních rostlin. Tím jsou také sacharidy a další metabolická energie spotřebovány na úkor syntézy bílkovin nebo buněčných stěn (Ivanič et al., 1979).

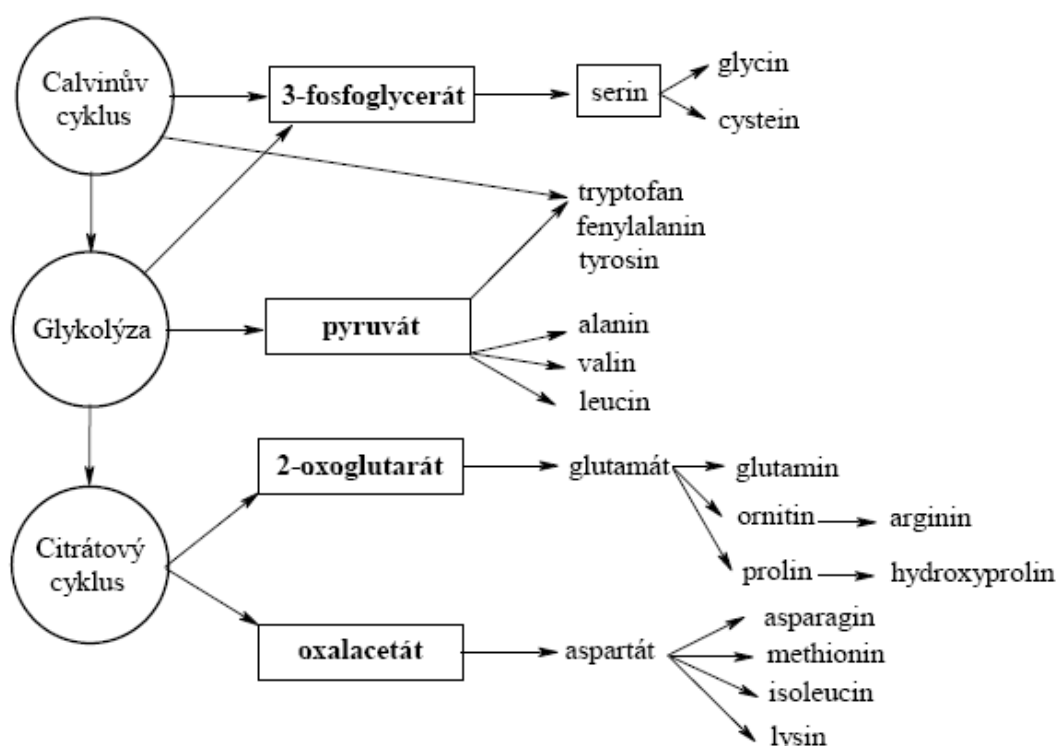
Za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Kořeny ho přijímají aktivně ve směru elektrochemického gradientu. Výdej je procesem pasivním. Nitrátový dusík je přijímán při kyseljším pH. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy (Rao, Rains, 1976; Mengel, Kirkby, 2001; Pavlíková et al., 2007). Nižší teploty mají za následek pokles příjmu  $\text{NO}_3^-$  a naopak je více přijímán  $\text{NH}_4^+$ . Za těchto podmínek je snížena redukce nitrátů v rostlině, proto se mohou nitráty hromadit v pletivech (Ivanič et al., 1979). Regulace příjmu  $\text{NO}_3^-$  vyžaduje vysokou kapacitu, vysokou afinitu příjmového systému a negativní zpětnou vazbu příjmu  $\text{NO}_3^-$  zvyšující vnitřní koncentraci (Marschner, 2012). Nitrát je do buněk transportován aktivním transportním systémem a po vstupu do rostliny je  $\text{NO}_3^-$  redukován buď ihned v kořenech nebo až v listech (Gastal, Lemaire, 2002). Nitrát, který vstupuje do cytosolu, může být redukován na amonný iont, dočasně převeden do vakuoly, symplastem transportován do xylému nebo pasivně může uniknout z kořenů zpět do substrátu (Van der Leij et al., 1998). Redukce nitrátu se skládá ze dvou kroků, a to z redukce  $\text{NO}_3^-$  na  $\text{NO}_2^-$  pomocí enzymu nitrátoreduktázy, ten se nachází v cytoplazmě, a z redukce  $\text{NO}_2^-$  na  $\text{NH}_3$ , pomocí enzymu nitritoreduktázy, který se nachází v chloroplastech (Mengel, Kirkby, 2001). Konečným produktem asimilace nitrátů je široké spektrum aminokyselin, aminů, amidů, peptidů, kdy největší podíl syntetizovaných amidů tvoří obvykle glutamin a glutamát (Pavlíková et al., 2007).

Dosud není jasné, zda je přijímán kationt  $\text{NH}_4^+$  nebo neutrální molekula  $\text{NH}_3$ . Kirkby a Hughes (1970) uvádějí, že přijímají-li rostliny iont  $\text{NH}_4^+$ , tento iont je metabolizován, aby vytvořil neutrální organickou molekulu, výsledkem pak je okyselovací efekt. V případě, že rostliny přijímají iont  $\text{NO}_3^-$ , vzniká alkalický efekt. Předpokládá se, že  $\text{NH}_3$  je přijímán přednostně, zvláště při vyšším pH, tj. v neutrálním a zásaditém prostředí. Při výživě rostlin amoniakálním dusíkem je celkově nižší příjem většiny iontů, ale zvláště kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) a organických aniontů (Richter, Hlušek, 1994).  $\text{NH}_3$  může být pro rostlinu toxický již při nízkých koncentracích, protože velmi účinně odpojuje syntézu ATP od přenosu elektronů v membránách tylakoidů. Vznikající  $\text{NH}_3$  je proto vázán na organické kyseliny za vzniku aminokyselin. Nejčastější je vazba na kyselinu  $\alpha$ -ketoglutarovou za vzniku kyseliny glutamové. Podobně se tvoří z kyseliny oxaloctové a  $\text{NH}_3$  kyselina asparagová. Obě aminokyseliny mohou vázat další molekulu  $\text{NH}_3$  na karboxylovou skupinu a tvořit amidy – asparagin a glutamin (Obr. 8), a tak omezovat možné toxické působení  $\text{NH}_3$  v pletivech. Toxicita je

závislá i na pH živného prostředí. Zásadité pH živného roztoku toxicitu  $\text{NH}_4^+$  zvyšuje a kořeny mohou být již při nižší koncentraci tohoto iontu poškozeny (Richter, Hlušek, 1994).

Kromě  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  mohou v omezené míře rostliny přijímat i některé dusíkaté organické látky, např. močovinu, aminokyseliny, aj.

U bobovitých rostlin jako zdroj dusíku slouží i vzdušný  $\text{N}_2$ , díky symbióze s hlízkovými bakteriemi.



Obr. 8 Biosyntéza aminokyselin z rozličných intermediátů Calvinova cyklu, glykolýzy a citrátového cyklu (Zehnálek et al., 2006)

## 2.5.2 Přeměny dusíku v půdě

### Imobilizace

Při imobilizaci dochází k syntéze složitých organických sloučenin z minerálních forem dusíku, tj. zabudování dusíku z dusičnanů a amoniaku do bílkovin a humusových látek (Fecenko, Ložek, 2000). Anorganický dusík v půdě, který pochází z rozložené

organické hmoty nebo průmyslových hnojiv, se při imobilizaci stává součástí půdní mikroflóry účastníci se rozkladu organické hmoty. V důsledku toho se snižuje množství mobilního dusíku (anorganického dusíku) a zároveň se zmenšuje poměr C:N, protože mikroorganismy vydýchají CO<sub>2</sub>, který uniká do atmosféry. Velký imobilizační účinek mají lignocelulózoové materiály, které mají vyšší obsah fenolových látek, v důsledku toho je proces imobilizace prodloužený (fenoly mají inhibiční účinek na půdní mikroflóru). Intenzita imobilizace je ovlivněna vlhkostí, teplotou, provzdušněností a pH půdy. V aerobních podmínkách je 3–6× rychlejší než v anaerobních (Kováčik et al., 2012).

### **Mineralizace**

Opačným procesem imobilizace je mineralizace, kdy dochází k rozkladu složitých organických látek přes polypeptidy, aminy, aminokyseliny na amoniak, ten se pak oxiduje přes dusitany až na dusičnany (Ma et al., 2009). Zpřístupnění dusíku v půdním prostředí probíhá prostřednictvím chemické, biologické a termické mineralizace. Míra mineralizace organického dusíku a přeměny NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na NO<sub>3</sub><sup>-</sup> jsou často ovlivňovány půdní vlhkostí a teplotou (Sabey, 1969; Fang, Mocrieff, 2005). To je jeden z důvodů, proč se obsah rozpustného dusíku v půdním roztoku (především nitrátu) může tak odlišovat (Harmsen, 1959). Bielek (1984) uvádí nejnižší intenzitu mineralizace dusíku u půd nehnojených a zasolených, střední intenzitu mineralizace u kambizemě, luvizemě, pseudogleje a rendziny, vysokou intenzitu mineralizace u černozemě, hnědozemě a fluvizemě.

Chemická mineralizace je rozklad organických látek chemickými sloučeninami, které vznikají v půdě činností mikroorganismů, rostlin (kořenovými exudáty) a látek dostávajících se do půdy antropogenní činností (hnojiva).

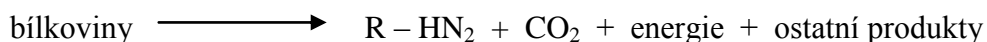
Termická mineralizace má praktický význam v subtropických oblastech (teplo, sucho).

Biologická mineralizace probíhá na základě půdního edafonu (aerobní a anaerobní bakterie, plísňe a aktinomycety) (Kováčik et al., 2011). Skládá se ze tří stupňů:



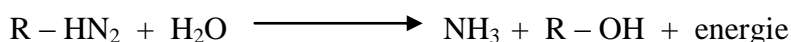
### Aminizace

Dochází k rozkladu bílkovin na aminy a aminokyseliny prostřednictvím proteolytických enzymů a heterotrofních půdních mikroorganismů, při které se získává energie k dalším metabolickým procesům (Ivanič et al., 1979).



### Amonizace

Aminy a aminokyseliny, které vznikají, se dále rozkládají pomocí deaminizačních enzymů a dalších skupin heterotrofních mikroorganismů na amoniak, při kterých se také uvolňuje energie (Fecenko, Ložek, 2000). Množství uvolněného amoniaku v půdě závisí nejen na množství organických dusíkatých látek, ale i na jejich kvalitě, především poměru C:N. Je-li poměr C:N širší než 20:1, je hromadění  $\text{NH}_3$  omezené a je-li nad 25:1, nestačí krýt vzniklý  $\text{NH}_3$  ani vlastní potřebu mikrobů (Ivanič et al., 1979).



Vzniklý amoniak se dále může využívat:

- biologickou oxidací (nitrifikačními procesy)
- přijímat vyššími rostlinami
- vázat mikroorganismy a využívat na další rozklad organické hmoty
- fixovat do mezivrstevových prostor sekundárních jílových minerálů
- může podléhat volatilizaci
- vázat se fyzikálně-chemickou sorpcí na půdní sorpční komplex (Fecenko, Ložek, 2000).

### Nitrifikace

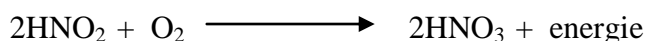
V biologicky činných půdách podléhá  $\text{NH}_4^+$  nitrifikaci. Tento proces probíhá za pomoci autotrofních nebo heterotrofních mikroorganismů ve dvou stupních (Obr. 9). Nitrifikační bakterie získávají z amonných solí potřebnou energii nezbytnou pro syntézu

organických látek a současně jsou tyto sloučeniny pro ně také zdrojem dusíku (Newton, Orme-Johnson, 1980; Richter, Hlušek, 1994; Barker, Pilbeam, 2007).

1. stupně autotrofní nitrifikace (nitritace) se zúčastňují bakterie *Nitrosomonas* a *Nitrosocystis*, které oxidují amoniak na dusitany (nitrity):



2. stupeň, nitratace, tj. konverze dusitanů na dusičnany, zabezpečují bakterie rodu *Nitrobacter*



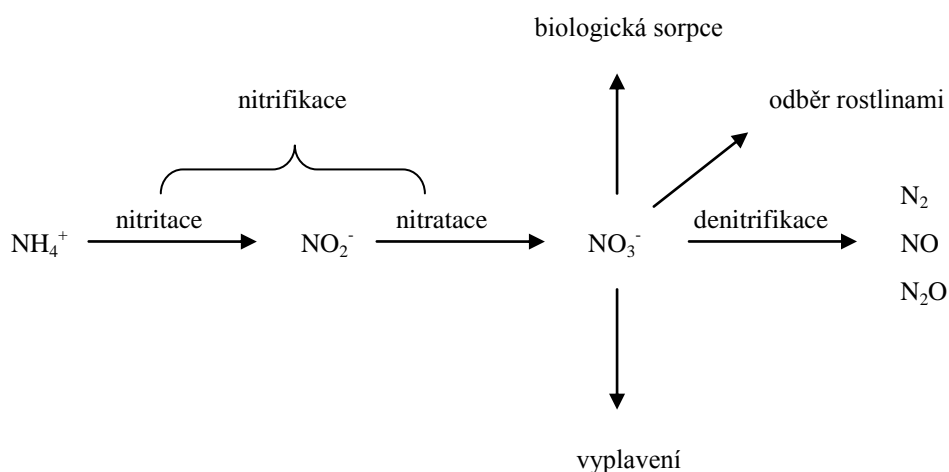
Aktivita rodu *Nitrobacter* je vyšší než u rodu *Nitrosomonas*, v důsledku toho je hladina  $\text{NO}_2$  v půdě zanedbatelná (Mengel, Kirkby, 2001; Kováčik et al., 2012). Při nitrifikaci uvolněné  $\text{H}^+$  okyselují půdu. Kyselina dusičná, která vznikla, je neutralizovaná bázemi sorpčního komplexu nebo půdního roztoku. Průběh tohoto biochemického procesu je ovlivňován celou řadou podmínek (Richter, Hlušek, 1994; Howard et al., 2011).

Intenzita nitrifikace se zvyšuje s teplotou. Činnost mikroflóry začíná při teplotě nad bodem mrazu a je měřitelná při teplotě 4 °C, přičemž optimální rozpětí pro oblast mírného klimatického pásma charakterizuje interval 25–30 °C (Nyle, Ray, 2002; Kováčik et al., 2012). Fecenko, Ložek (2000) uvádějí, že na nízké teploty je citlivější nitratální mikroflóra. To znamená, že na jaře při rozmrzání půdy se dočasně v půdě hromadí dusitany, protože jejich oxidace na dusičnany je zabržděná. Vlivem oteplování půdy na jaře se zvyšuje činnost nitrifikačních bakterií a následně obsah anorganického dusíku dosahuje maximální hodnoty (jarní maximum). Odběrem dusíku pěstovaným porostem, postupným snižováním intenzity nitrifikace se obsah anorganického dusíku v půdě snižuje až na relativně stabilní hodnotu (letní minimum). Při příznivých vlhkostních a teplotních podmínkách na podzim se obsah anorganického dusíku zvyšuje (podzimní maximum) a následně klesá před zimou.

Všeobecně převládá názor, že pro nitritaci je optimální pH 6,5–9,0 a pro nitrataci pH 5,0–7,0. Vzhledem k tomu, že nitrifikační bakterie jsou do značné míry adaptabilní k hodnotám pH půdy, intenzivní průběh nitrifikace je v rozmezí pH 6,2–9,2 (Káš, 1964; Kyveryga et al., 2004).

Pro průběh nitrifikačních pochodů se považuje za optimum 50–70 % PVK (plné vodní kapacity půdy), jestliže je PVK nad 70 %, nitrifikační činnost se snižuje pro nedostatek kyslíku v půdě pro oxidační procesy. Při 3 % se tyto procesy zastavují (Fecenko, Ložek, 2000).

Velmi důležité je také provzdušnění půdy, optimum vyplývá z optimální vlhkosti půdy, tj. poměru vody a vzduchu v půdě, který by měl být 60:40 %. Jestliže se podíl vzduchu sníží, dochází k brždění 2. fáze nitrifikace, v půdě se hromadí  $\text{NO}_2^-$ , *Nitrobacter* je citlivější na nedostatek vzduchu.



Obr. 9 Přeměny dusíku v půdě (Ryant et al., 2003)

### 2.5.3 Ztráty dusíku

Rostliny odebírají 30–70 % dusíku z aplikovaných hnojiv, zatímco 20–50 % je imobilizováno jako organický dusík na konci vegetačního období (Hauck, Bremner, 1976; Legg, Meisinger, 1982; Stevenson, 1986), zbylý dusík podléhá ztrátám – denitrifikaci, volatilizaci a vyplavování nitrátů (Nannipieri et al., 1999; Raun, Johnson,

1999). Výzkumy ukázaly, že největší vliv na ztráty dusíku z půdy mají půdní charakteristiky, pěstování a hnojení plodin a převládající vlhkostní podmínky. V Evropě, kde se nejvíce používají dusíkatá hnojiva v nitrátové formě, převládá vyplavování nitrátů a denitrifikace, v ostatních částech světa, kde se nejvíce používá močovina, převládá volatilizace amoniaku (Mosier et al., 2004). Ke ztrátám dusíku z půdy dochází přes kapalnou a plynnou fázi.

Ztráty dusíku přes kapalnou fázi jsou podmíněné dobrou rozpustností dusíkatých hnojiv, poměrně rychlou oxidací  $\text{NH}_4^+$  iontu na dusičnany a dobrou pohyblivostí  $\text{NO}_3^-$  aniontu v půdě, který se pohybuje s půdní vodou. Při nadbytku vody v půdě se půdní roztok a s ním rozpuštěné látky posunují pod kořenový systém rostlin, tím se snižuje účinnost a efektivnost hnojiva. Jestliže jsou podmínky pro pohyb půdního roztoku vertikálním směrem a podorničí je dobře propustné, případně v půdním profilu vystupuje vysoko podzemní voda, vznikají předpoklady pro intenzivní vyplavování  $\text{NO}_3^-$ . Jestliže jsou podmínky pro horizontální pohyb půdního roztoku, např. sklonitost pozemků, dochází k povrchovému splavování dusičnanů do vodních toků (Fecenko, Ložek, 2000).

Ztráty dusíku přes plynnou fázi jsou vyšší než přes kapalnou fázi. Je to způsobené tím, že sloučeniny dusíku jsou reaktivní, lehce oxidovatelné. Tyto ztráty mohou představovat až 30 % z dodaných dusíkatých hnojiv. Plynné ztráty vznikají jako důsledek denitrifikace a volatilizace amoniaku (Fecenko, Ložek, 2000). Koreňkov et al. (1976) zjistili, že ztráty N z močoviny unikáním amoniaku do ovzduší byly nejvyšší v prvních 7 dnech po aplikaci.

### ***Vyplavování nitrátů***

Amonný dusík se v úrodných půdách rychle mikrobiologicky oxiduje na aniont, který nepodléhá chemické a fyzikálně-chemické sorpci. Na celkovém vyplavení dusíku se podílí dusík nitrátový 90–97 %, amonný 0,5–7,0 %, nitritový a ostatní formy dusíku 3,0 % (Kováčik et al., 2011; Howard et al., 2011). Průměrné hodnoty vyplaveného nitrátového dusíku se pohybují od 5 do 55  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  za rok. Nitráty se nejintenzivněji vyplavují koncem zimního období, pak také na jaře, kdy je půda bez vegetačního krytu. Intenzita vyplavování závisí na půdním druhu, pěstované plodině, dávkách dusíkatých hnojiv a průběhu povětrnostních podmínek v daném období (Fecenko, Ložek, 2000). Nitráty se obvykle neúčastní tvorby slaborozpustných sloučenin a neváží na sebe

(nesorbují) negativně nabitě půdní koloidy. Největší ztráty dusíku vyplavováním nastávají na lehkých půdách s nízkým obsahem organických látek v podmínkách nadměrného množství srážek (Pannikov, Minejev, 1977). Káš, Matějková (2010) srovnávali vliv organického a minerálního hnojení na ztráty dusíku do podzemních vod. Tato hnojiva aplikovali na lehké půdy v dávce  $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Výsledkem byly vyšší ztráty dusíku v půdě na minerálně hnojených variantách.

Většina vod v Evropě obsahuje velké množství  $\text{NO}_3^-$ . Znečištění N může způsobit eutrofizaci a acidifikaci vod, umírání živočichů (Fecenko, Ložek, 2000). Pro člověka jsou dusičnany samy o sobě málo škodlivé, nepřímo mohou však škodit v gastrointestinálním traktu redukcí na toxické dusitany. Dusitany pak reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který již nemá schopnost přenášet kyslík a dochází k methemoglobinemii. Nebezpečná dávka pro dospělého člověka je nad  $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NO}_3^-$ , u kojenců nad  $15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{NO}_3^-$  (Ivanič et al., 1979). Asi 3 % populace EU je vystavena nebezpečí v překročení nitrátů v pitných vodách ( $50 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1} = 11,2 \text{ mg N} \cdot \text{l}^{-1}$ ), 6 % populace překračuje hranici  $25 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ .

Ochranu vod před znečištěním dusičnany pocházejících ze zemědělských zdrojů zajišťuje nitrátová směrnice (Směrnice Rady 91/676/EHS), která je součástí Zákona č. 254/2001 Sb., o vodách. Nitrátovou směrnicí jsou povinné dodržovat zranitelné oblasti, které jsou vymezeny hranicí v katastrální mapě. Hospodaření v těchto obastech dále upravuje akční program nitrátové směrnice (zákazy hnojení, limity N k plodinám, ...).

### **Denitrifikace**

Denitrifikace je redukční proces, kdy jsou nitráty v přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík (Vaněk et al., 2007). Denitrifikace může být biologická nebo chemická. V našich podmínkách probíhá biologická denitrifikace.

Biologická denitrifikace je proces redukce dusičnanové formy dusíku půdy až na formu volného plynného dusíku  $\text{N}_2$ , který probíhá v důsledku činnosti půdních mikroorganismů, tzv. denitrifikátorů (*Bacterium denitrificans*, *Bacterium stutzeri*, *Bacterium fluorescens* a jiné.) (Pannikov, Minejev, 1977). Dusík je uvolňován do ovzduší ve formě oxidů dusíku ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), resp. molekulárního dusíku  $\text{N}_2$  (Fecenko, Ložek, 2000). Ztráty dusíku při denitrifikaci se vysvětlují tím, že denitrifikátoři patří mezi anaerobní mikroflóru, to znamená, že se aktivně rozvíjejí

v podmínkách nedostatku vzdušného kyslíku. Proto na dýchání spotřebují kyslík dusičnanů, přičemž dusík redukuje až do volné molekulární formy  $N_2$ . Podle Allisona (1966) se ztráty plynného dusíku mohou pohybovat od 5–50 % z celkového použitého dusíku. Nejpriznivější podmínky pro denitrifikaci se vytváří při vzniku anaerobních podmínek, zásadité reakci půdy a při nadbytku organické hmoty v půdě bohaté na celulózu, glukózu a jiný energetický materiál. Tyto ztráty vznikají také při nadměrné vlhkosti půdy (Pannikov, Minejev, 1977). Dily, Woldendorp (1960) uvádějí, že u provzdušněných písčitých půd je denitrifikace nižší (ztráty 11–25 % N) než u jílovitých půd (16–31 % N). Ztráty amoniaku se mohou snížit okamžitým zapracováním hnojiva s  $NH_4^+$  formou dusíku do půdy (Fecenko, Ložek, 2000).

Chemická denitrifikace je realizovaná bez účasti mikroorganismů. Dochází k reakci kyseliny dusité s aminokyselinami, amoniakem a jeho solemi, aminy, amidy aj. Chemická denitrifikace probíhá intenzivněji v kyselém prostředí při pH 5,5 a nižším (Ivanič et al., 1979). Podmínkou pro průběh je přítomnost dusitanů v půdě. Jejich hromadění v půdě není významné, a proto chemodenitrifikace tak intenzivně neprobíhá (Kováčik et al., 2012). Bielek (1998) uvádí průměrné ztráty dusíku denitrifikací, které jsou na úrovni  $46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  za rok.

### ***Volatilizace***

Při volatilizaci dochází k úniku amoniaku z půdního prostředí do atmosféry při aplikování vyšších dávek dusíkatých hnojiv s amidovou, amoniakální a amonnou formou dusíku (Fecenko, Ložek, 2000). Několik studií prokázalo, že dusíkatým hnojením může docházet až k 60% ztrátám dusíku volatilizací (Harrison, Webb, 2001). V extrémních případech při nesprávné aplikaci močoviny a bezvodého amoniaku mohou být ztráty až 80 %. Velmi důležitý je způsob aplikace dusíkatých hnojiv, hlavně hloubka zapravení hnojiv do půdy, také zvyšování teploty zesiluje volatilizaci amoniaku. V souvislosti s močovinou je uvedený jev vysvětlován intenzifikací ureolýzy (Chadwick et al., 1998; Follett, Hatfield, 2001). Při povrchové aplikaci močoviny dochází vlivem teplých a suchých podmínek k rychlé hydrolyze a ke ztrátám dusíku z aplikovaného dusíku volatilizací amoniaku do ovzduší (Sigunda et al., 2002).  $NH_3$  znečišťuje ovzduší, může reagovat se sloučeninami síry a také může mít vliv na vznik skleníkového efektu (Harrison, Webb, 2001; Howard et al., 2011). Tlustoš et al. (1999)

doporučují, aby se tomuto problému věnovala větší pozornost, protože se do atmosféry dostává velké množství amoniaku ze zemědělské činnosti.

#### **2.5.4 Sezónní změny anorganického dusíku**

Na sezónních změnách anorganického dusíku se podílí nitrátový dusík, který se v půdě váže pouze biologickou sorpcí, a to do rozložení odumřelých mikroorganismů. Nitrátový iont netvoří nerozpustné sloučeniny, ale pohybuje se v půdě s pohybem půdní vody.

Kationt  $\text{NH}_4^+$  je v půdě vázaný fyzikálně-chemickou sorpcí na půdní sorpční komplex, v půdě se může udržet dlouho dobu, jestliže nejsou příznivé podmínky pro jeho oxidaci, tj. pro nitrifikaci. Proto dusík aplikovaný na podzim ve formě amoniakální, amonné a amidické průmyslovými a organickými hnojivy se v zimě z půdy nevyplavuje, když půda vykazuje alespoň průměrnou sorpční kapacitu (Fecenko, Ložek, 2000).

#### **2.5.5 Translokace dusíku**

Dusík přijatý kořeny je translokován xylémem do vyšších částí rostliny. Tento proces závisí na formě N, kterou rostlina přijala. Podle Pate (1971) téměř většina absorbovaného  $\text{NH}_4^+$  je asimilována v kořenech a přeměněna na aminokyseliny. Nitrát může být translokován do výhonků a listů, závisí to ale na redukci v kořenech. Nitrát a aminokyseliny jsou hlavní formy dusíku, kterými je N translokován cévním systémem vyšších rostlin. Mladé listy jsou zásobeny aminokyselinami až do jejich plné zralosti (Milthorpe, Moorby, 1969). Jestliže má rostlina nedostatek zásoby dusíku, N je mobilizován ze starších listů do mladších částí rostliny, proto při deficienci N jsou nejdříve viditelné symptomy na starších listech (Mengel, Kirkby, 2001).

Močovina je přijímána rostlinami po jejím rozkladu na  $\text{NH}_4^+$  nebo dále po mikrobiální přeměně na  $\text{NO}_3^-$ , při foliární výživě je také přijímána ve formě celých molekul (Richter, Hlušek, 1994).

### 2.5.6 Symptomy nadbytku a nedostatku dusíku

Poruchy v příjmu dusíku rostlinami se projevují narušením metabolismu, omezením růstu, snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce (Vaněk et al., 2007).

Nedostatek dusíku má vliv na potlačení růstu rostlinných orgánů, kořenů, stonků, listů, květů a plodů. Rostliny jsou zakrslé, stonky tenké, listy jsou drobné, světle zelené, žlutozelené až žluté (Obr. 10), starší listy mohou předčasně opadat (Wiedenhoeft, 2006). Tento jev je zapříčiněn kolapsem chloroplastů. Nedostatek N má také vliv na poměr kořene a výhonů (Thomson, Weier, 1962), může také doházet ke snížení příjmové kapacity kořenů a obecně klesá i příjem dalších živin (Vaněk et al., 2007).



Obr. 10 Deficience dusíku u brambor (Ryant et al., 2003)

Nadbytek dusíku může způsobovat poléhání porostu, sytě zelené zbarvení nadzemních částí, nachylnost k patogenům. Při výrazném nadbytku dusíku mohou být poškozené listy, vytváří se nekrózy a zasychání okrajů listů, rostliny mohou odumřet (Vaněk et al., 2012). Zvyšuje se obsah nitrátů v pletivech (Richter, Hlušek, 1994).

Koncentrace dusíku v nadzemních i podzemních orgánech se mění během vegetačního období. V raných stadiích růstu je koncentrace dusíku vyšší, v období zrání se koncentrace snižuje, je to závislé na počáteční zásobě dusíkem. Ze starších listů se dusík přemísťuje do mladších částí (Barker, Pilbeam, 2007). Na Obr. 11 lze vidět rozdíl ve výživě brambor dusíkem u dobře zásobeného porostu a nehnojeného porostu.



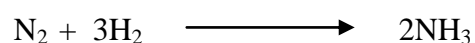


Obr. 11 Rozdílná úroveň výživy dusíkem u brambor na lehké písčité půdě, v pozadí dobře zásobený porost, v pozadí nehnojený (Vaněk et al., 2007)

## 2.6 Dusíkatá hnojiva

Používání N hnojiv má významný vliv na výnos rostlinné produkce. Mnohé experimenty s používáním N hnojiv na různých půdách potvrdily, že N je důležitým limitujícím faktorem. Množství N hnojiva, které by mělo být aplikováno, závisí na druhu plodiny a na půdních podmínkách. Na zvýšení imobilizace N hnojiv může mít vliv sláma, která je aplikovaná do půdy (Mengel, Kirkby, 2001).

Dusíkatá hnojiva se vyrábí Haber-Boschovým procesem, při kterém dochází k syntéze vzdušného dusíku  $N_2$ , jehož zdrojem je atmosféra, a vodíku, který je získáván ze zemního plynu, uhlí, derivátů ropy (Richter, Hlušek, 1994; Howard et al., 2011) při teplotě  $550\text{ }^\circ\text{C}$  a 200 atm (atmosférického tlaku) (Finck, 1982).



### 2.6.1 Močovina

Močovina je celosvětově nejpoužívanější dusíkaté hnojivo. Obsahuje 46 % N v amidové formě a je nejkonzentrovanejším tuhým dusíkatým hnojivem (Pannikov, Minejev, 1977; Richter, Hlušek, 1994). Amidovou formu dusíku jsou rostliny schopné přijímat kořeny i listy. Knop (1971) konstatoval, že močovina je rovnocenným hnojivem, jako je síran amonný, ledek amonný a ledek amonný s vápencem. V půdě probíhá velmi rychle její mineralizace a vlivem ureázy, kterou produkuje *Urobacillus pasteurii*, přechází na uhličitán amonný. Při její povrchové aplikaci bez zapravení do profilu půdy může docházet v suchých a teplých podmínkách ke ztrátám dusíku do ovzduší (Fecenko, Ložek, 2000; Kiss, Simihaian, 2002). Výhodou tohoto hnojiva jsou nízké náklady na výrobu, vysoký obsah živin a dobrá rozpustnost ve vodě. Močovina může být součástí vícesložkového hnojiva, používá se v pevné i kapalné formě, k foliární výživě i jako součást pesticidů (Kiss, Simihaian, 2002; Knop et al., 1970). Močovina je levným zdrojem bílkovin, používá se jako krmivo pro dobytek (Kiss, Simihaian, 2002; Gowariker et al., 2009).

Účinnost močoviny jako hnojiva ovlivňují mnohé faktory, např. půdní podmínky (provzdušnění půdy, vlhkost, biologická činnost, teplota, půdní reakce a obsah uhličitánu vápenatého), dále pěstované plodiny, dávka a doba použití močoviny, ostatní hnojiva a způsob zapravení do půdy (Knop et al., 1970). Po aplikaci na povrch půdy, zvláště v období velkého sucha, může docházet ke ztrátám dusíku ve formě amoniaku (volatilizace). Vysoké dávky močoviny mohou negativně ovlivňovat klíčivost semen. Močovina není vhodná na půdy extrémně těžké, biologicky málo činné a na půdy silně alkalické (Richter, Hlušek, 1994; Watson, 2000). Nízký účinek močoviny je na lehkých promyvných půdách při intenzivních srážkách, kdy močovina se může vyplavit z půdy dříve, než dojde k jejímu rozkladu a uvolnění dusíku. Týká se to zejména půd v horských oblastech, kde k vyplavování přispívají lehké štěrkovité půdy, silné srážky, nízká biologická činnost půdy v důsledku kyselé půdní reakce a nízkých teplot na jaře (Baier, 1971). Čmejla, Baier (1966) prováděli pokusy s bramborami v Orlických horách, kde porovnávali NPK hnojení běžnými dusíkatými hnojivy v dělených dávkách a plné NPK hnojení s močovinou. V těchto podmínkách byl výnos hlíz u varianty s močovinou o 25 % vyšší. Dále pokus prováděli v kukuřičné a řepařské oblasti, v Pohořelicích a Čáslavi, kde hnojení močovinou rovněž dokazovalo plně uspokojivý účinek tohoto hnojiva. Buchner et al. (1969) dospěli k závěru, že účinnost močoviny je

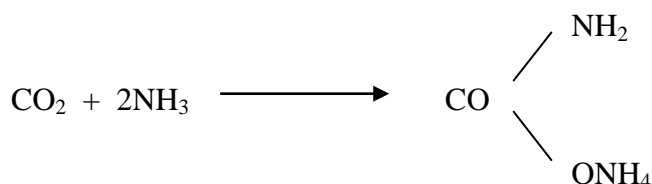
ovlivňovaná celkovým stavem půdní úrodnosti. Také dávají do souvislosti účinnost močoviny s celkovou intenzitou hnojení. Jsou toho názoru, že při vyšší intenzitě hnojení se zvyšuje i účinnost močoviny a naopak. Tím se také vysvětluje proč v minulosti, kdy intenzita hnojení a půdní úrodnost byly nižší, nebylo vždy dosaženo očekávaných výsledků od močoviny (Wang et al., 1995).

### 2.6.1.1 Výroba a aplikace močoviny

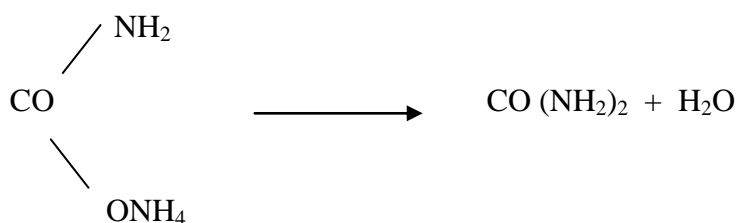
V přírodě vzniká močovina v těle živočichů jako konečný produkt přeměny bílkovin. Synteticky byla močovina poprvé připravena německým chemikem Wöhlerem v roce 1828 izomerací kyanatanu amonného. Tato reakce ukázala, že lze z anorganických látek získat stejnou látku, jakou vytváří živý organizmus (Ivanič et al., 1979). V současné době se močovina vyrábí syntézou čpavku a oxidu uhličitého.

Výrobní postup má 2 fáze:

1. Vznik karbaminanu amonného

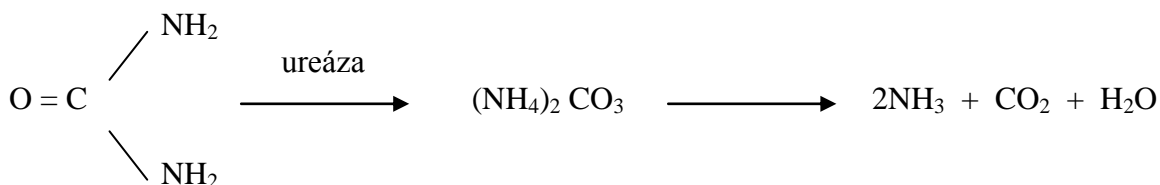


2. Rozklad karbaminanu na močovinu a vodu při teplotě 170–190 °C



Močovina se potom suší a granuluje. Dobře se rozpouští ve vodě, po zapravení do půdy se pomocí enzymu ureázy urobakterií, plísní a rostlinných zbytků hydrolyticky

štěpí na uhličitan amonný, popř. až na amoniak, oxid uhličitý a vodu (Finck, 1982; Richter, Hlušek, 1994; Ledgard, 2004).



Protože uhličitan amonný je hydrolyticky zásaditá sůl, vzniká v půdě v nejbližším okolí granule močoviny dočasně alkalické prostředí. Vznikající amonné sloučeniny a iont  $\text{NH}_4^+$  je půdou sorbován a je buď přímo zdrojem dusíku pro rostlinu, nebo za vhodných podmínek je rychle oxidován nitrifikačními bakteriemi až na dusičnany. Tím se prostředí okyseluje (Duchoň, Hampl, 1959; Richter, Hlušek, 1994). Za nižších půdních teplot dochází k inhibici až zastavení rozkladu, rozpuštěná močovina prosakuje do hlubších vrstev, kde může být přijímaná ve formě celých molekul. U řady rostlin je přijatá močovina rozkládaná ureázou až v rostlině (Bollard, 1959). K těmto závěrům také dospěli Kronzucker et al. (1999), kteří uvádějí, že začlenění močoviny se děje přes karbamidovou kyselinu přímo do aminokyselin. Cooper et al. (1976) a Richter et al. (1975) zjistili při výživě rostlin močovinou výrazně vyšší obsah volných aminokyselin. To svědčí o rychlé inkorporaci dusíku močoviny do metabolismu rostliny. Tvorba aminokyselin, amidů a dalších látek jsou hlavními cestami detoxikace amonných iontů v kořenech nebo amoniaku odvozeného z redukce  $\text{NO}_3^-$  nebo fixace  $\text{N}_2$ .  $\text{NH}_4^+$  iont je asimilován po jeho příjmu v kořeni do aminokyselin a amidů za současného uvolnění protonu ( $\text{H}^+$ ). Proto je asimilovaný N transportován xylémem ve formě aminokyselin a amidů do nadzemních částí rostliny (Marschner, 2012). Rostliny mohou obsahovat více než 200 různých aminokyselin, avšak pouze 20 z nich je vyžadováno pro syntézu proteinu. Monogastriční zvířata a člověk jsou ve výživě odkázáni na rostliny, neboť nemohou syntetizovat jisté aminokyseliny (tzv. esenciální, např. valin, leucin, lysin, methionin, aj.). V proteinové syntéze jsou jednotlivé aminokyseliny včleňovány do řetězců podle geneticky fixovaných sekvencí. Jejich výsledkem je produkce nové hmoty

a tím je zajišťován růst rostlin (Richter, Hlušek, 2006). Stejní autoři prováděli pokus ve vodních kulturách, kdy sledovali vliv nitrátového, amoniakálního a organického dusíku (močoviny) na tvorbu volných a vázaných aminokyselin. U nitrátové a amoniakální výživy byl obsah AMK vyrovnáný, k podstatnému zvýšení došlo při výživě močovinou. Výrazný byl nárůst obsahu většiny volných AMK, a to zvláště threoninu, alaninu, valinu, serinu, leucinu, isoleucinu, lysinu a argininu.

Při výrobě močoviny a zejména při její granulaci vzniká vlivem vyšší teploty určité množství biuretu, který je při vyšší koncentraci toxický pro rostliny. Limit pro obsah biuretu je max. 1,5 % (Richter, Hlušek, 1994). Jednotliví autoři uvádějí rozdílné výsledky pokusů i rozdílný obsah biuretu v močovíně, při kterém se objevilo škodlivé působení. Určité množství biuretu zapravené do půdy v konkrétních podmínkách působí u jedné plodiny toxicky a naopak u druhé plodiny může působit jako stimulant. Je také známo, že biuret se v půdě rozkládá na čpavek, podobně jako močovina. Biuret může brzdit růst rostlin, ale pouze ve fázi klíčení – při prorůstání prvního listu z koleoptile (Knop et al., 1970).

Mnoho výzkumů se zabývá hydrolýzou močoviny. Nejčastěji mohou být tyto výzkumy rozděleny do 4 skupin (Richter, Hlušek, 1994):

1. Transformace močoviny pomocí aldehydů za vzniku sloučenin, které jsou pomalu rozpustné ve vodě a pomalu rozložitelné v půdě (ureaform, izobutyridene diurea,...). Aktivita ureázy není potlačena.
2. Granule močoviny obalené hydrofobním materiálem (olej, vosk,...) nebo práškem (jíl, kaolin,...) pro zabránění rozpustnosti močoviny. Dochází k pomalému rozkladu močoviny, aktivita ureázy rovněž není potlačena.
3. Používání močoviny s inhibitory ureázy či inhibitory nitrifikace.
4. Nahrazení močoviny minerálními, organickými kyselinami, hydroxidy, těžkými nebo lehkými kovy.

### 2.6.1.2 *Inhibitory ureázy*

Způsob jak zlepšit efektivitu využití močoviny je pomocí inhibitorů. V období 1941–1959 ještě nebyl znám vliv inhibitorů na enzym ureázu. Počátkem roku 1960 se začala inhibice enzymu ureázy řešit nejen teoreticky, ale také i prakticky. V zemědělství se začaly zkoumat anorganické a organické sloučeniny, které by mohly působit jako inhibitory ureázy. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit nežádoucí vlivy nadměrné hydrolýzy u nejrozšířenějšího hnojiva na světě. Mnoho výzkumů na inhibitor ureázy bylo prováděno v USA, Velké Británii, Francii, Německu, Rumunsku a v Číně. Patent v tomto výzkumu získal v roce 1963 Hyson z USA. Inhibitory měly vliv nejen na redukci hydrolýzy močoviny, ale také na omezení ztrát dusíku – volatilizaci amoniaku. Inhibitor nemá škodlivé účinky, nemá negativní vliv na půdní úrodnost a není toxický pro rostliny, zvířata a lidi. Jedná se o stabilní sloučeninu, jejíž vlastnosti se během výroby a přepravy nemění (Kiss, Simihaian, 2002).

Ureáza je specifický enzym, který se vyskytuje v mikroorganismech, rostlinách a živočiších. Přípravuje se z bohatého zdroje – ze semen leguminóz (Kutáček, Králová, 1971). Její množství v půdě určuje především množství mikroorganismů. Jednou z vlastností ureázy je, že po odumření mikroorganismů a uvolnění obsahu jejich buněk do půdního prostředí zůstává po určitý čas aktivní (Mráz, 2007). Ureáza má kromě činnosti rozkladné také aktivitu syntetickou, syntetizuje močovinu z uhličitanu amonného a karbamátu amonného (Kutáček, Králová, 1971).

Inhibitory ureázy jsou používány s cílem zvýšit využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami a omezit ztráty únikem amoniaku volatilizací, denitrifikací a vyplavováním nitrátů (Bremner, 1995; Růžek, Pišánová, 2007; San Francisco et al., 2010). Inhibitory ureázy jsou používány v kombinaci s hnojivy obsahujícími amidický dusík (močovina, DAM). Inhibitory ureázy zpomalují přeměnu močoviny na  $\text{NH}_4^+$ , což ponechává více času povrchově aplikované močoviny proniknout po srážkách hlouběji do půdy a koncentrace  $\text{NH}_4^+$  na povrchu půdy či v podpovrchové vrstvě nedosahuje tak vysokých hodnot (Malhi et al., 2001). Během transportu půdním profilem dochází k oddělení inhibitoru ureázy od močoviny, která pak může hydrolyzovat, čímž dochází k omezení rizika vyplavení močoviny mimo dosah kořenů rostlin (Růžek et al., 2006). Nevýhodou inhibitorů ureázy je jejich časově omezená účinnost, která se většinou pohybuje od jednoho do dvou týdnů. Delší účinnosti lze dosáhnout aplikací hnojiv s inhibitory ureázy v době, kdy je nízká aktivita enzymu ureázy, což je zpravidla na

začátku jarní vegetace rostlin. Používání dusíkatých hnojiv na bázi močoviny s inhibitory ureázy přináší největší efekt při aplikaci vyšších dávek dusíku na začátku jarní vegetace rostlin v oblastech s častými pozdějšími jarními přisušky (Růžek, Pišánová, 2007). Tato hnojiva jsou na rozdíl od dosud používaných hnojiv velmi vhodná pro lokální povrchové a podpovrchové hnojení, protože nehydrolyzovaná močovina nemá nepříznivý vliv na klíčení semen a růst kořenů rostlin a hnojiva s močovinou stabilizovanou inhibitorem ureázy lze aplikovat přímo k osivu. Uplatnění dusíkatých hnojiv s inhibitory ureázy umožní v zemědělské praxi používat nové technologické postupy při zakládání porostů zemědělských plodin a jejich hnojení, které budou efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí než dosud používané technologie (Růžek et al., 2006). Grant, Bailey (1999) uvádějí, že oddálení hydrolýzy močoviny pomocí inhibitoru ureázy zvyšuje šanci, že déšť posune močovinu do hlubších vrstev půdy dříve, než dojde k výrazným volatilizačním ztrátám.

Inhibitor ureázy je přidáván při výrobě močoviny, kdy je močovina zahřívána na 60–80 °C, dochází k důkladnému smíchání inhibitoru s rozehrátou močovinou. K této horké směsi je přidáván asfaltomikrokrytalický vosk, který byl rozpuštěn na 104,5 °C. Všechny složky jsou smíchány a z nich jsou vytvořeny granule. Tedy močovina, inhibitor ureázy a hydrofobní materiál jsou stejnoměrně obsaženy v granulích (Kiss, Simihaian, 2002). Zhengping et al. (1990) zkoumali vliv inhibitorů ureázy HQ, PPDA a NBPT na zpomalení hydrolýzy močoviny – snižování úniku NH<sub>3</sub> během volatilizace v aerobních podmínkách. Největší vliv na zpomalení hydrolýzy měl inhibitor NBPT (hydrolýza trvala 5 dnů), PPDA už nižší (2 dny) a nejméně působil inhibitor HQ (1 den). U kontrolní varianty – bez inhibitoru (2 dny). U varianty kontrola byly ztráty NH<sub>3</sub> 20 %, u inhibitoru NBPT byly tyto ztráty sníženy na 3 %.

#### 2.6.1.2.1 NBPT

Mezi nejúčinnější a nejvíce používané inhibitory patří NBPT (N-(n-butyl)thiotrifosforečnan triamid), který je vhodný pro snížení míry hydrolýzy močoviny a ztrát volatilizací amoniaku u různých půd (Beyrouy et al., 1988; Vittori-Antisari et al., 1996; Watson, 2000). NBPT může být používán jako prevence proti nepříznivému vlivu amoniakální a nitrátové toxicity na klíčící semena (Watson, 2005). Použití inhibitoru ureázy znamená zásah do biologického procesu v půdě, avšak NBPT nezpůsobuje omezení činnosti mikroorganismů ani jejich počtu, ale pouze potlačení činnosti volné

ureázy. NBPT ani meziprodukty jeho rozkladu nejsou pro půdní mikroorganismy toxické. Tím je plně zaručen nenarušený rozvoj půdních mikroorganismů, které se významně podílí na tvorbě a udržení půdní úrodnosti. Inhibitor se po určité době své aktivity rozkládá na prvky či sloučeniny, které jsou v půdním prostředí běžné (N, P, S) a slouží jako živiny (Mráz, 2007). Studie také ukázaly, že NBPT nejen zpomaluje hydrolýzu močoviny, ale také rychle mění osmotický tlak v roztoku (Bundy, Bremner, 1974). Snížením osmotického tlaku a redukcí hydrolýzy močoviny může docházet k redukcí minerálního dusíku a poté k mineralizaci organického dusíku spojené s mikrobiální biomasou (Banerjee et al., 1999). Stejní autoři sledovali ve svých pokusech vliv močoviny aplikované s inhibitorem ureázy NBPT a bez inhibitoru v dávce  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  v orebném a bezorebném systému. Vliv inhibitoru se nejvíce projevil u bezorebného systému a při povrchové plošné aplikaci. Růžek et al. (2006) publikují, že použití močoviny s inhibitorem ureázy má vyšší účinek ve vlhčím roce při minimalizaci, kde byla zjištěná efektivnost odběru dusíku 52 %, zatímco u klasické močoviny 40 %. V suchém roce se použití močoviny s inhibitorem projevilo pozitivně jak u orby 30 %, močovina 24 %, tak i u minimalizace, močovina s inhibitorem 27 %, močovina 20 %. Dawar et al. (2012) porovnávali hnojení močovinou a močovinou s inhibitorem NBPT na příjem dusíku a výnos suché hmoty jílku vytrvalého. Obě hnojiva byla aplikovaná v dávce  $25 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Z výsledků je patrné, že nejlépe byl využit dusík z močoviny s inhibitorem NBPT, též u tohoto hnojiva byl vyšší výnos suché hmoty. Rawluk et al. (2001) tvrdí, že na účinnost aplikace močoviny s inhibitorem NBPT má největší vliv půdní druh a termín aplikace. Prováděli tedy experimenty na písčité a jílovité půdě s různými dávkami močoviny s inhibitorem NBPT ve dvou termínech. U jílovitohlinité půdy byly v květnu ztráty  $\text{NH}_3$  85 %, v červnu se snížily na 75 %, u písčitohlinité půdy byly ztráty  $\text{NH}_3$  v květnu 81 %, v červnu se značně snížily na 37 %. Z pokusů Slamky, Ložeka (2013) vyplývá, že inhibitor ureázy působil ve všech hloubkách půdy. Nejvýraznější efekt byl zaznamenaný v hloubce 0–30 cm.

Inhibitor NBPT byl uveden na světový trh v roce 1996 pod obchodním názvem Agrotain (Watson, 2005). Společnost Agrotain International je první světový výrobce inhibitoru ureázy pod názvem Agrotain®. Agrotain se přidává k močovině pro zlepšení účinku tohoto hnojiva. Agrotain je vědecky ověřený inhibitor, který zlepšuje využití močoviny – omezuje denitrifikaci, volatilizaci, vyplavování dusíku a také zvyšuje



výnos. Agrotain může být jak v pevné, tak i kapalně formě, tato firma nabízí další výrobky s inhibítorem ureázy: Agrotain® PLUS, SuperU®, Hydrex<sup>TM</sup>, Umaxx® a Uflexx<sup>TM</sup>.

V České republice je inhibítorem ureázy součástí hnojiva urea stabil. Urea stabil je koncentrované hnojivo na bázi amidického dusíku s obsahem inhibítora ureázy (NBPT). Pro rovnoměrnější aplikaci jsou granule hnojiva velikostně tříděny. Granule jsou obaleny inhibítorem ureázy.

Urea stabil má charakteristické vlastnosti:

- nízké ztráty dusíku únikem amoniaku do ovzduší
- dočasně omezená sorpce a fixace dusíku v povrchové vrstvě půdy
- přijatelnost i za nízkých teplot
- minimální inhibice klíčení semen při aplikaci „pod patu“

Tyto vlastnosti umožňují použití pro základní, regenerační, produkční i kvalitativní hnojení polních plodin. Hnojivo urea stabil může být vhodnou alternativou k hnojivu LAV a nachází uplatnění ve všech technologických postupech pěstování polních plodin. Přináší vyšší využití aplikovaného dusíku (Mráz, 2007).

#### 2.6.1.2.2 PPDA

Mezi další účinné inhibitory ureázy patří phenyl phosphorodiamidate (PPDA). Tento inhibitor je založen na redukci toxického  $\text{NH}_3^+$ , který působí na klíčící semena a také redukuje toxický  $\text{NO}_2^-$  (Byrnes et al., 1989).

#### 2.6.1.2.3 HQ inhibitor

Ve světě je také znám inhibitor ureázy s názvem hydroquinone (HQ). Tento inhibitor reaguje se sulfhydrylovými skupinami enzymu ureázy a následně dochází k inaktivaci tohoto enzymu. HQ inhibitor omezuje hydrolýzu močoviny, má vliv na nitrifikaci, denitrifikaci, růst a výnos plodiny (Kiss, Simihaian, 2002).

### 3 CÍL PRÁCE

Disertační práce byla řešena v průběhu 3letého (2010–2012) maloparcelkového pokusu u odrůd brambor Karin a Red Anna.

Cíle práce vycházely z předpokladu, že inhibitor ureázy v hnojivu urea stabil přispěje k nižším ztrátám N, resp. jeho vyšší využitelnosti rostlinami oproti klasické močovině, což by se mělo projevit především takto (hypotézy):

- při stejné dávce N v obou hnojivech se dosáhne vyššího výnosu hlíz u močoviny s inhibitorem ureázy oproti klasické močovině
- dávka N na úrovni 80 % močoviny s inhibitorem se projeví shodným výnosovým efektem jako dávka N ve 100 % močoviny
- dávka N na úrovni 60 % močoviny s inhibitorem se projeví shodným výnosovým efektem jako dávka N v 80 % močoviny
- s dávkami N bude klesat obsah škrobu v hlízách
- obsahy makroelementů v hlízách i natích budou ovlivněny dávkami N
- obsahy aminokyselin budou narůstat s dávkami N v obou hnojivech
- obsahy aminokyselin nebudou ovlivněny druhem hnojiva při shodné dávce N

Ve vlastních experimentech byly sledovány:

- změny obsahu  $N_{\min}$ , přístupných živin a půdní reakce po sklizni
- výnos hlíz
- obsah škrobu v hlízách
- obsah makrobiogenních elementů (N, P, K, Ca, Mg) a Cd v hlízách
- obsah makrobiogenních elementů (N, P, K, Ca, Mg) a Cd v natích
- obsah esenciálních aminokyselin v hlízách
- obsah neesenciálních aminokyselin v hlízách

Jako doplněk k těmto experimentům byl prováděn nádobový pokus bez plodiny, u kterého byl porovnáván účinek močoviny, močoviny s inhibitorem ureázy (urea stabil), ledku amonného s vápencem (LAV) na změny obsahu  $N_{\min}$  a jednotlivých forem dusíku

v půdě v průběhu času. Uvedená hnojiva byla aplikována ve formě roztoku a ve formě granulí. Půdní vzorky na obsah  $N_{\min}$  byly odebírány v určitých intervalech (start, za 1, 3, 6, 12, 24 dnů).

## **4 MATERIÁL A METODIKA**

### **4.1 Polní pokus**

#### **4.1.1 Charakteristika pokusné lokality Žabčice**

Pokusná stanice Žabčice se nachází v suché teplé kukuřičné oblasti, v nadmořské výšce 179 m n. m. v rovinném terénu nivy řeky Svratky, cca 25 km jižně od Brna.

##### ***4.1.1.1 Klimatické podmínky***

Tato pokusná stanice je situována v nejteplejší oblasti České republiky. Je charakterizována jako teplá, mírně suchá, s mírnou zimou a kratším slunečním svitem v době vegetace. Průměrná roční teplota vzduchu je 9,2 °C. Lokalita patří z hlediska srážkových poměrů k sušším oblastem. Průměrný roční úhrn srážek v této oblasti je 480 mm. Velkou roli zde také hraje severozápadní proudění vzduchu. Ve vegetačním období jsou zemědělské plodiny závislé na půdní zásobě vody.

##### ***4.1.1.2 Půdní podmínky***

Půdním typem pokusné stanice je fluvizem glejová. Hlubší horizonty jsou pod stálým vlivem podzemní vody, tím se projevuje glejový proces, jehož intenzita do hloubky silně narůstá. Asi 180 cm hluboko se nachází hladina podzemní vody. V suchém období půda vysychá a mohou se tvořit trhliny. Zrnitostně se jedná o půdu těžkou, půdního druhu jílovitohlinitá (51,2 % jílnatých částic). Obsah organické hmoty  $C_{ox}$  je 1,13 %.

#### **4.1.2 Charakteristika pokusného materiálu**

##### ***4.1.2.1 Odrůda Karin***

Odrůda vznikla na šlechtitelském pracovišti SATIVA Keřkov, a.s. křížením odrůd Rita × Hera, povolena byla v roce 1980.

Hospodářské vlastnosti:

Karin je raná konzumní odrůda, zařazena do varného typu BA. Vařené hlízy jsou pevné, lojovité. Odrůda vyniká výbornou stolní hodnotou. Počáteční růst natě je pomalejší, nárůst hlíz je velmi pomalý. Má střední počet hlíz pod trsem. Tato odrůda je odolná vůči obecné strupovitosti, rakovině bramboru a je náchylná k napadení hád'átkem bramborovým.

Typ trsu: přechodný, rostlina vysoká, vzpřímená

List: malý, úzký

Květ: malý, bílý, četnost květů nízká

Hlízy: dlouze oválné s mělkými očky, slupka žlutá, hladká, dužnina žlutá (Obr. 12, 13)

Klíček: úzce válcovitý, červenofialový s řídkým ochmýřením báze



Obr. 12, 13 Hlízy odrůdy Karin (Musilová, 2012)

#### **4.1.2.2 Odrůda Red Anna**

Odrůda vznikla na šlechtitelském pracovišti VESA Velhartice, a.s. křížením odrůd Rosella × Pamir, povolena byla v roce 2005.

Hospodářské vlastnosti:

Red Anna je poloraná konzumní odrůda, zařazena do varného typu B–BA, je určena pro podzimní a zimní konzum. Poskytuje velmi vysoký výnos vzhledných velikostně vyrovnaných hlíz s velmi dobrou stolní hodnotou. Odrůda je odolná vůči rakovině bramboru, háďátku bramborovému, velmi vysoká odolnost vůči virovým patogenům, dobrá je i odolnost k plísni bramboru, obecné strupovitosti i mechanickému poškození. Tato odrůda má díky vyrovnaným hlízám vysokou výtěžnost, velmi dobře se skladuje až do jarních měsíců.

Typ trsu: přechodný, polovzpřímený, středně vysoký

List: střední, středně zelený

Květ: velikost střední, světle červenofialový

Hlízy: oválné, očka mělká, slupka červená, hladká až síťkovaná, barva dužniny sytě žlutá (Obr. 14, 15)

Klíček: středně velký, kulovitý, červenofialový s řídkým ochmýřením báze



Obr. 14, 15 Hlízy odrůdy Red Anna (Musilová, 2012)

#### 4.1.3 Agrochemická charakteristika půdy

Odběry půdních vzorků z lokality Obora se prováděly na počátku pokusu pro stanovení agrochemické charakteristiky pomocí metody Mehlich III (Tab. 16).

Tab. 16 Agrochemická charakteristika půdy

pH/CaCl <sub>2</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>			
	P	K	Ca	Mg
5,9	79	197	3133	346
slabě kyselá	vyhovující	dobrý	dobrý	velmi vysoký

#### 4.1.4 Pracovní operace a založení porostu

Na podzim po sklizni předplodiny (pšenice ozimá) bylo provedeno hnojení draselnou solí a superfosfátem, byl rozmetán hnůj a zaorán (Tab. 17, 18, 19). Na jaře byl pozemek smykován a vláčen. V den výsadby byl pozemek hnojen močovinou a močovinou s inhibítorem ureázy – urea stabil na povrch půdy dle odpočtu obsahu N<sub>min</sub> v půdě před sázením (Tab. 20) a následně tato hnojiva byla zapravena do půdy při sázení brambor sazečem.

Tab. 17 Provedené operace v roce 2009–2010

datum	provedená operace
11. 8. 2009	podmítka
23. 9. 2009	aplikace draselné soli – 160 kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup>
26. 9. 2009	aplikace superfosfátu – 120 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>
19. 11. 2009	aplikace 40 t.ha <sup>-1</sup> hnoje
19. 11. 2009	orba
31. 3. 2010	příprava půdy
8. 4. 2010	sázení; aplikace močoviny, urey stabil – dle metodiky
12. 7. 2010	sklizeň

Tab. 18 Provedené operace v roce 2010–2011

<b>datum</b>	<b>provedená operace</b>
10. 8. 2010	podmítka
15. 9. 2010	aplikace draselné soli – 120 kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup>
15. 9. 2010	aplikace superfosfátu – 90 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>
18. 10. 2010	aplikace 40 t.ha <sup>-1</sup> hnoje
18. 11. 2010	orba
30. 3. 2011	příprava půdy
7. 4. 2011	sázení; aplikace močoviny, urey stabil – dle metodiky
12. 7. 2011	sklizeň

Tab. 19 Provedené operace v roce 2011–2012

<b>datum</b>	<b>provedená operace</b>
11. 8. 2011	podmítka
26. 9. 2011	aplikace draselné soli – 180 kg K <sub>2</sub> O.ha <sup>-1</sup>
26. 9. 2011	aplikace superfosfátu – 90 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .ha <sup>-1</sup>
29. 9. 2011	aplikace 40 t.ha <sup>-1</sup> hnoje
29. 9. 2011	orba
14. 3. 2012	příprava půdy
29. 3. 2012	sázení; aplikace močoviny, urey stabil – dle metodiky
14. 8. 2012	sklizeň

Celkový obsah N (kg.ha<sup>-1</sup>) u jednotlivých variant je dán součtem obsahu půdního N<sub>min</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>) před sázením a dávky N v hnojení (Tab. 20). Obsahy N v půdě byly odstupňovány jako 100–80–60 %, čemuž odpovídaly hodnoty 90–72–54 kg N.ha<sup>-1</sup>. Pokus obsahoval 7 variant po 4 opakováních (Tab. 21), přičemž parcely byly každoročně posunuty v rámci pokusného pozemku tak, aby nedocházelo ke kumulaci živin z minerálních hnojiv a chlévského hnoje".



Tab. 20 Výpočet dávky N

	N <sub>min</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	N <sub>min</sub> (kg.ha <sup>-1</sup> )	dávka N v hnojivu (kg.ha <sup>-1</sup> )			dávka hnojiva (kg.ha <sup>-1</sup> )			navážka na parcelu (20,25 m <sup>2</sup> ) (g)		
			100 %	80 %	60 %	100 %	80 %	60 %	100 %	80 %	60 %
<b>2010</b>	2,0	9,0	81,0	63,0	45,0	176,1	137,0	97,8	356,6	277,4	198,0
<b>2011</b>	3,6	16,2	73,8	55,8	37,8	160,4	121,3	82,2	324,8	245,6	166,5
<b>2012</b>	5,0	22,5	67,5	49,5	31,5	146,7	107,6	68,5	297,1	217,9	138,7

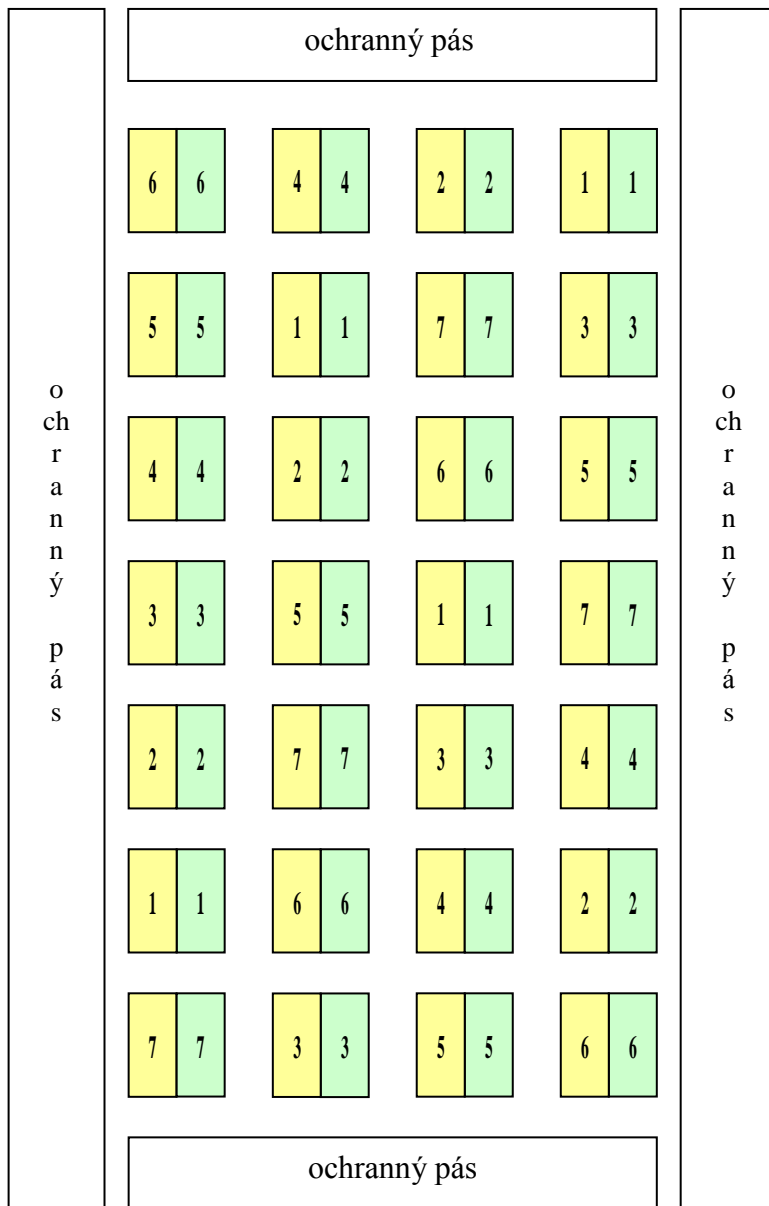
Tab. 21 Schéma experimentu

var. č.	hnojivo	obsah N (kg.ha <sup>-1</sup> )
<b>1</b>	močovina (100 %)	90
<b>2</b>	močovina (80 %)	72
<b>3</b>	močovina (60 %)	54
<b>4</b>	urea stabil (100 %)	90
<b>5</b>	urea stabil (80 %)	72
<b>6</b>	urea stabil (60 %)	54
<b>7</b>	kontrola – nehnojená min. hnojivy	–

Obě odrůdy brambor – raná odrůda Karin a poloraná Red Anna byly vysázeny sazečem na parcelky 20,25 m<sup>2</sup> (4,5 × 4,5 m) (Obr. 16) do sponu 750 × 250 mm v termínech uvedených v Tab. 22.

Tab. 22 Termíny výsadby brambor

	2010	2011	2012
<b>výsadba</b>	8. 4.	7. 4.	29. 3.



Karin

Red  
Anna

Obr. 16 Plán uspořádání parcel

#### 4.1.5 Ošetření porostu během vegetace

Během vegetace (Obr. 17) bylo v jednotlivých letech provedeno ošetření porostu aplikací herbicidů, fungicidů, insekticidů (Tab. 23, 24, 25).



Obr. 17 Porost brambor během vegetace (Musilová, 2012)

Tab. 23 Chemické ošetření porostu v roce 2010

<b>datum</b>	<b>postřik</b>
20. 4.	herbicid Sencor – 0,5 kg.ha <sup>-1</sup>
20. 4.	herbicid Command – 0,1 l.ha <sup>-1</sup>
15. 6.	fungicid Ridomil Gold – 2,5 kg.ha <sup>-1</sup>
15. 6.	insekticid Mospilan – 0,1 kg.ha <sup>-1</sup>
28. 6.	fungicid Revus – 0,6 l.ha <sup>-1</sup>
28. 6.	insekticid Actara – 0,08 kg.ha <sup>-1</sup>

Tab. 24 Chemické ošetření porostu v roce 2011

datum	postřik
11. 4.	herbicide Sencor – 0,5 kg.ha <sup>-1</sup> + Command – 0,1 l.ha <sup>-1</sup>
18. 5.	herbicide Titus 60 g.ha <sup>-1</sup> + Trend 0,3 l.ha <sup>-1</sup>
3. 6.	fungicide Ridomil Gold – 2,5 kg.ha <sup>-1</sup>
3. 6.	insecticide Actara – 60 g.ha <sup>-1</sup>
21. 6.	fungicide Ridomil Gold 2,5 kg.ha <sup>-1</sup>
21. 6.	insecticide Calypso – 0,1 l.ha <sup>-1</sup>

Tab. 25 Chemické ošetření porostu v roce 2012

datum	postřik
18. 4.	herbicide Plateen – 2,0 kg.ha <sup>-1</sup> + Bandur 2,0 l.ha <sup>-1</sup>
7. 6.	insecticide Calypso – 0,1 l.ha <sup>-1</sup>
20. 6.	insecticide Actara – 60 g.ha <sup>-1</sup>
20. 6.	fungicide Ridomil Gold – 2,5 kg.ha <sup>-1</sup>
3. 7.	insecticide Mospilan – 60 g.ha <sup>-1</sup>
12. 7.	fungicide Infinito – 1,5 l.ha <sup>-1</sup>
31. 7.	insecticide Mospilan – 60 g.ha <sup>-1</sup>
31. 7.	fungicide Infinito – 1,5 l.ha <sup>-1</sup>

Tab. 26 Průměrná teplota v letech 2010–2012

rok	průměrná teplota (°C)												rok	vegetace
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2010	-3,9	-0,6	4,8	10,2	14,0	18,7	21,9	19,3	13,7	7,3	6,7	-3,9	9,0	16,5
2011	-0,4	-0,9	5,4	12,4	15,3	19,4	19,2	20,5	17,1	9,3	2,5	2,2	10,2	16,8
2012	1,0	-3,4	7,0	10,8	16,9	19,9	21,4	21,2	16,2	9,4	6,5	-1,2	10,3	16,4
normál 1961–1990	-2,0	0,2	4,3	9,6	14,6	17,7	19,3	18,6	14,7	9,5	4,1	0,0	9,2	14,7

Průměrné teploty byly v letech 2011 (10,2 °C) a 2012 (10,3 °C) vyšší než dlouhodobý normál (9,2 °C) (Tab. 26). Průměrné teploty během vegetace brambor byly ve všech letech vyšší (2010 – 16,5 °C; 2011 – 16,8 °C; 2012 – 16,4 °C) než dlouhodobý normál (14,7 °C). V roce 2012 byl teplejší květen (16,9 °C), červen (19,9 °C) a srpen (21,2 °C) oproti ostatním rokům, mezi chladnější měsíce patřily duben (10,2 °C), květen (14,0 °C) a červen (18,7 °C) v roce 2010 oproti roku 2011 a 2012. Podle Tab. 1 (str. 12) byly podmínky pro pěstování brambor ve všech měsících vegetace v daných letech z hlediska průměrných teplot velmi příznivé.

Tab. 27 Suma srážek v letech 2010–2012

rok	suma srážek (mm)												rok	vegetace
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
<b>2010</b>	46,8	22,8	9,8	53,1	102,4	79,8	87,9	75,8	57,8	10,4	32,8	11,1	590,5	235,7
<b>2011</b>	21,4	4,6	39,3	33,2	46,2	42,9	79,8	42,4	31,1	22,6	1,6	14,6	379,7	125,1
<b>2012</b>	27,4	7,4	2,4	19,8	21,4	101,2	64,6	43,0	40,2	49,2	19,4	35,6	431,6	223,2
<b>normál 1961–1990</b>	24,8	24,9	23,9	33,2	62,8	68,6	57,1	54,3	35,5	31,8	36,8	26,3	480,0	248,2

Suma srážek byla v roce 2010 vyšší (590,5 mm) než dlouhodobý normál (480,0 mm) (Tab. 27). Rok 2011 patřil k nejsušším ročníkům, kdy také byl nedostatek srážek během vegetace brambor (125,1 mm) oproti dlouhodobému normálu (248,2 mm) a ostatním ročníkům. V roce 2010 bylo množství srážek ve všech měsících vegetace brambor vyšší oproti dlouhodobému normálu a ostatním rokům téměř ve všech měsících. K nejsušším měsícům patřil duben (19,8 mm), květen (21,4 mm) a červenec (64,6 mm) v roce 2012. Podle Tab. 1 (str. 12) byl příznivý ročník pro pěstování brambor z hlediska srážek v roce 2010.

Tab. 28 Průměrné denní teploty a srážky po výsadbě brambor v letech 2010–2012

		Dny po výsadbě													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8. 4. 2010	t (°C)	10,0	6,7	6,3	6,7	8,8	8,2	8,6	10,5	9,1	9,7	12,5	11,9	9,9	7,7
	srážky (mm)	0,0	0,0	0,0	9,3	5,8	4,0	15,9	4,2	0,0	0,2	0,0	0,6	0,2	0,0
7. 4. 2011	t (°C)	13,1	11,6	11,0	12,5	10,7	5,7	6,9	8,0	9,2	10,1	11,4	13,7	14,9	14,8
	srážky (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29. 3. 2012	t (°C)	8,3	7,9	2,9	7,9	11,8	14,3	9,5	8,1	6,7	2,1	3,7	9,1	12,4	6,5
	srážky (mm)	0,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6

V roce 2011 byla naměřena vyšší průměrná teplota během 14 dnů po výsadbě brambor (11 °C) než v roce 2010 (9,0 °C) a 2012 (7,9 °C) (Tab. 28). Mezi nejchladnější dny po výsadbě brambor patřil v roce 2012 den třetí (2,9 °C), desátý (2,1 °C) a jedenáctý (3,7 °C). V roce 2010 začalo pršet až čtvrtý den po výsadbě brambor, během pěti dnů spadlo 39,2 mm srážek. V roce 2011 spadlo až osmý den pouhých 0,4 mm srážek, dále pokračovalo suché období. V roce 2012 začalo pršet ihned první a druhý den po výsadbě brambor, spadlo 1,2 mm srážek, dále až sedmý (2,8 mm) a čtrnáctý den (4,6 mm).

#### 4.1.6 Sklizeň a úprava vzorků

Sklizeň proběhla ve fyziologické zralosti (Obr. 18). V jednotlivých letech byla délka vegetace následující: 2010 – 96 dnů; 2011 – 97 dnů; 2012 – 139 dnů. Bylo odebráno 10 za sebou jdoucích trsů brambor (hlízy + nať) z každého opakování (Obr. 16). Byla stanovena hmotnost hlíz pod trsem a přepočítaný výnos hlíz na ha. Sklizeň byla realizována v termínech uvedených v Tab. 29.

Tab. 29 Termíny sklizně brambor

rok	2010	2011	2012
sklizeň	12. 7.	12. 7.	14. 8.

V roce 2012 byla sklizeň opožděna oproti předchozím letům z důvodu nevyzrálého porostu brambor, kdy během tohoto roku spadlo nižší množství srážek (duben, květen, červenec) než množství, které uvádějí Vokál et al. (1999) v Tab. 1. (str. 12) jako vhodné klimatické podmínky pro pěstování brambor.



Obr. 18 Sklizeň brambor (Musilová, 2011)



Obr. 19, 20 Sklizeň odrůdy Karin a Red Anna (Musilová, 2011)

Hlízy byly zbaveny krycích pletiv, nakrájeny (Obr. 21) a s natí sušeny při 60 °C v sušárně, dále byly homogenizovány na laboratorním mlýnku (Obr. 22).



Obr. 21 Sušení hlíz na filtračním papíru

(Musilová, 2011)



Obr. 22 Homogenizace vzorků na mlýnku

(Musilová, 2011)

#### 4.1.7 Použité analytické metody

##### 4.1.7.1 Rozbor půdních vzorků

K rozborům půdy byly použity metodiky Zbiral (2002)

##### Stanovení výměnné půdní reakce

Výměnná půdní reakce byla stanovena ve výluhu 0,01M CaCl<sub>2</sub> na přístroji MS 22.



### **Stanovení přístupných živin**

Přístupné živiny byly stanoveny ve výluhu Mehlich III (složení:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ , EDTA), P byl stanoven metodou spektrometrie (kolorimetrie) na přístroji UNICAM 8625, K, Ca, Mg atomovou absorpční spektrometrií na přístroji AAS Contra 400,  $\text{N}_{\text{min}}$  byl zjištěn na základě stanovení amonného dusíku a nitrátového dusíku. Amonný dusík byl stanoven metodou spektrometrie na přístroji UNICAM 8625. Nitrátový dusík byl stanoven potenciometrickým měřením pomocí iontově selektivní elektrody.

#### **4.1.7.2 Rozbor rostlinných vzorků**

K rozborům rostlin byly použity metodiky Zbíral (1994).

### **Stanovení makrobiogenních elementů a kadmia**

Pro stanovení makroprvků N, P, K, Ca, Mg a Cd byly vzorky mineralizovány v mikrovlnném zařízení MILESTONE MLS 1200 MEGA. Mineralizace probíhala na mokré cestě pomocí  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$  pro stanovení N a P,  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  pro stanovení K, Ca, Mg a Cd. Následně byly jednotlivé prvky stanoveny metodami: N dle Kjeldahla, P kolorimetricky na přístroji UNICAM 8625, K, Ca, Mg a Cd pomocí atomové absorpční spektrometrie na přístroji AAS Contra 400.

### **Stanovení aminokyselin**

Rostlinné vzorky byly 23 hodin hydrolyzovány pomocí HCl ( $c = 6 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) při teplotě  $115 \text{ }^\circ\text{C}$ , dále byly zfiltrvány a kvantitativně převedeny pomocí HCl ( $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) do 250 ml odměrných baněk. Dále směs o objemu 50 ml byla odpařována na vakuové rotační odparce RVO 400 při teplotě  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  do sirupovité konzistence. Odparek byl kvantitativně převeden do 25 ml odměrné baňky pomocí dávkovacího sodnitrátového pufru (pH 2,2). U sirných aminokyselin předcházela jejich hydrolyze oxidace provedená 15 ml směsí kyseliny mravenčí a peroxidu vodíku (85 % hm. kyseliny mravenčí a 30 % hm. peroxidu vodíku v poměru 9 : 1 v/v) po dobu 16 hodin při teplotě  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Další postup hydrolyzy a odpařování již byl shodný s kyselou hydrolyzou. Chromatografická analýza hydrolyzátu (ionexová chromatografie) každého vzorku byla prováděna pomocí sodnitrátových pufrů a ninhydrinové detekce (Anonym, 1978).

V důsledku složitosti hydrolyzy a vlastního stanovení aminokyseliny tryptofanu (Trp) nebyly vzorky na obsah této aminokyseliny analyzovány.

### **Stanovení škrobu**

Škrob byl stanoven polarimetricky podle Ewerse. Suchý rostlinný vzorek byl odvážen, homogenizován a zředěn HCl (0,422 % pro škrob bramborový). Baňka byla vložena do vodní lázně. Po vyčiření se obsah baňky zfiltraval a dále polarizoval. Pro stanovení opticky aktivních látek byl do odměrné baňky odvážen suchý vzorek, dále byl přidán ethanol, po filtraci a přidání HCl byl také vzorek zahříván na vodní lázni, čířen, filtrován a změřen. Výsledky obou měření byly odečteny a vynásobeny empirickým faktorem pro bramborový škrob ( $F = 3,548$ ).

Veškeré výsledky analýz hlíz i natí jsou vyjádřeny v absolutní sušině.

### **4.1.8 Použité statistické metody**

Výsledky byly statisticky zpracovány vícefaktorovou analýzou variance, následně testovány podle Scheffeho při hladině významnosti 95 % ( $p < 0,05$ ). Rozdílná malá písmena (a, b, c, ...) signalizují průkazné diference mezi variantami, rozdílná velká písmena (A, B, C, ...) mezi odrůdami a roky.

## **4.2 Nádobový pokus**

Na základě doporučení prof. Richtera byl jako doplněk realizován jednoduchý nádobový experiment bez brambor, kde byly sledovány změny v obsazích jednotlivých forem dusíku v půdě ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) v průběhu 24 dnů u 3 různých hnojiv (urea stabil, močovina, LAV) a nehojené kontroly. Pokus byl založen 27. 11. 2012 při pokojové teplotě 21 °C.

#### 4.2.1 Agrochemická charakteristika půdy

Odběry půdních vzorků se prováděly na počátku pokusu pro stanovení agrochemické charakteristiky pomocí metody Mehlich III (Tab. 30).

Tab. 30 Agrochemická charakteristika půdy

pH/CaCl <sub>2</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>			
	P	K	Ca	Mg
7,6	61	169	5323	595
alkalická	vyhovující	vyhovující	vysoký	velmi vysoký

Do každé plastové nádoby bylo umístěno 1200 g zeminy s přepočtenou dávkou 0,3 g N/nádobu (Obr. 23). Experiment obsahoval 4 varianty hnojení (kontrola – nehnojená, LAV, močovina, urea stabil) (Tab. 31).

Tab. 31 Schéma nádobového pokusu

urea stabil	urea stabil	urea stabil	urea stabil	urea stabil	urea stabil	urea stabil
močovina	močovina	močovina	močovina	močovina	močovina	močovina
LAV	LAV	LAV	LAV	LAV	LAV	LAV
kontrola	kontrola	kontrola	kontrola	kontrola	kontrola	kontrola
za 24 dnů	za 24 dnů	za 12 dnů	za 6 dnů	za 3 dny	za 1 den	start

granule

roztok



Obr. 23 Nádobový pokus s vyznačenými dny odběru vzorků od zahájení (S) (Musilová, 2012)

#### 4.2.2 Aplikace hnojiv

##### Rozpuštěná hnojiva

V 1 destilované vody bylo rozpuštěno množství hnojiva uvedené v Tab. 32

Tab. 32 Aplikace hnojiv ve formě roztoku

var. č.	hnojivo	množství hnojiva (g.l <sup>-1</sup> )	množství N na nádobu (g)
1	kontrola	0	0
2	LAV	11,10	0,30
3	močovina	6,52	0,30
4	urea stabil	6,52	0,30

Po rozpuštění hnojiv bylo aplikováno 100 ml roztoku hnojiva do jednotlivých nádob a zapraveno do půdy.

### Granulovaná hnojiva

Kromě roztoků byla do půdy u další varianty zapravena hnojiva v pevném skupenství (granule) (Obr. 24), kde byly pozorovány změny v obsazích dusíku až za 24 dnů (Tab. 33).

Tab. 33 Aplikace hnojiv ve formě granulí

var. č.	hnojivo	množství hnojiva (g)	množství N na nádobu (g)
1	kontrola	0	0
2	LAV	1,110	0,300
3	močovina	0,652	0,300
4	urea stabil	0,652	0,300



Obr. 24 Použitá hnojiva (Musilová, 2012)

#### 4.2.3 Ošetřování nádobového experimentu a odběry půdních vzorků

Každý den byly nádoby váženy a diferencovaně zalévány destilovanou vodou. Odběry půdních vzorků probíhaly v termínech uvedených v Tab. 34

Tab. 34 Termíny odběrů půdních vzorků

odběr půdních vzorků	datum
start	27. 11. 2012
za 1 den	28. 11. 2012
za 3 dny	30. 11. 2012
za 6 dnů	3. 12. 2012
za 12 dnů	9. 12. 2012
za 24 dnů	21. 12. 2012

Odebrané půdní vzorky z celé nádoby byly analyzovány na obsah  $N_{\min}$ .

#### 4.2.4 Použité analytické metody

##### 4.2.4.1 Rozbor půdních vzorků

K rozborům půdy byly použity metodiky Zbíral (2002)

##### Stanovení výměnné půdní reakce

Výměnná půdní reakce byla stanovena ve výluhu 0,01M  $CaCl_2$  na přístroji MS 22.

##### Stanovení přístupných živin

Přístupné živiny byly stanoveny ve výluhu Mehlich III (složení:  $CH_3COOH$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4F$ , EDTA), P byl stanoven metodou spektrometrie (kolorimetrie) na přístroji UNICAM 8625, K, Ca, Mg atomovou absorpční spektrometrií na přístroji AAS Contra 400.

##### Stanovení $N_{\min}$

$N_{\min}$  byl zjištěn na základě stanovení amonného dusíku a nitrátového dusíku. Amonný dusík byl stanoven metodou spektrometrie na přístroji UNICAM 8625. Nitrátový dusík byl stanoven potenciometrickým měřením pomocí iontově selektivní elektrody.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Polní pokus

#### 5.1.1 Výsledky rozborů půdy po sklizni

Obsahy  $N_{\min}$  v půdních vzorcích po sklizni brambor se zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva (Tab. 35). Nejnižší obsahy byly u nehnojené kontroly. Ve většině případů nebylo signifikantních rozdílů v obsazích  $N_{\min}$  mezi oběma hnojivy při shodné dávce aplikovaného dusíku. Ročník měl výrazný vliv na obsah  $N_{\min}$  v půdě, zejména v roce 2012 byly obsahy  $N_{\min}$  dvojnásobné oproti předešlým rokům. Podle Fecenka a Ložeka (2000) to může být zapříčiněno vhodnými podmínkami (teplo, vlhko) pro půdní prostředí a mineralizaci. Rok 2012 patřil mezi teplé a vlhké ročníky.

Balík et al. (2012) uvádějí, že střídání sucha a vlhka jsou příčinou intenzivnější tvorby  $N_{\min}$ .

Tab. 35 Výsledky stanovení obsahu  $N_{\min}$  ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) v půdě po sklizni brambor

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	7,71 aBC	6,82 aC	16,16 aA	10,23 aB	7,49 bC	6,55 aC	15,50 aA	9,85 aB
2	M 80 %	5,76 bC	5,15 bC	13,52 bA	8,14 bB	5,62 cC	5,64 abC	13,61 bA	8,29bB
3	M 60 %	5,12 bcC	5,00 bcC	12,45 bcA	7,52 cB	4,98 cdC	4,89 cC	12,44 bA	7,44cB
4	U 100 %	7,69 aBC	6,92 aC	16,09 aA	10,23 aB	8,57 aBC	6,86 aC	14,15 aA	9,86 aB
5	U 80 %	7,43 aBC	6,31 abC	13,92 bA	9,22bB	7,08 bBC	5,79 abC	12,39 bA	8,42 abB
6	U 60 %	5,85 bC	5,64 bC	12,80 bcA	8,10 bB	5,62 cC	5,41 bC	11,24 bcA	7,42cB
7	kontrola	4,20 cC	4,26 cC	8,52 cA	5,66 dB	4,35 dC	4,66 cC	9,40 cA	6,14dB

Schéma – viz. Tab. 20 na str. 64

Rozdílná malá písmena (a, b, c, ...) označují průkazné diference mezi variantami, rozdílná velká písmena (A, B, C, ...) mezi odrůdami a roky

V roce 2010 se sice nezměnila kategorie (slovní hodnocení) úrovně půdní reakce (pH) před založením a po sklizni (slabě kyselá), přesto je možno pozorovat její pokles u 4 hnojených variant o 0,2–0,3 jednotky, a to u obou hnojiv. Močovina je řazena k hnojivům s finálně okyselujícím efektem na půdu s ekvivalentem kyselosti -46 (Richter, Hlušek, 2003). Při rozkladu močoviny dochází k oxidaci  $\text{NH}_4^+$  nitrifikačními

bakteriemi až na dusičnany, tím dochází k okyselování prostředí (Richter, Hlušek, 1994).

Dle Richtera, Hluška (1994) je výsledný odběr fosforu bramborami poměrně nízký, představuje v průměru 8,8 kg na 10 t hlíz. S délkou vegetační doby se odběr fosforu zvyšuje, nejintenzivněji je přijímán ve fázi poupat a květu.

V obsazích P, Ca a Mg po sklizni v roce 2010 (Tab. 36) nebylo mezi jednotlivými variantami rozdílů z hlediska slovní kategorie jejich zásobenosti (P – dobrý; Ca – vysoký; Mg – velmi vysoký). Obsahy P a Ca se u všech variant v porovnání před sázením a po sklizni přesunuly z kategorie “vyhovující“ u P do kategorie “dobrý“ a z kategorie “dobrý“ do kategorie “vysoký“ u Ca. Nárůst obsahů obou těchto živin v průběhu vegetace můžeme dát do souvislosti s mineralizací půdní organické hmoty. Obsah K v půdě se snížil u 3 variant ze zásoby “dobré“ před sázením na zásobu “vyhovující“ po sklizni. Z hlediska vzájemných vztahů mezi draslíkem a  $\text{NO}_3^-$  je známo jejich synergické působení (Marschner, 2012). Taktéž kořenové výměšky řady plodin jsou poměrně agresivní a zlepšují přístupnost fosforu rostlinám.



Tab. 36 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2010 (Mehlich III)

var. č.	schéma	KARIN					RED ANNA				
		mg.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				
		pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg
<b>před sázením</b>		5,9 slabě kyselá	79 vyhovující	197 dobrý	3133 dobrý	346 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	79 vyhovující	197 dobrý	3133 dobrý	346 velmi vysoký
<b>1</b>	<b>M 100 %</b>	6,0 slabě kyselá	102 dobrý	183 dobrý	3561 vysoký	355 velmi vysoký	5,6 slabě kyselá	89 dobrý	179 dobrý	3418 vysoký	344 velmi vysoký
<b>2</b>	<b>M 80 %</b>	5,6 slabě kyselá	82 dobrý	184 dobrý	3506 vysoký	336 velmi vysoký	5,7 slabě kyselá	92 dobrý	181 dobrý	3335 vysoký	338 velmi vysoký
<b>3</b>	<b>M 60 %</b>	5,7 slabě kyselá	91 dobrý	127 vyhovující	3581 vysoký	336 velmi vysoký	5,8 slabě kyselá	83 dobrý	148 vyhovující	3327 vysoký	336 velmi vysoký
<b>4</b>	<b>U 100 %</b>	5,7 slabě kyselá	104 dobrý	182 dobrý	3543 vysoký	353 velmi vysoký	5,8 slabě kyselá	89 dobrý	184 dobrý	3534 vysoký	332 velmi vysoký
<b>5</b>	<b>U 80 %</b>	5,6 slabě kyselá	97 dobrý	151 vyhovující	3502 vysoký	332 velmi vysoký	5,7 slabě kyselá	90 dobrý	168 vyhovující	3318 vysoký	331 velmi vysoký
<b>6</b>	<b>U 60 %</b>	5,9 slabě kyselá	95 dobrý	168 vyhovující	3465 vysoký	331 velmi vysoký	5,7 slabě kyselá	85 dobrý	132 vyhovující	3393 vysoký	331 velmi vysoký
<b>7</b>	<b>kontrola</b>	5,9 slabě kyselá	92 dobrý	195 dobrý	3458 vysoký	375 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	90 dobrý	187 dobrý	3657 vysoký	364 velmi vysoký

V roce 2011 se půdní kyselost dle slovního hodnocení nezměnila (slabě kyselá), nepatrně vyšší pH (o 0,2) lze sledovat u nehnojené kontroly, což může být zapříčiněno absencí hnojiva močovina. Snížené pH je také u dvou variant hnojení močovinou s inhibitorem ureázy, důvodem může být jako v roce 2010 vytvoření kyselého prostředí pomocí rozkladu  $\text{NH}_4^+$  při nitrifikaci (Richter, Hlušek, 1994). Také v obsazích P a Ca v roce 2011 po sklizni (Tab. 37) nebylo mezi jednotlivými variantami rozdílů z hlediska slovního hodnocení jejich zásobenosti (P – dobrý; Ca – vysoký). Obsah P se přesunul ze stavu “vyhovující” před sázením do stavu “dobrý” po sklizni a obsah Ca ze stavu “dobrý” před sázením do stavu “vysoký” po sklizni. Tak jako v roce 2010 může být nárůst těchto prvků zapříčiněn mineralizací půdní organické hmoty. Stejně jako v roce 2010 poklesl obsah K u tří variant ze stavu “dobrý” před sázením na stav “vyhovující”, což může být zapříčiněno synergismem mezi K a  $\text{NO}_3^-$  (Marschner, 2012). Obsah Mg

poklesl u dvou variant ze zásoby “velmi vysoký“ před sázením na stav “vysoký“ po sklizni. Nízké pH půdy je spojeno s nízkou zásobou Mg v půdě (Marschner, 2012).

Tab. 37 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2011 (Mehlich III)

var. č.	schéma	KARIN					RED ANNA				
		mg.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				
		pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg
<b>před sázením</b>		5,9 slabě kyselá	78 vyhovující	205 dobrý	3185 dobrý	374 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	80 vyhovující	200 dobrý	3191 dobrý	386 velmi vysoký
<b>1</b>	<b>M 100 %</b>	5,9 slabě kyselá	104 dobrý	171 dobrý	3840 vysoký	384 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	94 dobrý	175 dobrý	3765 vysoký	371 velmi vysoký
<b>2</b>	<b>M 80 %</b>	5,9 slabě kyselá	95 dobrý	165 dobrý	3814 vysoký	389 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	106 dobrý	195 dobrý	3657 vysoký	367 velmi vysoký
<b>3</b>	<b>M 60 %</b>	5,9 slabě kyselá	110 dobrý	143 vyhovující	3649 vysoký	342 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	96 dobrý	167 vyhovující	3756 vysoký	389 velmi vysoký
<b>4</b>	<b>U 100 %</b>	5,9 slabě kyselá	101 dobrý	187 dobrý	3897 vysoký	367 velmi vysoký	6,0 slabě kyselá	99 dobrý	180 dobrý	3615 vysoký	367 velmi vysoký
<b>5</b>	<b>U 80 %</b>	5,8 slabě kyselá	95 dobrý	159 vyhovující	3954 vysoký	325 vysoký	5,8 slabě kyselá	93 dobrý	167 vyhovující	3746 vysoký	316 vysoký
<b>6</b>	<b>U 60 %</b>	5,8 slabě kyselá	92 dobrý	160 vyhovující	3657 vysoký	320 vysoký	5,8 slabě kyselá	84 dobrý	130 vyhovující	3674 vysoký	319 vysoký
<b>7</b>	<b>kontrola</b>	6,1 slabě kyselá	95 dobrý	187 dobrý	3827 vysoký	382 velmi vysoký	6,1 slabě kyselá	94 dobrý	183 dobrý	3799 vysoký	386 velmi vysoký

Také v roce 2012 se nezměnila slovní hodnocení půdní reakce před založením a po sklizni (slabě kyselá), přesto došlo ke zvýšení pH až o 0,4 u nehněné varianty. U této varianty nebylo použito hnojivo, proto půda nebyla okyselena močovinou a pH půdy se zvýšilo. Obsah P a Mg před sázením a po sklizni v roce 2012 (Tab. 38) nebylo mezi všemi variantami rozdílů z hlediska slovní kategorie jejich zásobenosti (P – dobrý; Mg – velmi vysoký). Obsah Ca se přesunul u všech variant z kategorie “dobrý“ před sázením do kategorie “vysoký“ po sklizni. Tento jev může být spojen s mineralizací půdní organické hmoty. Obsah K po sklizni u variant 3 a 6 (60 % močoviny a 60 % urey stabil) se snížil oproti ostatním variantám po sklizni a před sázením z kategorie “dobrý“

do kategorie “vyhovující“. Tento jev může souviset s výnosem hlíz, kdy v roce 2012 výnos hlíz u těchto variant patřil téměř k nejvyšším (Tab. 39). Draslík byl hlízami během vegetace odebrán a obsah K v půdě se proto snížil.

Tab. 38 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2012 (Mehlich III)

var. č.	schéma	KARIN					RED ANNA				
		mg.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>				
		pH	P	K	Ca	Mg	pH	P	K	Ca	Mg
<b>před sázením</b>		5,9 slabě kyselá	82 dobrý	208 dobrý	3255 dobrý	355 velmi vysoký	5,9 slabě kyselá	86 dobrý	211 dobrý	3291 dobrý	374 velmi vysoký
<b>1</b>	<b>M 100 %</b>	5,9 slabě kyselá	110 dobrý	182 dobrý	4008 vysoký	412 velmi vysoký	6,0 slabě kyselá	109 dobrý	177 dobrý	3809 vysoký	399 velmi vysoký
<b>2</b>	<b>M 80 %</b>	5,9 slabě kyselá	107 dobrý	213 dobrý	3969 vysoký	409 velmi vysoký	6,0 slabě kyselá	110 dobrý	176 dobrý	3896 vysoký	413 velmi vysoký
<b>3</b>	<b>M 60 %</b>	6,0 slabě kyselá	112 dobrý	168 vyhovující	3826 vysoký	400 velmi vysoký	6,0 slabě kyselá	108 dobrý	169 vyhovující	3915 vysoký	406 velmi vysoký
<b>4</b>	<b>U 100 %</b>	6,1 slabě kyselá	102 dobrý	179 dobrý	4047 vysoký	419 velmi vysoký	6,1 slabě kyselá	105 dobrý	172 dobrý	3873 vysoký	403 velmi vysoký
<b>5</b>	<b>U 80 %</b>	6,1 slabě kyselá	102 dobrý	179 dobrý	4047 vysoký	419 velmi vysoký	6,1 slabě kyselá	105 dobrý	172 dobrý	3873 vysoký	403 velmi vysoký
<b>6</b>	<b>U 60 %</b>	6,2 slabě kyselá	93 dobrý	163 vyhovující	4149 vysoký	445 velmi vysoký	6,2 slabě kyselá	83 dobrý	145 vyhovující	4122 vysoký	444 velmi vysoký
<b>7</b>	<b>kontrola</b>	6,3 slabě kyselá	97 dobrý	185 dobrý	4040 vysoký	407 velmi vysoký	6,3 slabě kyselá	92 dobrý	180 dobrý	4003 vysoký	404 velmi vysoký

### 5.1.2 Výnos hlíz

Signifikantní rozdíly ve výnosu hlíz byly zjištěny jak u shodné varianty mezi jednotlivými roky (2010–2011–2012), tak i v některých případech v rámci stejného roku mezi odrůdami (Tab. 39). Výnosy hlíz kolísaly v průměru tří let u jednotlivých variant nepravidelně. V pokusech Machnackiho a Kolpaka (1998) bylo též prokázáno

nepravidelné kolísání výnosu (27,8–25,8–27,5–28,4 t.ha<sup>-1</sup>) v závislosti na dávkách N (0–40–80–120 kg.ha<sup>-1</sup>). Naopak Rop et al. (2009) svými pokusy prokázali vliv dusíkatých dávek na zvyšování výnosu hlíz. Odrůda Red Anna dosáhla vyšších výnosů (27,3–32,9 t.ha<sup>-1</sup>) oproti odrůdě Karin (24,9–29,1 t.ha<sup>-1</sup>).

V roce 2010 začalo pršet za 4 dny po výsadbě brambor, kdy spadlo 9,3 mm srážek a za dalších 5 následujících dnů spadlo 39,2 mm srážek. Wollnerová (2010) uvádí, že pokud po výsadbě spadne více než 8 mm srážek během 6 dnů, je zajištěna dostatečná účinnost klasické močoviny. Se zvyšujícími se dávkami N se v roce 2010 zvyšoval výnos hlíz odrůd Karin a Red Anna, byť se ve většině případů nejednalo o lineární nárůst. Mezi stejnými dávkami dusíku nebylo signifikantních rozdílů při použití obou hnojiv. Taktéž mezi variantami 2 a 3 a dále mezi variantami 5 a 6 nebylo navzájem průkazných rozdílů ve výnosu. U varianty 6 (60 % N v urey stabil) bylo dosaženo shodného výnosu jako u varianty 2 a 3 (80 a 60 % N v močovíně), respektive mezi těmito variantami nebyly zjištěny ve výnosu signifikantní diference. Taktéž u varianty 5 a 6 (80 a 60 % N v urey stabil) nebylo vzájemných průkazných rozdílů ve výnosu.

V roce 2011 začalo pršet za 8 dnů po výsadbě brambor, kdy spadlo 0,4 mm srážek a následovalo dalších 8 dnů bez srážek, potom během 6 dnů spadlo 22,3 mm srážek. V tomto roce se na výnosu hlíz uplatnila lépe u obou odrůd klasická močovina, i když mezi oběma nejvyššími dávkami dusíku (var. 1 a 2) nebylo navzájem průkazných rozdílů. Výnosovou depresi po aplikaci močoviny s inhibítorem je obtížné zdůvodnit, nicméně pravděpodobně souvisela především s časovým rozvržením a množstvím srážek, které byly sumárně v průběhu vegetace na poloviční úrovni (125,1 mm) oproti zbylým rokům (2010 – 235,7 mm; 2012 – 223,2 mm). Taktéž kolísání hladiny podzemní vody na pozemku se mohlo výrazně odrazit na dosažených výsledcích. Je předpoklad, že rozklad klasické močoviny začal okamžitě po její aplikaci za uvolnění NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, který byl rostlinami následně přijat nebo se napoutal na výměnný sorpční komplex. Jestliže se uvádí délka účinnosti inhibítoru max. 2 týdny, pak je pravděpodobné, že déšť, který následoval po více než 2 týdnech od aplikace hnojiva urea stabil na úrovni 22,3 mm mohl přesunout dusík z tohoto hnojiva pod úroveň hlíz bramboru, přičemž část tohoto N mohla být ještě ve formě močoviny a tudíž nesorbovaná na výměnný sorpční komplex. Proto rostliny hnojené ureou stabil mohly mít již od počátku vegetace k dispozici menší množství N než rostliny hnojené klasickou močovinou. Ostatně i na porostu byla již od počátku vegetace vizuálně

zřetelná retardace růstu oproti variantám s aplikací klasické močoviny. Nicméně varianta s nejnižší dávkou urey stabil (var. 6) vykazala srovnatelný výnos jako dvě nejvyšší dávky klasické močoviny (var. 1 a 2). Mezi odrůdami nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve výnosu brambor.

V roce 2012 začalo pršet 2. den po výsadbě, kdy spadlo 0,4 mm srážek, následující den přibýlo 0,8 mm srážek. Dále až osmý den po výsadbě spadlo 2,8 mm srážek a následovalo suché období. U odrůdy Red Anna nebylo mezi jednotlivými variantami v tomto roce průkazných rozdílů ve výnosu hlíz (Tab. 39). U odrůdy Karin se signifikantně průkazným zvýšením výnosu projevila aplikace močoviny s inhibitorem (var. 5) oproti shodné dávce N aplikované v klasické močovinně (var. 2). Nejnižší dávka močoviny (var. 3) vykazala srovnatelný výnos jako nejnižší a střední dávka hnojiva urea stabil (var. 5 a 6). Ve třetím roce experimentu dosáhla nehnojená kontrolní varianta shodné výnosové úrovně jako hnojené varianty. Zde je předpoklad uplatnění N z postupné mineralizace půdní organické hmoty (hnoje), kdy rostliny byly postupně N zásobovány v průběhu vegetační doby, zatímco u variant hnojených minerálními hnojivy byla dynamika změn N včetně jeho ztrát větší.

Průměrné výnosové výsledky za 3 roky u odrůdy Karin je možno prezentovat následovně: průkazně nejvyššího výnosu bylo dosaženo u var. 1 (100 % močoviny) oproti všem ostatním variantám (var. 2–7), mezi nimiž již nebylo signifikantních diferencí. U odrůdy Red Anna byl dosažen průkazně nejvyšší výnos u var. 1 (100 % močoviny) oproti var. 3 (60 % močoviny) a nehnojené kontrole (var. 7). Mezi odrůdami nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve výnosu hlíz.

Tab. 39 Výnos hlíz (t.ha<sup>-1</sup>)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	34,7 aA	23,9 aC	28,6 abB	29,1 aB	40,5 aA	23,7 aC	34,4 aA	32,9 aB
2	M 80 %	29,2 bB	24,4 aC	25,2 bC	26,3bC	37,7 abA	23,6 aC	32,7 aB	31,3 abB
3	M60 %	27,4 bBC	17,0 bC	30,5 aB	25,0 bBC	31,3 cB	18,8 bC	35,6 aA	28,6 bBC
4	U 100 %	33,9 aB	18,5 bD	25,7 bC	26,0 bC	39,7 aA	17,9 bD	34,5 aB	30,7 abBC
5	U 80 %	29,1 bB	17,2 bC	30,0 aB	25,4 bBC	36,6 abA	19,1 bC	36,9 aA	30,9 abB
6	U 60 %	26,7 bC	23,4 aC	30,4 aB	26,8 bC	37,8 abA	21,8 aC	33,4 aAB	31,0 abB
7	kontrola	23,1 cC	17,7 bD	33,9 aA	24,9 bC	29,3 cB	17,3 bD	35,2 aA	27,3 bBC

### 5.1.3 Obsah škrobu v hlízách

Obsahy škrobu v hlízách (Tab. 40) byly proměnlivé, přičemž nepravidelně kolísaly meziročně i s aplikovanou dávkou N bez ohledu na aplikovaný druh hnojiva v rozpětí 13,27–20,08 % u odrůdy Karin a 10,65–15,40 % u odrůdy Red Anna. Vyšší obsah škrobu byl v jednotlivých letech u odrůdy Karin oproti odrůdě Red Anna. Vliv odrůdy na obsah škrobu rovněž popisují Galdón et al. (2012). Kontrolní (nehnojená) varianta vykazala u odrůdy Karin v roce 2012 nejvyšší (18,91 %) a v roce 2011 druhou nejvyšší škrobnatost (19,38%). Ke shodným závěrům dospěli také Rop et al. (2009), kdy nehnojená varianta obsahovala nejvyšší % škrobu (18,4 %). Nejvyšší dávka močoviny průkazně redukovala škrobnatost u odrůdy Karin v letech 2010 a 2012, u odrůdy Red Anna v roce 2012. Po aplikaci močoviny s inhibitorem byla stejná situace zjištěna u odrůdy Karin v roce 2011 (15,04 %) a také u odrůdy Red Anna v roce 2012 (12,43 %). Důvodem by mohl být vliv zředovacího efektu na obsah škrobu v hlízách brambor (Mengel, Kirkby, 2001). Stejně poznatky uvádějí také Rop et al. (2009), kdy vyšší dávka dusíku ( $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) významně snížila obsah škrobu v hlízách (13,5 %), oproti dávce  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (16,2 %). Rovněž Lin et al. (2004) popisují redukci obsahu škrobu při zvyšujících se dávkách dusíku. Oproti tomu Míčka (2008) uvádí, že po hnojení brambor močovinou v dávce  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  byl obsah škrobu v hlízách srovnatelný (12,8 %) jako nehnojená kontrola (12,6 %).

Z hlediska tříletých průměrů nebylo signifikantních rozdílů v obsahích škrobu v hlízách mezi všemi variantami odrůdy Red Anna. U odrůdy Karin byl signifikantní nárůst u nehnojené kontroly (18,14 %) oproti nejvyšší dávce N u obou hnojiv (15,60 % u močoviny, resp. 15,43 % u urey stabil). Rovněž nejnižší a střední dávka N (var. 2 a 3) v močovině vykazaly průkazný nárůst škrobnatosti oproti nejvyšší dávce N (var. 1).

Tab. 40 Obsah škrobu v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	13,46 bB	20,08 aA	13,27 cB	15,60 bB	15,00 aB	13,60 aB	11,28 cC	13,29 aB
2	M 80 %	16,52 aAB	18,00 abA	18,86 aA	17,79 aAB	14,96 aB	13,48 aB	10,65 cC	13,03 aB
3	M 60 %	16,19 aA	17,48 bA	17,75 aA	17,14 aA	12,60 bB	12,14 bB	13,01 bB	12,58 aB
4	U 100 %	15,77 aA	15,04 cA	15,49 bA	15,43 bA	13,67 bB	11,79 bC	12,43 bcB	12,63 aB
5	U 80 %	15,79 aAB	17,66 bA	16,91 abA	16,78 abA	13,92 abB	12,43 abC	15,40 aAB	13,92 aB
6	U 60 %	16,57 aA	15,75 cB	17,80 aA	16,71 abA	12,48 bC	12,50 abC	12,43 bcC	12,47 aC
7	kontrola	16,12 aB	19,38 aA	18,91 aA	18,14 aA	12,55 bC	11,88 bC	13,00 bC	12,48 aC

### 5.1.4 Produkce škrobu

Produkce škrobu nepravidelně kolísala jak meziročně, tak s aplikovanou dávkou a druhem hnojiva. Rok 2011 byl méně příznivý pro produkci škrobu oproti ostatním letům z důvodu výrazného poklesu výnosu v daném roce.

V produkci škrobu nebyly prokázány signifikantní rozdíly mezi odrůdami brambor. Z hlediska tříletých průměrů nebyly u obou odrůd zjištěny průkazné difference v produkci škrobu mezi všemi variantami.

Svoboda (2013) porovnával hnojení brambor dusíkem ( $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a NPK ( $100 + 35 + 60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) na produkci škrobu v hlízách brambor. Nejnižší produkce škrobu byla z varianty hnojené N ( $2,09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a kontrolní (nehnojené) varianty ( $2,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), nejvyšší produkce škrobu byla z varianty hnojené NPK ( $4,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Tab. 41 Produkce škrobu ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	4,67 bB	4,80 aB	3,80 cC	4,42 aB	6,08 aA	3,22 aC	3,88 cC	4,39 aB
2	M 80 %	4,82 bB	4,39 aB	4,75 bcB	4,65 aB	5,64 bA	3,18 aC	3,00 cC	3,96 aB
3	M 60 %	4,44 bB	2,97 cC	5,41 bA	4,27 aB	3,94 cB	2,28 bC	4,63 bB	3,62 aB
4	U 100 %	5,35 aA	2,78 cC	3,98 cB	4,04 aB	5,43 bA	2,11 bC	4,29 bAB	3,94 aB
5	U 80 %	4,59 bB	3,04 cC	5,07 bA	4,23 aB	5,09 bA	2,37 bC	5,68 aA	4,38 aB
6	U 60 %	4,42 bB	3,69 bBC	5,41 bA	4,51 aB	4,72 bcB	2,73 abC	4,15 bB	3,87 aBC
7	kontrola	3,72 cC	3,43 bcC	6,41 aA	4,52 aB	3,68 cC	2,06 bD	4,58 bB	3,44 aC

### 5.1.5 Obsah makrobiogenních elementů a Cd v hlízách a natích

#### Obsah N v hlízách

Druh a dávka hnojiva neměly z hlediska tříletých průměrů signifikantní vliv na obsah dusíku v hlízách brambor (Tab. 42). Také mezi odrůdami nebyl prokázán signifikantní rozdíl. U tříletých průměrů patřily obsahy N u kontrolních variant k nejnižším (Karin 1,35 %; Red Anna 1,38 %).

Svobodová (2006) prokázala vliv stupňovaných dávek dusíku (0; 20; 40; 80 mg N.kg<sup>-1</sup>) na kumulaci dusíku (1,08–1,14–1,22–1,27 %) v bramborových hlízách. Porovnáváním účinnosti dusíku v LAV s močovinou a močovinou s inhibitorem ureázy na obsah dusíku v semenu máku prokázali Richter et al. (2009), že působením močoviny s inhibitorem ureázy se zvýšil obsah dusíku o 6,7–10,0 % oproti variantě s LAV.

S ohledem na omezený počet vhodných citovaných zdrojů vztahujících se k bramborám, jsou uváděny i jiné plodiny.

Tab. 42 Obsah N v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,34 abAB	1,45 aAB	1,72 aA	1,50 aAB	1,23 aB	1,44 aAB	1,54 aAB	1,40 aAB
2	M 80 %	1,30 abAB	1,52 aAB	1,67 aA	1,50 aAB	1,28 aB	1,47 aAB	1,55 aAB	1,43 aAB
3	M 60 %	1,24 abB	1,47 aAB	1,64 aA	1,45 aAB	1,34 aAB	1,48 aAB	1,60 aAB	1,47 aAB
4	U 100 %	1,65 aAB	1,56 aAB	1,73 aA	1,65 aAB	1,28 aB	1,47 aAB	1,67 aAB	1,47 aAB
5	U 80 %	1,44 abAB	1,53 aAB	1,72 aA	1,56 aAB	1,23 aB	1,46 aAB	1,50 aAB	1,40 aAB
6	U 60 %	1,22 abB	1,45 aAB	1,60 aA	1,42 aAB	1,26 aB	1,52 aAB	1,58 aA	1,45 aAB
7	kontrola	1,01 bB	1,43 aAB	1,60 aA	1,35 aAB	1,17 bAB	1,38 bAB	1,59 aA	1,38 aAB

#### Obsah P v hlízách

V tříletých průměrech nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu P v hlízách mezi aplikovanými dávkami hnojiv i odrůdami brambor (Tab. 43). Podobně tomu bylo u pokusů Brauna et al. (2011), kteří zkoumali vliv zvyšujících dávek N (0; 50; 100; 200; 300 kg.ha<sup>-1</sup>) na obsah P v hlízách čtyř odrůd brambor (Agata, Asterix, Atlantic, Monalisa). Z experimentu zjistili, že různé dávky N neměly vliv na obsah P



v hlízách brambor. Poljak et al. (2007) dospěli ke shodným výsledkům, kdy při stupňovaných dávkách N (0; 100; 150; 200; 250 kg N.ha<sup>-1</sup>) se neměnily obsahy P v hlízách brambor, které byly ovšem výrazně vyšší oproti našim výsledkům (4,4–4,7 mg.g<sup>-1</sup>). Opačný názor na obsah P v hlízách popisuje Vyklíčková (2007), kdy se zvyšujícími dávkami N (20; 40; 80 mg N.kg<sup>-1</sup>) se zvyšoval obsah P (0,45–0,52–0,54 %) v hlízách brambor.

Wadas et al. (2012) z výsledků svých pokusů zjistili, že největší vliv na obsah P má průběh počasí během vegetace, kdy v nejsušším roce byl obsah P nižší v porovnání s ostatními roky.

Tab. 43 Obsah P v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,24 aA	0,25 aA	0,28 aA	0,26 aA	0,25 aA	0,25 aA	0,25 aA	0,25 aA
2	M 80 %	0,24 aA	0,26 aA	0,26 aA	0,25 aA	0,26 aA	0,25 aA	0,26 aA	0,26 aA
3	M 60 %	0,26 aA	0,25 aA	0,27 aA	0,26 aA	0,25 aA	0,25 aA	0,25 aA	0,25 aA
4	U 100 %	0,26 aA	0,27 aA	0,27 aA	0,27 aA	0,25 aA	0,24 aA	0,28 aA	0,26 aA
5	U 80 %	0,25 aA	0,26 aA	0,27 aA	0,26 aA	0,24 aA	0,25 aA	0,26 aA	0,25 aA
6	U 60 %	0,25 aA	0,25 aA	0,24 aA	0,25 aA	0,26 aA	0,27 aA	0,26 aA	0,26 aA
7	kontrola	0,23 aA	0,25 aA	0,25 aA	0,24 aA	0,22 aA	0,24 aA	0,27 aA	0,24 aA

### Obsah K v hlízách

V tříletých průměrech neměly signifikantní vliv zvyšující se dávky dusíku ani odrůda na obsah draslíku v hlízách brambor (Tab 44). Potvrzují to také ve svých pokusech Poljak et al. (2007), kteří zkoumali vliv různých dávek dusíku (0; 100; 150; 200; 250 kg N.ha<sup>-1</sup>) na obsah draslíku v hlízách. Zvyšující dávky dusíku neměly signifikantní vliv na obsah draslíku (21,0–22,8–20,9–22,1–23,1 mg.g<sup>-1</sup>). Stejný názor na obsah K v hlízách brambor vlivem zvyšujících dávek N mají i Braun et al. (2011), kdy zjistili, že různé dávky N nemají vliv na obsah K v hlízách.

Na obsah K měl vliv ročník, kdy v roce 2012 obsahy K byly signifikantně vyšší u obou odrůd než v letech 2010 a 2011. Mohly by na to mít vliv ideální teplotní a především vlhkostní půdní podmínky pro uvolňování (mineralizaci) K a jeho příjem rostlinami.

Tab. 44 Obsah K v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,12 aB	2,15 aB	2,66 aA	2,31 aAB	2,15 aB	2,20 aB	2,77 aA	2,37 aAB
2	M 80 %	2,16 aB	2,18 aB	2,65 aA	2,33 aAB	2,27 aB	2,21 aB	2,71 aA	2,40 aAB
3	M 60 %	2,30 aB	2,16 aB	2,70 aA	2,40 aAB	2,06 aB	2,14 aB	2,83 aA	2,34 aAB
4	U 100 %	2,17 aB	2,14 aB	2,75 aA	2,35 aAB	2,10 aB	2,21 aB	2,98 aA	2,43 aAB
5	U 80 %	2,11 aB	2,19 aB	2,62 aA	2,31 aAB	2,16 aB	2,20 aB	2,83 aA	2,40 aAB
6	U 60 %	2,13 aB	2,21 aB	2,59 aA	2,31 aAB	2,24 aB	2,25 aB	2,82 aA	2,44 aAB
7	kontrola	2,20 aB	2,23 aB	2,60 aA	2,34 aAB	2,15 aB	2,18 aB	2,90 aA	2,41 aAB

### Obsah Ca v hlízách

Obsahy vápníku v tříletých průměrech neprůkazně kolísaly v souvislosti s aplikovanými dávkami hnojiv. Nebyl tedy prokázán signifikantní vliv dávek, druhu hnojiva ani odrůdy na obsah Ca v hlízách brambor (Tab. 45). Jiný názor ovšem prezentují Poljak et al. (2007), kteří ve svých pokusech popisují, že se zvyšujícími dávkami dusíku se zvyšoval obsah vápníku ( $1,9-2,0-2,3-2,4 \text{ mg.g}^{-1}$ ) v hlízách brambor. Z výsledků Zrůsta (2004) vyplynul odlišný závěr, že se zvyšujícími dávkami N se obsah Ca v hlízách snižoval až do výše dávky  $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$ .

Signifikantního meziročního rozdílu bylo dosaženo v roce 2012 oproti ostatním pokusným rokům, kdy obsahy Ca byly nejnižší. Zde jsou vysvětlením i antagonistické vztahy K a Ca, kdy v daném roce byl současně zjištěn nejvyšší obsah K v hlízách ze všech let.

Tab. 45 Obsah Ca v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,52 aB	1,63 aA	1,33 aC	1,49 aB	1,67 aA	1,79 aA	1,34 aB	1,60 aAB
2	M 80 %	1,58 aB	1,67 aAB	1,34 aC	1,53 aB	1,72 aAB	1,89 aA	1,34 aC	1,65 aAB
3	M 60 %	1,54 aB	1,62 aAB	1,35 aC	1,50 aB	1,75 aAB	1,92 aA	1,34 aC	1,67 aAB
4	U 100 %	1,58 aB	1,66 aAB	1,34 aC	1,53 aB	1,70 aAB	1,92 aA	1,35 aC	1,66 aAB
5	U 80 %	1,65 aAB	1,74 aA	1,33 aC	1,57 aB	1,73 aA	1,84 aA	1,35 aC	1,64 aAB
6	U 60 %	1,62 aB	1,73 aAB	1,34 aC	1,56 aB	1,70 aAB	1,90 aA	1,34 aC	1,65 aAB
7	kontrola	1,66 aB	1,73 aAB	1,33 aC	1,57 aB	1,79 aAB	1,95 aA	1,35 aC	1,70 aAB

### Obsah Mg v hlízách

Podobně jako u obsahu Ca tomu bylo i ve tříletých průměrech u obsahu Mg v hlízách, kdy se neprojevil vliv různých dávek N ani odrůdy na obsah Mg v hlízách brambor (Tab. 46). Stejný názor mají i Poljak et al. (2007), kdy zvyšující dávky N (0; 100; 150; 200; 250 kg N.ha<sup>-1</sup>) neměly signifikantní vliv na obsah hořčíku (1,52–1,46–1,46–1,36–1,49 mg.g<sup>-1</sup>) v hlízách brambor.

Tab. 46 Obsah Mg v hlízách (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,09 aA	0,09 aA	0,10 aA	0,09 aA	0,09 aA	0,11 aA	0,10 aA	0,10 aA
2	M 80 %	0,09 aA	0,09 aA	0,10 aA	0,09 aA	0,09 aA	0,10 aA	0,11 aA	0,10 aA
3	M 60 %	0,10 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,11 aA	0,10 aA
4	U 100 %	0,10 aA	0,08 aA	0,11 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,13 aA	0,11 aA	0,11 aA
5	U 80 %	0,10 aA	0,10 aA	0,11 aA	0,10 aA	0,09 aA	0,09 aA	0,10 aA	0,09 aA
6	U 60 %	0,10 aA	0,10 aA	0,11 aA	0,10 aA	0,10 aA	0,12 aA	0,11 aA	0,11 aA
7	kontrola	0,12 aA	0,12 aA	0,11 aA	0,12 aA	0,11 aA	0,13 aA	0,11 aA	0,12 aA

### Obsah Cd v hlízách

Obsahy kadmia kolísaly nepravidelně v jednotlivých letech s aplikovanou dávkou N, přičemž z hlediska tříletých průměrů nebyly zjištěny u obou odrůd mezi variantami průkazné rozdíly (Tab. 47). Obsah kadmia v hlízách byl mnohonásobně nižší než obsah kadmia v natích. Rovněž Lošák, Hlušek (2004) svými pokusy prokázali, že vyšší obsahy kadmia byly zjištěny v natích brambor oproti hlízám. Podle těchto autorů má prokazatelný vliv na obsah kadmia v hlízách a natích brambor koncentrace kadmia v půdě. Smith (1994) uvádí, že na obsah Cd má vliv pH půdy. V jeho pokusech se obsah Cd v hlízách brambor lineárně snižoval s rostoucím pH půdy (pH 3,9–7,6).

Jönsson, Asp (2011) zkoumali vliv dusíkatého hnojení na obsah kadmia v hlízách brambor. Z jejich výsledků vyplývá, že zvyšováním dávek N z 60 na 160 a 240 kg N.ha<sup>-1</sup> se snižoval obsah Cd v hlízách. Hlušek, Jůzl (2000) srovnávali organickou a konvenční technologii při pěstování čtyř odrůd brambor (Rosara, Impala, Karin a Korela) na obsah Cd v hlízách. Koncentrace Cd v hlízách odrůdy Impala se zdvojnásobila u konvenční technologie pěstování. Maier (1996) uvádí, že obsah Cd

v hlízách je závislý nejenom na obsahu Cd v půdě, ale také na podmínkách prostředí a přítomnosti Cl<sup>-</sup>. Tento iont zvyšuje mobilitu Cd, které jsou pak lépe přístupné pro rostliny (McLaughlin et al., 1994).

Sparrow et al. (1994) prováděli pokusy s bramborami, které hnojili různými druhy draselných hnojiv. Po použití hnojiva KCl byl obsah Cd v hlízách o 20–30 % vyšší než u ostatních draselných hnojiv.

Tab. 47 Obsah Cd v hlízách (mg.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,15 abAB	0,16 aAB	0,20 aA	0,17 aAB	0,14 abAB	0,17 abAB	0,10 aB	0,14 aAB
2	M 80 %	0,16 abAB	0,16 aAB	0,15 abAB	0,16 aAB	0,13 abAB	0,17 abA	0,10 aB	0,13 aAB
3	M 60 %	0,12 bB	0,15 aAB	0,17 abA	0,15 aAB	0,17 aA	0,15 bAB	0,14 aAB	0,15 aAB
4	U 100 %	0,16 abA	0,16 aA	0,15 abA	0,16 aA	0,13 abB	0,15 bA	0,14 aAB	0,14 aAB
5	U 80 %	0,17 aAB	0,14 aAB	0,15 abAB	0,15 aAB	0,12 bB	0,19 abA	0,13 aB	0,15 aAB
6	U 60 %	0,14 abAB	0,15 aAB	0,13 bB	0,14 aAB	0,12 bB	0,21 aA	0,13 aB	0,15 aAB
7	kontrola	0,18 aAB	0,17 aAB	0,14 bB	0,16 aAB	0,15 abAB	0,19 abA	0,14 aB	0,16 aAB

### Obsah N v nati

Obsah N v nati (2,39–4,55 %) byl vyšší než obsah N v hlízách (1,01–1,73 %). Obsahy N v jednotlivých letech nepravidelně kolísaly s aplikovanou dávkou hnojiva. Také v pokusech Silvy et al. (2011) obsahy N v listech kukuřice nepravidelně kolísaly, kdy nejvyšší obsah N byl prokázán po aplikaci 180 kg N.ha<sup>-1</sup> močoviny (2,97 %). Při použití močoviny s inhibítorem se obsah N v listech kukuřice lineárně zvyšoval s dávkou hnojiva. Podle Ganse et al. (2006) byly vyšší obsahy N v listech ovsa po aplikaci močoviny s inhibítorem ureázy (788 mg N/nádoba) než močoviny (594 mg N/nádoba).

V tříletých průměrech nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi variantami hnojení i odrůdami (Tab. 48).

Z výsledků pokusů Růžka a Kusé (2013) vyplývá, že z močoviny s inhibítorem ureázy (27 %) a z dusičnanu amonného (25 %) bylo rostlinami řepky využito více dusíku než ze síranu amonného (15 %).

Tab. 48 Obsah N v nati (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,90 abB	3,26 bcAB	3,03 bB	3,06 aB	3,32 aAB	3,60 bA	3,28 aAB	3,40 aAB
2	M 80 %	3,00 aC	4,09 aAB	3,69 aB	3,60 aB	3,27 abC	4,42 aA	3,07 aC	3,59 aB
3	M 60 %	3,19 aB	3,77 bA	3,06 bB	3,34 aAB	3,12 abB	3,82 bA	3,20 aB	3,38 aAB
4	U 100 %	2,98 abB	2,97 cB	3,39 abB	3,11 aB	3,15 abB	4,42 aA	3,02 aB	3,53 aAB
5	U 80 %	2,66 abB	3,60 bA	2,71 bcB	2,99 aAB	3,16 abAB	2,93 cB	3,25 aAB	3,11 aAB
6	U 60 %	2,93 abBC	3,64 bB	2,39 cC	2,99 aBC	3,39 aBC	4,55 aA	3,53 aB	3,82 aAB
7	kontrola	2,41 bC	4,08 aA	2,61 cBC	3,03 aBC	2,88 bBC	3,72 bAB	3,34 aB	3,31 aB

### Obsah P v nati

Množství fosforu obsažené v natích brambor kolísá od 0,10–0,20 % (Barker, Pilbeam, 2007), přičemž v našich experimentech bylo dosaženo i hodnot vyšších (Tab. 49). V tříletých průměrech nebyl prokázán vliv dávek, druhu hnojiva ani odrůdy na obsah P v natích brambor. Výjimkou byla odrůda Karin v roce 2012, kdy byl prokázán signifikantní rozdíl u kontroly (0,16 %) a nejnižší dávky hnojiva urea stabil (0,15 %) oproti nejnižším dávkám močoviny (0,23; 0,23 %), což může být způsobeno antagonismem  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Tab. 49 Obsah P v nati (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,20 aAB	0,23 aAB	0,18 abB	0,20 aAB	0,22 aAB	0,25 aA	0,23 aAB	0,23 aAB
2	M 80 %	0,19 aB	0,25 aAB	0,23 aAB	0,22 aAB	0,20 aB	0,27 aA	0,20 aB	0,22 aAB
3	M 60 %	0,21 aA	0,23 aA	0,23 aA	0,22 aA	0,19 aA	0,24 aA	0,18 aA	0,20 aA
4	U 100 %	0,20 aB	0,21 aB	0,22 abB	0,21 aB	0,20 aB	0,27 aA	0,21 aB	0,23 aAB
5	U 80 %	0,17 aB	0,23 aA	0,18 abAB	0,19 aAB	0,20 aAB	0,22 aAB	0,22 aAB	0,21 aAB
6	U 60 %	0,20 aBC	0,24 aAB	0,15 bC	0,20 aBC	0,21 aBC	0,28 aA	0,22 aB	0,24 aAB
7	kontrola	0,18 aB	0,26 aA	0,16 bB	0,20 aAB	0,19 aB	0,24 aAB	0,20 aAB	0,21 aAB

## Obsah K v nati

Obsahy K se v jednotlivých letech nepravidelně měnily s aplikovanou dávkou a druhem hnojiva (Tab. 50). Z hlediska tříletých průměrů byl prokázán u odrůdy Karin signifikantní rozdíl v obsahu K v nati mezi var. 1 (4,79 %) a var. 7 (4,15 %). Tento jev lze vysvětlit synergickým vztahem mezi K a  $\text{NO}_3^-$  (Marschner, 2012). U dvou hnojených variant (var. 1 a 2) byl prokázán signifikantní rozdíl mezi odrůdami Karin a Red Anna. Barker, Pilbeam (2007) ve své knize uvádějí, že obsah K v nadzemních částech brambor je 50–60  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  (5–6 %), přičemž v našich experimentech bylo ve většině případů dosaženo nižších obsahů.

Tab. 50 Obsah K v nati (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	4,54 abB	4,33 aC	5,49 aA	4,79 aAB	3,35 bD	4,05 aC	4,15 abC	3,85 aC
2	M 80 %	4,86 aB	4,22 aC	5,31 aA	4,80 aB	3,58 abD	4,06 aCD	3,60 bD	3,75 aCD
3	M 60 %	4,22 bAB	4,55 aA	4,58 bA	4,45 abAB	3,74 abB	4,03 aB	4,39 aA	4,05 aB
4	U 100 %	4,35 abAB	4,34 aAB	4,70 abA	4,46 a bAB	4,11 abB	4,16 aB	4,46 aAB	4,24 aAB
5	U 80 %	4,56 abAB	4,35 aB	5,00 aA	4,64 aAB	3,58 abB	4,08 aAB	4,46 aAB	4,04 aAB
6	U 60 %	4,62 abA	4,29 aA	4,18 bcA	4,36 abA	4,30 aA	4,11 aA	4,35 aA	4,25 aA
7	kontrola	4,23 bAB	4,36 aA	3,86 cAB	4,15 bAB	3,45 bB	4,10 aAB	4,48 aA	4,01 aAB

## Obsah Ca v nati

U tříletých průměrů nebyl prokázán signifikantní vliv dávky, druhu hnojiva i odrůdy na obsah Ca v nati (Tab. 51). U odrůdy Karin v roce 2010 a 2011 byl signifikantně vyšší obsah Ca v nati u nejnižší dávky urey stabil oproti nejvyšší dávce urey stabil. V roce 2012 tomu bylo naopak, což lze vysvětlit synergickým vztahem mezi N a Ca (Marschner, 2012). Lošák (2008) svými pokusy s raketou dokazuje toto tvrzení, že se zvyšujícími dávkami N se signifikantně zvyšují obsahy Ca (1,33–1,62–1,86 %).

Tab. 51 Obsah Ca v nati (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,55 abAB	2,41 abB	2,71 abAB	2,56 aAB	2,87 aAB	2,98 aA	2,34 abB	2,73 aAB
2	M 80 %	2,72 abAB	2,31 abB	2,44 abB	2,49 aB	2,76 aAB	3,01 aA	2,78 aAB	2,85 aAB
3	M 60 %	2,72 abAB	2,35 abB	2,14 bB	2,40 aB	3,10 aA	2,86 aA	2,28 bB	2,75 aAB
4	U 100 %	2,51 bAB	2,23 bB	2,75 aAB	2,50 aAB	2,66 aAB	2,93 aA	2,26 bB	2,62 aAB
5	U 80 %	2,98 abAB	2,46 abB	2,79 aAB	2,74 aAB	2,98 aAB	3,15 aA	2,66 abAB	2,93 aAB
6	U 60 %	3,02 aA	2,86 aA	2,13 bB	2,67 aAB	2,83 aA	2,95 aA	2,62 abAB	2,80 aAB
7	kontrola	2,77 abA	2,55 abA	2,60 abA	2,64 aA	2,80 aA	2,96 aA	2,67 abA	2,81 aA

### Obsahy Mg v nati

Mezi variantami hnojení, odrůdami a roky nebyly žádné signifikantní rozdíly. Obsahy Mg kolísaly v rozpětí 0,45–0,71 % (Tab. 52) a výrazně převyšovaly obsahy Mg v hlízách (0,08–0,13 %), viz Tab. 46. Lošák (2008) svými pokusy dokazuje, že zvyšováním dávek N se zvyšují obsahy Mg v rosetě (0,34–0,41–0,48 %). V tříletých průměrech nebyl prokázán vliv dávek, druhu hnojiva ani odrůdy na obsah Mg v nati.

Tab. 52 Obsah Mg v nati (% v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,46 aA	0,53 aA	0,50 aA	0,50 aA	0,70 aA	0,59 aA	0,51 aA	0,60 aA
2	M 80 %	0,51 aA	0,56 aA	0,51 aA	0,53 aA	0,70 aA	0,57 aA	0,71 aA	0,66 aA
3	M 60 %	0,57 aA	0,53 aA	0,64 aA	0,58 aA	0,69 aA	0,53 aA	0,59 aA	0,60 aA
4	U 100 %	0,50 aA	0,55 aA	0,47 aA	0,51 aA	0,63 aA	0,52 aA	0,65 aA	0,60 aA
5	U 80 %	0,52 aA	0,49 aA	0,52 aA	0,51 aA	0,72 aA	0,52 aA	0,51 aA	0,58 aA
6	U 60 %	0,54 aA	0,53 aA	0,51 aA	0,53 aA	0,64 aA	0,51 aA	0,45 aA	0,53 aA
7	kontrola	0,55 aA	0,53 aA	0,67 aA	0,58 aA	0,66 aA	0,59 aA	0,51 aA	0,59 aA

## Obsah Cd v nati

Obsahy kadmia nepravidelně kolísaly v rámci variant hnojení. Z hlediska tříletých průměrů nebyly mezi variantami, druhem hnojiva i odrůdami signifikantní rozdíly (Tab. 53). Rop (2002) uvádí, že na zvyšování obsahu Cd v rostlinách brambor má vliv nejen dusíkaté hnojení, ale také ročník a odrůda.

Tab. 53 Obsah Cd v nati ( $\text{mg.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	0,73 bcA	0,50 cAB	0,53 aAB	0,59 aAB	0,56 aAB	0,60 abAB	0,34 aB	0,50 aAB
2	M 80 %	0,92 abA	0,56 cAB	0,46 bB	0,65 aAB	0,51 abAB	0,60 abAB	0,31 abB	0,47 aB
3	M 60 %	0,98 aA	0,66 bAB	0,35 cB	0,66 aAB	0,47 bB	0,67 aAB	0,30 abB	0,48 aAB
4	U 100 %	0,77 bA	0,62 bcAB	0,50 abAB	0,63 aAB	0,48bAB	0,67 aAB	0,29 bB	0,48 aAB
5	U 80 %	0,76 bA	0,66 bAB	0,47 bAB	0,63 aAB	0,47 bAB	0,57 bAB	0,33 aB	0,46 aAB
6	U 60 %	0,62 cAB	0,72 aA	0,64 aAB	0,66 aAB	0,45 bAB	0,55 bAB	0,38 aB	0,46 aAB
7	kontrola	0,80 bA	0,62 bcAB	0,57 aAB	0,66 aAB	0,55 aAB	0,52 bAB	0,34 aB	0,47 aAB

Sumárně byly v natích oproti hlízám zjištěny vyšší obsahy těchto prvků: N, K, Ca, Mg, Cd. Podobně tomu je u makroelementů v Tab. 5 (str. 14), kde je uvedeno složení generativních a vegetativních orgánů brambor.

### 5.1.6 Obsah aminokyselin v hlízách

#### ESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY

##### Obsah methioninu

FAO (1981) uvádí, že první limitující aminokyselinou u brambor je methionin. Methionin je nejen stavební jednotkou bílkovin a nezbytnou aminokyselinou, ale je také donorem aktivních methylových skupin (Karlson, 1981).

Ve tříletých průměrech byl u odrůdy Karin prokázán signifikantně vyšší obsah methioninu u var. 2 (80 % močoviny) a var. 4 (100 % urey stabil) oproti var. 7 (nehnojená kontrola) (Tab. 54). Tyto výsledky lze vysvětlit tak, že vyšší dávky



dusíkatých hnojiv mají pozitivní vliv na tvorbu aminokyselin, resp. methioninu (Marschner, 2012). U odrůdy Red Anna nebyly zjištěny mezi variantami průkazné difference. Odrůda Karin obsahovala u několika variant (var. 2, 3, 4, 6) signifikantně větší množství methioninu než odrůda Red Anna. Mezi druhy hnojiv u obou odrůd nebyl prokázán signifikantní rozdíl v obsazích methioninu. Jiný poznatek na obsah methioninu vlivem dusíkatých hnojiv má Eppendorfer (2006), který tuto problematiku zkoumal rovněž v hlízách brambor. Z jeho výsledků je patrné, že se zvyšujícími dávkami dusíkatých hnojiv se úměrně snižoval obsah methioninu v hlízách. V pokusech Lošáka et al. (2010) aplikovali dusík v močovinně v dávkách 0; 120; 240 kg N.ha<sup>-1</sup> k zrnové kukuřici (*Zea mays* L.). Prokázala se redukce aminokyseliny nejvyšší dávkou N. Vysvětlují to tak, že příčinou tohoto jevu mohl být negativní vliv na cyklus trikarboxylových kyselin nebo deficiencie uhlíkatých skeletů pro asimilaci NH<sub>4</sub><sup>+</sup> do amidů a aminokyselin.

Ćustić et al. (2002) sledovali v pokusech vliv různých dávek N (0; 100; 200 kg N.ha<sup>-1</sup>) na obsah esenciálních aminokyselin v čekance obecné. Obsah methioninu byl průkazně nižší u variant hnojených 100 kg N.ha<sup>-1</sup> (6,8 g.kg<sup>-1</sup>) a 200 kg N.ha<sup>-1</sup> (5,23 g.kg<sup>-1</sup>) než u nehnojené kontroly (8,1 g.kg<sup>-1</sup>).

Lošák et al. (2010a) hnojili cibuli dusíkatými hnojivy. V pokusech použili 2 dávky N: 0,6 g N/nádoba a 1,2 g N/nádoba. Obsahy methioninu se zvyšovaly s dávkou dusíku o 25 %.

Eppendorfer et al. (1979) porovnávali vliv síranu amonného, močoviny a chlévského hnoje na obsah methioninu v hlízách brambor. Se zvyšujícími dávkami dusíku se snižoval obsah methioninu (1,98–1,46 %) v hlízách brambor.

Tab. 54 Obsah methioninu (Met) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,69 bA	1,27 bBC	1,18 bBC	1,38 abB	1,06 bC	1,35 aB	1,10 abBC	1,17 aBC
2	M 80 %	1,65 bA	1,45 abA	1,59 aA	1,56 aA	1,06 bB	1,08 bB	1,15 abB	1,10 aB
3	M 60 %	1,03 cB	1,42 abA	1,55 aA	1,33 abA	1,17 abB	1,15 abB	1,19 aB	1,17 aB
4	U 100 %	1,96 aA	1,53 aB	1,63 aB	1,71 aA	1,02 bC	1,24 abB	1,21 aB	1,16 aBC
5	U 80 %	1,28 bcB	1,20 bBC	1,57 aA	1,35 abB	1,01 bC	1,23 abBC	1,20 aBC	1,15 aBC
6	U 60 %	1,39 bcA	1,31 bA	1,37 abA	1,36 abA	1,25 aA	1,25 abA	1,00 bB	1,17 aB
7	kontrola	1,00 cAB	1,24 bA	1,21 bA	1,15 bAB	0,90 bB	1,05 bAB	0,95 bB	0,97 aB

### Obsah threoninu

Threonin byl první aminokyselinou, o níž bylo dokázáno, že je nezbytná (Karlson, 1981).

V tříletých průměrech u odrůdy Red Anna nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi variantami, výjimkou byla varianta s ureou stabil u odrůdy Karin, kdy se se zvyšující dávkou urey stabil zvyšoval obsah threoninu v hlízách brambor (Karin: 2,80–2,42–2,28  $\text{g.kg}^{-1}$ ) (Tab. 55). Marschner (2012) potvrzuje vliv dusíkatých hnojiv na zvyšování obsahu aminokyselin. Mezi odrůdami nebyly navzájem zjištěny průkazné diference.

Z pokusů Eppendorfera et al. (1979) vylývá, že se zvyšujícími dávkami dusíku se snižoval obsah threoninu (4,08–2,90%) v hlízách brambor.

Tab. 55 Obsah threoninu (Thr) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,52 aA	2,58 abA	2,05 bB	2,38 abAB	2,22 abAB	2,05 aB	2,17 abAB	2,15 aAB
2	M 80 %	2,53 aA	2,46 abA	2,19 abB	2,39 abAB	2,37 abAB	2,29 aAB	2,26 abAB	2,31 aAB
3	M 60 %	2,05 bB	2,87 aA	2,19 abAB	2,37 abAB	2,68 aA	2,06 aB	2,53 aAB	2,42 aAB
4	U 100 %	2,79 aAB	3,04 aA	2,58 aAB	2,80 aAB	2,34 abAB	2,14 aB	2,42 abAB	2,30 aAB
5	U 80 %	2,74 aA	2,23 bB	2,29 abAB	2,42 abAB	2,34 abAB	2,10 aB	2,20 abB	2,21 aB
6	U 60 %	2,47 abA	2,19 bAB	2,18 abAB	2,28 bAB	2,13 bAB	2,26 aAB	2,06 bB	2,15 aAB
7	kontrola	2,50 abA	2,38 abAB	2,33 abAB	2,40 abAB	2,42 abAB	2,20 aB	2,38 abAB	2,33 aAB

### Obsah valinu

Z hlediska tříletých pokusů je zřejmé, že u odrůdy Red Anna byl u hnojených variant 1, 2, 3, 4 a 5 ( $2,76$ ;  $2,85$ ;  $3,02$ ;  $3,02$ ;  $2,91 \text{ g.kg}^{-1}$ ) prokázán signifikantně vyšší obsah valinu než u var. 6 ( $2,38 \text{ g.kg}^{-1}$ ), při použití 60 % urey stabil byl nižší obsah valinu než u shodné dávky močoviny. U odrůdy Karin byl signifikantně vyšší obsah valinu u var. 4 ( $3,87 \text{ g.kg}^{-1}$ ) oproti var. 6 ( $2,86 \text{ g.kg}^{-1}$ ), mezi druhem hnojiva nebyl prokázán signifikantní rozdíl (Tab. 56). Výsledky lze vysvětlit tak, že dusíkatá hnojiva podporují tvorbu aminokyselin, což se částečně prokázalo i na našich pokusech. Mezi odrůdami brambor nebyly zřejmé signifikantní difference.

Ćustić et al. (2002) sledovali vliv různých dávek N ( $0$ ;  $100$ ;  $200 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ) na obsah valinu v čekance obecné. Obsah této aminokyseliny byl průkazně nižší u variant hnojených  $100 \text{ kg N.ha}^{-1}$  ( $8,57 \text{ g.kg}^{-1}$ ) a  $200 \text{ kg N.ha}^{-1}$  ( $8,37 \text{ g.kg}^{-1}$ ) než u nehnojené kontroly ( $10,07 \text{ g.kg}^{-1}$ ).

Tab. 56 Obsah valinu (Val) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	3,01 abAB	3,34 bA	2,69 cB	3,01 abAB	2,78 abB	2,40 bcC	3,10 abAB	2,76 aB
2	M 80 %	3,05 abB	2,98 bcB	3,90 aA	3,31 abAB	2,88 abB	2,62 bcB	3,06 abB	2,85 aB
3	M 60 %	2,64 bC	3,32 bB	3,95 aA	3,30 abB	3,35 aB	2,19 cC	3,51 aAB	3,02 aB
4	U 100 %	3,39 aB	4,22 aA	4,01 aAB	3,87 aAB	2,82 abC	2,68 bC	3,57 aAB	3,02 aB
5	U 80 %	3,31 abA	2,53 bcB	3,08 bA	2,97 abAB	2,91 abAB	2,52 bcB	3,30 abA	2,91 aAB
6	U 60 %	2,80 abAB	2,25 cB	3,54 abA	2,86 bAB	2,28 bB	3,30 aAB	2,57 bB	2,38 bB
7	kontrola	3,20 abA	2,44 bcB	3,32 abA	2,99 abAB	2,51 abB	3,20 aA	3,07 abA	2,59 abB

### Obsah isoleucinu

Z hlediska tříletých průměrů byl u odrůdy Karin prokázán signifikantně vyšší obsah isoleucinu u var. 4 ( $2,68 \text{ g.kg}^{-1}$ ) oproti var. 6 ( $1,91 \text{ g.kg}^{-1}$ ) a var. 7 ( $1,81 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Se zvyšováním dávek urey stabil se zvyšoval obsah isoleucinu v hlízách u odrůdy Karin (Tab. 57). S tímto tvrzením souhlasí také Lošák (2008), prokázal, že dusíkatá výživa průkazně stimuluje obsah isoleucinu v zelenině. Valová (2006) svými pokusy též potvrzuje, že se zvyšujícími dávkami N se signifikantně zvyšuje obsah isoleucinu v hlízách brambor. Mezi druhem hnojiva nebyl prokázán signifikantní rozdíl. U odrůdy Red Anna nebyly zřejmé difference jak mezi jednotlivými variantami hnojení, druhem hnojiva, tak i odrůdou Karin.

Eppendorfer et al. (1985) porovnával kukuřici, čirok a rýži se zvyšováním dávek N na obsah aminokyselin. Se zvyšujícími dávkami N se snižoval obsah aminokyselin, výjimkou byl isoleucin.

Tab. 57 Obsah isoleucinu (Ile) v hlízách ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,94 abB	2,23 bA	1,95 bB	2,04 abAB	1,72 abB	1,55 abC	2,15 abA	1,81 aB
2	M 80 %	1,98 abB	1,98 bcB	2,87 aA	2,28 abAB	1,88 abBC	1,63 abC	2,13 abB	1,88 aBC
3	M 60 %	1,71 abBC	2,23 abB	2,77 aA	2,24 abB	2,15 aBC	1,45 bC	2,42 aAB	2,01 aBC
4	U 100 %	2,22 aB	2,99 aA	2,82 aAB	2,68 aAB	1,87 abBC	1,69 abC	2,56 aAB	2,04 aBC
5	U 80 %	2,14 aAB	2,15 abAB	2,53 abA	2,27 abAB	1,87 abAB	1,58 abB	2,32 abA	1,92 aAB
6	U 60 %	1,89 abB	1,19 cC	2,65 abA	1,91 bB	1,66 abB	2,29 aA	1,66 bB	1,87 aB
7	kontrola	1,50 bB	1,70 bcB	2,24 abA	1,81 bB	1,48 bB	2,16 aA	2,03 abA	1,89 aB

### Obsah leucinu

FAO (1981) uvádí, že leucin je hned za methioninem druhá limitující aminokyselina bramborových hlíz.

U tříletých průměrů se se zvyšujícími dávkami urey stabil zvyšoval obsah leucinu v hlízách brambor (Karin 4,85–3,81–3,79  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Tab. 57). U odrůdy Karin byl signifikantně vyšší obsah leucinu u var. 4 oproti var. 1, 5, 6, 7. 100 % dávky urey stabil dosáhl vyššího obsahu leucinu než shodná dávka močoviny. Odrůda Karin prokazovala signifikantně vyšší obsahy leucinu u var. 1, 2, 4, a 6 než odrůda Red Anna. Podle Marschnera (2012) má vliv zvyšování dávek N na zvyšování obsahu aminokyselin. Podobné výsledky z pokusu mají Eppendorfer et al. (1985), kdy se zvyšujícími dávkami N se zvyšoval obsah leucinu v kukuřici, čiroku i rýži.

Tab. 58 Obsah leucinu (Leu) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	3,82 abA	3,90 bcA	3,39 bAB	3,70bA	3,20 bB	3,07 bB	3,57 abAB	3,28aB
2	M 80 %	3,86 bB	3,84 bcB	4,80 aA	4,17abA	3,58 abBC	3,14 abC	3,58 abBC	3,43 aBC
3	M 60 %	3,09 bC	4,76 bA	4,68 aA	4,18abAB	4,15 aAB	3,18 abC	3,91 aB	3,75aB
4	U 100 %	4,51 aAB	5,26 aA	4,77 aAB	4,85aA	3,55 abBC	3,08 bC	3,94 aB	3,52 aBC
5	U 80 %	4,18 aA	3,26 cBC	4,00 abA	3,81bAB	3,45 aB	3,21 abBC	3,62 abB	3,43 aB
6	U 60 %	3,77 abA	3,19 cB	4,42 abA	3,79bA	3,13 bB	3,38 abB	3,25 bB	3,25aB
7	kontrola	3,91 abAB	3,55 bcAB	4,17 abA	3,88bAB	3,40 abB	3,51 aAB	3,64 abAB	3,52 aAB

### Obsah fenylalaninu

Fenylalanin má úzký vztah k tyrosinu, který patří mezi neesenciální aminokyseliny (Karlson, 1981).

U tříletých průměrů byl obsah fenylalaninu u odrůdy Karin signifikantně vyšší u var. 4 ( $2,50 \text{ g.kg}^{-1}$ ) oproti var. 3 ( $1,54 \text{ g.kg}^{-1}$ ) a var. 7 ( $1,27 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Tím se potvrdily závěry Marschnera (2012), že se zvyšujícími dávkami N dochází ke zvyšování obsahu aminokyselin. Mezi druhy hnojiv nebyl prokázán signifikantní rozdíl (Tab. 59). U odrůdy Red Anna byly výsledky hnojené na variantách 1, 2 a 4 signifikantně vyšší oproti var. 7 (nehnojená kontrola). Rozdíly mezi odrůdami brambor byly signifikantní pouze u var. 4 a 6.

Podle Ježka et al. (2011) má velký vliv na obsah fenylalaninu v hlízách brambor selen, při dávce  $200 \text{ g Se.ha}^{-1}$  byl obsah fenylalaninu vyšší o 46 % vůči kontrole, při dávce  $400 \text{ g Se.ha}^{-1}$  o 31 % vůči kontrole.

Eppendorfer et al. (1985) porovnával kukuřici, čirok a rýži se zvyšováním dávek N na obsah aminokyselin. Se zvyšujícími dávkami N se snižoval obsah aminokyselin, výjimkou byl fenylalanin.

Tab. 59 Obsah fenylalaninu (Phe) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,17 abAB	2,31 aA	2,02 aAB	2,17abAB	1,66 abB	1,86 abB	1,60 abB	1,71 aB
2	M 80 %	2,12 abA	2,19 abA	1,89 abAB	2,06abA	1,99 abAB	1,92 aAB	1,75 abB	1,89 aAB
3	M 60 %	1,68 abB	1,51 bB	1,43 bB	1,54bB	2,24 aA	1,73 abAB	1,55 abB	1,84 abAB
4	U 100 %	2,41 aB	2,98 aA	2,12 aBC	2,50 aB	1,98 abC	2,23 aBC	2,01 aC	2,07 aC
5	U 80 %	2,42 aA	2,12 abAB	1,71 abB	2,08abAB	1,85 abB	1,99 aB	1,94 aB	1,93 abB
6	U 60 %	2,08 abA	2,01 abA	1,77 abAB	1,95abA	1,59 abB	1,34 bB	1,48 bB	1,47 abB
7	kontrola	1,31 bA	1,36 bA	1,14 bB	1,27bAB	1,05 bB	1,12 bB	1,28 bAB	1,15bB

### Obsah histidinu

V tříletých průměrech nebyl v obsahu histidinu prokázán signifikantní rozdíl mezi variantami, druhem hnojiva ani odrůdami brambor (Tab. 60), obsahy histidinu byly mezi odrůdami neprůkazné.

Také Valová (2006) uvádí proměnlivý obsah histidinu ( $0,33\text{--}0,20\text{--}0,25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) v hlízách brambor v závislosti na stupňovaných dávkách N (0; 20; 40  $\text{mg N.kg}^{-1}$ ).

Tab. 60 Obsah histidinu (His) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,03 abB	1,13 bAB	0,94 bB	1,03 aB	1,02 aB	1,16 aAB	1,30 bA	1,16 aAB
2	M 80 %	1,03 abB	1,18 bAB	1,35 aA	1,19 aAB	1,12 aAB	1,32 aA	1,36 bA	1,27 aAB
3	M 60 %	0,90 abB	1,33 abA	1,20 abA	1,14 aAB	1,12 aAB	1,35 aA	1,35 bA	1,27 aAB
4	U 100 %	1,14 aB	1,35 abA	1,29 abAB	1,26 aAB	1,07 aB	1,35 aA	1,36 bA	1,26 aAB
5	U 80 %	1,13 aB	1,05 bB	1,22 abAB	1,13 aB	1,04 aB	1,30 aA	1,30 bA	1,21 aAB
6	U 60 %	1,00 abB	1,48 aA	1,20 abAB	1,23 aAB	0,98 aB	1,14 aB	1,23 bAB	1,12 aB
7	kontrola	0,60 bC	1,10 bB	1,21 abB	0,97 aBC	0,52 bC	1,25 aB	1,47 aA	1,08 aB

## Obsah argininu

V tříletých průměrech u odrůdy Karin byl prokázán signifikantně vyšší obsah argininu u var. 4 (3,27 g.kg<sup>-1</sup>) oproti var. 2, 3, 6 a 7, mezi druhy hnojiv nebyl prokázán signifikantní rozdíl. U odrůdy Red Anna byla var. 7 (nehnojená kontrola) signifikantně nižší než téměř všechny hnojené varianty, kromě var. 1. (Tab. 61). Mezi druhy hnojiv nebyl prokázán signifikantní rozdíl. Mezi odrůdami nebyly zjištěny difference. Podobně tomu bylo u pokusu Eppendorfera, Egguma (1995), kteří zkoumali vliv N-hnojiv na obsah aminokyselin v mrkvi. Dospěli k závěru, že zvyšováním dávek N se snižoval obsah esenciálních aminokyselin, výjimkou byl arginin, jeho obsah se zvyšoval.

Tab. 61 Obsah argininu (Arg) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,95 aA	2,88 abA	2,70 abAB	2,84 abA	2,50 bAB	2,30 aB	2,85 abA	2,55 abAB
2	M 80 %	2,89 abB	2,61 abB	2,40 bC	2,63 bBC	2,70 bB	2,50 aB	3,64 aA	2,95 aAB
3	M 60 %	2,35 abB	3,10 abA	2,49 bAB	2,65 bAB	3,21 aA	2,35 aB	3,03 abAB	2,86 aAB
4	U 100 %	3,14 aAB	3,55 aA	3,11 aAB	3,27 aAB	2,64 bAB	2,57 aB	3,37 abAB	2,86 aAB
5	U 80 %	3,27 aA	2,24 bB	2,97 aAB	2,83 abAB	2,70 bAB	2,45 aAB	3,46 abA	2,87 aAB
6	U 60 %	2,75 abB	2,57 abB	2,74 abB	2,69 bB	2,49 bcB	2,75 aB	3,23 abA	2,82 a AB
7	kontrola	2,20 bAB	2,44 abAB	2,52 bAB	2,39 bAB	2,06 cB	2,76 aA	2,45 bAB	2,42 bAB

## Obsah lysinu

Z tříletých průměrů lze říci, že hnojená var. 4 u odrůdy Karin byla signifikantně vyšší než var. 7, mezi druhy hnojiv nebyly signifikantní rozdíly. U odrůdy Red Anna nebyly signifikantní rozdíly mezi variantami i druhem hnojiva. Mezi odrůdami nebyly zřejmé rozdíly.

Valová (2006) ve své práci uvádí, že stupňované dávky N měly vliv na snižování obsahu lysinu v hlízách brambor, kdy nehnojená varianta měla o 53 % vyšší obsah než varianta hnojená 40 mg N.kg<sup>-1</sup>.

Eppendorfer (1977) se ve svých pokusech zaměřil na jílek a oves, které hnožil různými dávkami N a sledoval obsah aminokyselin u těchto plodin. U jílku zjistil, že



zvyšováním dávek N se snižoval obsah lysinu, celkový obsah aminokyselin u ovsa byl v porovnání vyšší než u jílku, a také poměr lysin + arginin:prolin byl vyšší.

Ćustić et al. (2002) prováděli pokusy s různými dávkami N (0; 100; 200 kg N.ha<sup>-1</sup>) a sledovali jejich vliv na obsah esenciálních aminokyselin v čekance obecné. Obsah lysinu byl průkazně nižší u variant hnojených 100 kg N.ha<sup>-1</sup> (6,3 g.kg<sup>-1</sup>) a 200 kg N.ha<sup>-1</sup> (6,1 g.kg<sup>-1</sup>) než u nehnojené kontroly (6,5 g.kg<sup>-1</sup>).

Tab. 62 Obsah lysinu (Lys) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	3,39 abA	3,51 bcA	2,82 bB	3,24 abA	3,14 bAB	2,65 aB	3,35 abA	3,05 aAB
2	M 80 %	3,41 abB	3,27 abBC	4,33 aA	3,67 abB	3,40 aB	2,80 aC	3,29 abBC	3,16 aBC
3	M 60 %	2,96 abB	3,82 bA	3,97 aA	3,58 abA	3,62 aA	2,79 aB	3,46 abA	3,29 aAB
4	U 100 %	3,85 aAB	4,58 aA	4,12 aAB	4,18 aAB	3,31 abAB	2,96 aB	3,75 aAB	3,34 aAB
5	U 80 %	3,77 aA	3,09 cAB	3,55 abAB	3,47 abAB	3,31 abAB	2,91 aB	3,44 abAB	3,22 aAB
6	U 60 %	3,20 abB	2,94 cB	3,75 abA	3,30 abAB	3,04 bB	3,19 aB	2,98 bB	3,07 aB
7	kontrola	2,70 bAB	2,83 cAB	3,47 abA	3,00 bAB	2,42 cB	3,10 aAB	3,46 abA	2,99 aAB

## NEESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY

### Obsah cysteinu

Cystein je aminokyselina obsahující síru (Karlson, 1981). Podle Čepla et al. (2012) patří cystein mezi limitující aminokyseliny brambor. Nehnojené varianty (kontroly) v tříletých průměrech dosáhly v našem experimentu (Tab. 63) signifikantně nižších obsahů cysteinu (Karin 1,06; Red Anna 0,86 g.kg<sup>-1</sup>) oproti ostatním hnojeným variantám. V pokusech Lošáka et al. (2010a) se obsahy cysteinu v cibuli zvyšovaly s dávkou dusíku o 39,8 %.

Mezi druhy hnojiv nebyly známy difference. Obsah cysteinu byl signifikantně vyšší u odrůdy Karin (1,06–1,53 g.kg<sup>-1</sup>) oproti odrůdě Red Anna (0,86–1,15g.kg<sup>-1</sup>). Podle Eppendorfera a Billeho (1996) je obsah aminokyselin podmíněn geneticky, čímž autor vysvětluje rozdíly u jednotlivých odrůd.

Tab. 63 Obsah cysteinu (Cys) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,19 abAB	1,27 aA	1,24 bA	1,23 aA	1,08 aB	1,22 aA	1,04 aB	1,11 aB
2	M 80 %	1,24 aBC	1,32 aB	1,87 aA	1,48 aAB	0,99 aC	1,25 aBC	1,02 aC	1,09 aC
3	M 60 %	0,99 abC	1,30 aB	1,83 aA	1,37 aAB	1,14 aC	1,25 aB	1,06 aC	1,15 aC
4	U 100 %	1,29 aBC	1,34 aB	1,84 aA	1,49 aAB	1,04 aC	1,10 aBC	1,02 aC	1,05 aC
5	U 80 %	1,31 aB	1,37 aB	1,91 aA	1,53 aAB	0,96 aC	1,07 aC	1,01 aC	1,01 aC
6	U 60 %	1,17 abC	1,35 aB	1,72 aA	1,41 aAB	1,12 aC	1,25 aBC	0,92 aC	1,10 aC
7	kontrola	0,72 bC	1,24 aA	1,23 bA	1,06 bAB	0,58 bC	1,07 aAB	0,93 aB	0,86 bC

### Obsah kyseliny asparagové

Z hlediska tříletých průměrů byl prokázán u odrůdy Karin statisticky vyšší obsah kyseliny asparagové u var. 4 ( $13,31 \text{ g.kg}^{-1}$ ) oproti var. 1, 2, 3, 6, a 7. Mezi močovinou a ureou stabil byla značná diference ku prospěchu urey stabil. U odrůdy Red Anna nebyly zřejmé diference mezi variantami ani druhem hnojiva. Mezi odrůdami nenastaly jakékoliv diference. V souladu s našimi výsledky i Vivanti et al. (2006) svými pokusy vyvrátili vliv odrůdy na obsah kyseliny asparagové. Kyselina asparagová dosahovala nejvyšších obsahů mezi ostatními aminokyselinami. Podle Richtera (1980) se při vyšších dávkách N přednostně syntetizuje kyselina asparagová v hlízách brambor ve srovnání s ostatními aminokyselinami.

Matsuura-Endo et al. (2006) zkoumali obsah kyseliny asparagové u různých odrůd brambor na jednom stanovišti. Rozdíly v obsahu kyseliny asparagové byly  $3,8\text{--}5,3 \text{ mg.g}^{-1}$  v suché hmotě.

Některé studie potvrzují vliv dusíkatého hnojení na obsah kyseliny asparagové v hlízách (Amrein et al., 2003).

De Wilde et al. (2006) analyzovali bramborové hlízy 3 odrůd se 3 dávkami dusíku (100 % N, 50 % N, 0 % N). Z výsledků je patrné, že zvyšováním dávek dusíku narůstal obsah aminokyselin a též i obsah kyseliny asparagové ( $1,78\text{--}1,06\text{--}1,11$ ;  $1,69\text{--}1,23\text{--}0,90$ ;  $1,56\text{--}1,18\text{--}0,97 \text{ g.kg}^{-1}$ ).

Osaki et al. (1995) dokázali, že forma dusíku (amonná nebo nitrátová) nemá vliv na obsah kyseliny asparagové v hlízách.

Eppendorfer (1996) prokázal svými pokusy, že po hnojení dusíkem byla kyselina asparagová zastoupena ve fazolích a bramborách v množství 29–55 % a 33–59 % ze všech aminokyselin.

Tab. 64 Obsah kyseliny asparagové (Asp) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	11,62 abAB	11,76 abAB	10,51 bB	11,30 bcAB	10,77 aB	10,87 bB	12,84 cA	11,49 aAB
2	M 80 %	10,83 bB	11,00 bB	14,26 aA	12,03 bAB	11,02 aB	11,86 aB	12,81 cAB	11,90 aB
3	M 60 %	8,87 cC	12,35 aB	11,91 abBC	11,04 cBC	9,99 abBC	10,50 bBC	14,22 bA	11,57 aBC
4	U 100 %	12,79 aAB	13,18 aAB	13,95 aAB	13,31 aAB	9,66 bC	11,53 aBC	15,47 aA	12,22 aB
5	U 80 %	12,72 aAB	11,11 bAB	13,21 aAB	12,35 abAB	10,85 aB	10,68 bB	13,70 bcA	11,74 aAB
6	U 60 %	10,78 bAB	12,43 aAB	12,68 abA	11,96 bcAB	10,53 aB	10,94 bAB	12,66 cA	11,38 aAB
7	kontrola	8,60 cD	9,94 cBC	12,65 abAB	10,40 cBC	9,10 bC	11,54 aB	14,06 bA	11,57 aB

### Obsah serinu

Serin může vytvářet díky přítomnosti alkoholické hydroxylové skupiny estery, které mohou být s kyselinou fosforečnou stavební jednotkou některých bílkovin a fosfatidů (Karlson, 1981).

V tříletých průměrech nepravidelně kolísaly obsahy serinu v hlízách brambor. Nebyly prokázány významné rozdíly mezi druhem, dávkami hnojiv i odrůdami.

Svobodová (2006) uvádí, že zvyšováním dávek N (0; 60; 120  $\text{kg N.ha}^{-1}$ ) se snižoval obsah serinu v hlízách brambor (0,69–0,60–0,48  $\text{g.kg}^{-1}$ ).

Tab. 65 Obsah serinu (Ser) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,72 abA	2,83 abA	1,91 aC	2,49 aAB	2,43 bAB	2,39 aB	2,35 bB	2,39 aB
2	M 80 %	2,73 abA	2,64 bA	1,77 abB	2,38 aAB	2,59 abA	2,70 aA	2,33 bAB	2,54 aA
3	M 60 %	2,23 bC	3,45 aA	1,39 bD	2,36 aBC	2,88 aB	2,68 aBC	2,66 aBC	2,74 aB
4	U 100 %	2,98 aA	3,01 abA	2,05 aC	2,68 aAB	2,55 abB	2,63 aAB	2,52 aB	2,57 aB
5	U 80 %	2,98 aA	2,54 bB	1,88 aC	2,47 aB	2,57 abB	2,57 aB	2,28 bB	2,47 aB
6	U 60 %	2,66 abA	2,68 bA	1,68 abB	2,34 aA	2,31 bA	2,53 aA	2,33 bA	2,39 aA
7	kontrola	2,45 bAB	2,63 bAB	1,74 abC	2,27 aB	2,22 bB	2,46 aAB	2,82 aA	2,50 aAB

## Obsah kyseliny glutamové

V tříletých průměrech byl u odrůdy Karin prokázán signifikantně vyšší obsah kyseliny glutamové u var. 4 oproti var. 1, 5, 6 a 7 (Tab. 66). Větší vliv na obsah kyseliny glutamové měla nejvyšší dávka urey stabil ( $9,02 \text{ g.kg}^{-1}$ ) oproti shodné dávce močoviny ( $7,12 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Odrůda Karin prokázala u var. 2, 3 a 4 vyšších obsahů kyseliny glutamové oproti odrůdě Red Anna.

Svobodová (2006) uvádí, že se zvyšujícími dávkami dusíku ( $60; 120 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ) se snižuje obsah kyseliny glutamové v hlízách brambor ( $1,67\text{--}1,39 \text{ g.kg}^{-1}$ ), kontrolní (nehnojená) varianta vykazovala nejvyšší obsah kyseliny glutamové ( $2,19 \text{ g.kg}^{-1}$ ). V tříletých průměrech patřil obsah kyseliny glutamové k nejvyšším obsahům u jednotlivých aminokyselin ( $6,61\text{--}9,02 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Podle Mitruse et al. (2003) vzniká nejintenzivěji v hlízách brambor kyselina glutamová a kyselina asparagová.

Eppendorfer et al. (1985) porovnávali obsah aminokyselin v kukuřici, čiroku a rýži pod vlivem stupňovaných dávek N. Se zvyšujícími dávkami N se snižoval obsah aminokyselin, výjimkou byla kyselina glutamová.

Tab. 66 Obsah kyseliny glutamové (Glu) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$  v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	6,62 aBC	7,50 abB	7,23 bB	7,12 bB	5,22 bC	5,56 aC	9,06 aA	6,61 bBC
2	M 80 %	6,61 aC	6,99 abC	10,76 aA	8,12 abB	5,73 bC	5,88 aC	9,13 aB	6,91 abC
3	M 60 %	4,73 bD	8,01 aB	11,82 aA	8,19 abB	6,89 aC	5,72 aCD	9,80 aB	7,47 aC
4	U 100 %	7,60 aBC	8,31 aB	11,14 aA	9,02 aB	5,31 bD	5,59 aD	10,37 aA	7,09 abC
5	U 80 %	7,63 aB	5,40 bC	8,82 bAB	7,28 bB	5,67 bC	5,58 aC	9,70 aA	6,98 abB
6	U 60 %	6,33 aB	6,62 abB	9,54 abA	7,50 bAB	5,09 bC	5,89 aC	8,96 aA	6,65 bB
7	kontrola	6,50 aB	5,99 bBC	9,82 abA	7,44 bAB	5,40 bC	5,63 aBC	10,12 aA	7,05 abAB

## Obsah prolinu

V roce 2011 byl obsah prolinu signifikantně vyšší než v ostatních letech. Podle Zrůsta (1994) to může být zapříčiněno stresovými faktory, jako např. nedostatek vláhy. V našem pokusu tomu bylo podobně, kdy rok 2011 patřil k velmi suchým ročníkům.

V tříletých průměrech byl u odrůdy Karin signifikantně vyšší obsah prolinu u var. 4 (5,54 g.kg<sup>-1</sup>) oproti var. 1 (3,60 g.kg<sup>-1</sup>), 2 (3,89 g.kg<sup>-1</sup>), 3 (4,38 g.kg<sup>-1</sup>) a 6 (4,28 g.kg<sup>-1</sup>). Var. 3, 4 a 5 u odrůdy Red Anna byly signifikantně vyšší než var. 1. Po aplikaci 80 % urey stabil bylo dosaženo vyššího obsahu prolinu než 100 % močoviny. Zde se též prokázala signifikantně vyšší diference u urey stabil oproti shodné dávce močoviny. Mezi odrůdami nenastaly žádné diference.

Valová (2006) naopak uvádí, že se zvyšováním dávek N se obsah prolinu v hlízách brambor zvyšuje, nehnojená varianta byla o 60 % nižší než varianta hnojená 40 mg N.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 67 Obsah prolinu (Pro) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	3,06 abB	5,79 cA	1,96 bC	3,60 cB	3,84 abB	6,13 bA	3,25 abB	4,41 bAB
2	M 80 %	2,54 bC	6,43 cAB	2,70 abC	3,89 bcBC	4,48 aB	8,41 aA	3,24 abC	5,38 abB
3	M 60 %	3,44 aCD	6,99 bcB	2,72 abD	4,38 bBC	3,36 bCD	9,14 aA	3,75 aC	5,42 aBC
4	U 100 %	3,23 aC	10,12 aA	3,28 aC	5,54 aB	3,72 bC	9,18 aA	3,50 abC	5,47 aB
5	U 80 %	3,59 aC	7,94 bA	3,27 aC	4,93 abB	3,68 bC	8,90 aA	3,71 aC	5,43 aB
6	U 60 %	3,55 aCD	6,61 bcB	2,69 abD	4,28 bBC	3,82 abC	8,79 aA	2,97 bCD	5,19 abBC
7	kontrola	3,50 aC	8,47 abA	2,70 abC	4,89 abB	3,90 abC	8,68 aA	3,42 abC	5,33 abB

### Obsah glycinu

Glycin se hojně vyskytuje v podpurných a strukturních bílkovinách, které napomáhají zpevnit vlasy, nehty, ptací peří (Karlson, 1981).

U tříletých průměrů odrůdy Karin byly signifikantně vyšší obsahy glycinu u var. 4 oproti var. 1, 5 a 6. Nejvyšší dávka urey stabil prokázala signifikantně vyšší obsah glycinu než shodná dávka močoviny, pomocí 80 % urey stabil bylo dosaženo podobného obsahu jako 100 % močoviny. U odrůdy Red Anna byly obsahy glycinu proměnlivé. Mezi druhy hnojiv nebyly zřejmé signifikantní rozdíly. Mezi odrůdami rovněž nebyly signifikantní rozdíly v obsahu glycinu.

Lošák (2008) uvádí, že obsah glycinu v rosetě narůstá s aplikovanou dávkou dusíku (11,86–19,66–28,09 g.kg<sup>-1</sup>).

Tab. 68 Obsah glycinu (Gly) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,23 abAB	2,38 abA	1,80 bB	2,14 bAB	2,05 abAB	1,93 bB	2,01 aAB	2,00 aAB
2	M 80 %	2,26 abAB	2,19 bB	2,63 abA	2,36 abAB	2,18 abB	2,18 abB	2,06 aB	2,14 aB
3	M 60 %	1,95 bB	2,78 aA	2,91 aA	2,55 abAB	2,37 aAB	2,15 abB	2,21 aB	2,24 aAB
4	U 100 %	2,58 aAB	2,97 aA	2,73 aA	2,76 aAB	2,20 abB	2,14 abB	2,13 aB	2,16 aB
5	U 80 %	2,38 abA	2,10 bA	2,34 abA	2,27 bA	2,15 abA	2,15 abA	2,07 aA	2,12 aA
6	U 60 %	2,18 abAB	2,09 bAB	2,46 abA	2,24 bAB	1,97 bB	2,28 abAB	1,88 aB	2,04 aAB
7	kontrola	2,50 aA	2,24 abB	2,51 abA	2,42 abAB	2,42 aAB	2,31 aAB	2,20 aB	2,31 aAB

### Obsah alaninu

Alanin lze považovat za matečnou látku všech ostatních aminokyselin, protože při nahrazení jednoho nebo dvou vodíků methylové skupiny jinými zbytky dávají vznik jiným aminokyselinám (Karlson, 1981). Alanin je prekurzorem vitamínu B<sub>5</sub> a součástí některých peptidů (Vodrážka, 1996).

V tříletých průměrech nebyl prokázán rozdíl v obsahu alaninu mezi variantami, druhem hnojiva i odrůdami (Tab. 69).

Valová (2006) je také toho názoru, že aplikací různých dávek dusíkatých hnojiv je obsah alaninu v hlízách brambor nepravidelný. U hnojených variant se pohybuje v rozmezí 0,43–0,47 g.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 69 Obsah alaninu (Ala) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	2,87 abA	2,93 abA	2,11 bB	2,64 aAB	2,62 bAB	2,62 bAB	2,31 bB	2,52 aAB
2	M 80 %	2,77 abAB	2,95 abA	3,07 aA	2,93 aA	2,86 abAB	3,13 aA	2,41 abB	2,80 aAB
3	M 60 %	2,39 bC	3,25 aA	3,12 aAB	2,92 aAB	3,06 abAB	2,77 abB	2,69 abB	2,84 aAB
4	U 100 %	3,15 aAB	3,49 aA	2,92 abAB	3,19 aAB	2,68 abB	3,13 aAB	2,56 abB	2,79 aAB
5	U 80 %	3,12 aA	2,65 bAB	2,53 abB	2,77 aAB	2,80 abB	2,89 abAB	2,58 abB	2,76 aB
6	U 60 %	2,79 abAB	2,93 abA	2,73 abAB	2,82 aAB	2,62 bAB	3,16 aA	2,38 abB	2,72 aAB
7	kontrola	2,73 abAB	2,62 bAB	2,51 abB	2,62 aAB	3,15 aA	3,14 aA	2,78 aAB	3,02 aA

## Obsah tyrosinu

V tříletých průměrech nepravidelně kolísaly obsahy tyrosinu s aplikovanou dávkou hnojiva. U obou odrůd nebyly prokázány signifikantní rozdíly v aplikovaných dávkách hnojiv.

V pokusech Valové (2006) též kolísaly obsahy tyrosinu s aplikovanou dávkou (2,02–1,41–1,72 mg N.kg<sup>-1</sup>). Snižování obsahu tyrosinu s aplikovanou dávkou dusíku v hlízách brambor uvádí Rop et al. (2009), kdy při 120 kg N.ha<sup>-1</sup> byl obsah tyrosinu 1,0 g.kg<sup>-1</sup> a u nehnojené varianty 1,1 g.kg<sup>-1</sup>. Svobodová (2006) udává, že obsahy tyrosinu v hlízách brambor byly průkazně vyšší u nehnojené varianty (2,02 g.kg<sup>-1</sup>) než u ostatních variant hnojených dusíkem, které byly v rozmezí 1,41–1,85 g.kg<sup>-1</sup>.

Tab. 70 Obsah tyrosinu (Tyr) v hlízách (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	1,57 abAB	1,57 bAB	1,33 bB	1,49 aAB	1,38 bAB	1,68 aA	1,53 bcAB	1,53 aAB
2	M 80 %	1,50 abB	1,45 bB	1,66 abA	1,54 aAB	1,53 abAB	1,82 aA	1,54 bcAB	1,63 aA
3	M 60 %	1,30 bB	2,03 abA	1,77 aAB	1,70 aAB	1,75 aAB	1,78 aAB	1,57 bAB	1,70 aAB
4	U 100 %	1,71 abAB	2,14 aA	1,66 abAB	1,84 aAB	1,62 abAB	1,79 aAB	1,59 bB	1,67 aAB
5	U 80 %	1,77 abA	1,72 abA	1,48 abAB	1,66 aA	1,56 abAB	1,66 aA	1,30 cB	1,51 a AB
6	U 60 %	1,39 abB	1,76 abA	1,75 aA	1,63 aAB	1,64 abAB	1,69 aAB	1,45 bcAB	1,59 aAB
7	kontrola	1,89 aA	1,70 abAB	1,75 aAB	1,78 aAB	1,81 aA	1,56 aB	1,88 aA	1,75 aAB

## Obsah esenciálních aminokyselin

V tříletých průměrech u odrůdy Karin byl signifikantní rozdíl mezi variantami a druhem hnojiva (Tab. 71). U varianty s ureou stabil se s nejvyšší dávkou N (var. 4) signifikantně zvyšoval obsah esenciálních aminokyselin oproti všem ostatním variantám, zatímco u močoviny nebyly zřejmé difference. U odrůdy Red Anna se s aplikovanou dávkou močoviny snižoval obsah esenciálních aminokyselin, a to průkazně u var. 1 (19,64 g.kg<sup>-1</sup>) oproti var. 2 (20,84 g.kg<sup>-1</sup>) a 3 (21,63 g.kg<sup>-1</sup>). U urey stabil tomu bylo naopak, kdy se zvyšující dávkou se zvyšoval obsah esenciálních

aminokyselin (21,57–20,85–19,30 g.kg<sup>-1</sup>). Varianta s nejvyšší dávkou urey stabil byla v obsahu esenciálních aminokyselin u obou odrůd signifikantně vyšší než shodná dávka močoviny. Na nehnojených variantách byly naměřeny nejnižší obsahy esenciálních aminokyselin. Tyto výsledky lze odůvodnit pozitivním vlivem urey stabil na biosyntézu aminokyselin, kdy byl amonný iont urey stabil lépe asimilován rostlinou.

De Wilde et al. (2006) svými pokusy potvrzují, že zvyšováním dávek dusíku (100 %, 50 %, 0 %) se zvyšuje obsah esenciálních aminokyselin.

Tab. 71 Suma esenciálních aminokyselin (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	22,52 bAB	23,15 bA	19,74 cB	21,79 bcAB	19,30 bcC	18,39bB	21,19 bB	19,64 bB
2	M 80 %	22,52 bB	21,96 bBC	25,32 aA	23,26 bB	20,98 bBC	19,30 aC	22,22 abB	20,84 aC
3	M60 %	18,41 cC	24,36 aA	24,23 abA	22,33 bB	23,69 aAB	18,25 bC	22,95 abB	21,63 aB
4	U 100 %	25,41 aB	29,50 aA	26,45 aAB	27,12 aA	20,60 bC	19,94 aC	24,19 aB	21,57 aBC
5	U 80 %	24,24 aA	19,87 bcC	22,92 bB	22,33 bB	20,48 bBC	19,29 aC	22,78 abB	20,85 abBC
6	U 60 %	21,35 bB	19,13 bcC	23,62 abA	21,37bcB	18,55 bcC	20,90 aBC	19,46 bC	19,30 bC
7	kontrola	18,92 cB	19,04 cB	22,61 bA	19,86 cB	16,76 cC	20,35 aAB	20,73 bAB	18,94 bB

### Obsah neesenciálních aminokyselin

V tříletých průměrech u odrůdy Karin byl prokázán signifikantně vyšší obsah neesenciálních aminokyselin u var. 4 (39,82 g.kg<sup>-1</sup>) oproti ostatním variantám hnojení. U variant hnojených ureou stabil se obsahy neesenciálních aminokyselin zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva, u variant s močovinou tomu bylo naopak, kdy se obsahy neesenciálních aminokyselin s dávkou snižovaly. Varianta s nejvyšší dávkou urey stabil u odrůdy Karin byla v obsahu neesenciálních aminokyselin signifikantně vyšší (39,82 g.kg<sup>-1</sup>) než shodná dávka močoviny (32,00 g.kg<sup>-1</sup>). Nehnojená varianta s nejvyšší dávkou močoviny patřily mezi varianty s nejnižšími obsahy neesenciálních aminokyselin. U odrůdy Red Anna byl obsah neesenciálních aminokyselin u nejvyšší dávky močoviny signifikantně nižší než ostatní varianty. Nejvyšší dávka urey stabil měla signifikantně vyšší obsah neesenciálních aminokyselin než shodná dávka močoviny. Mezi odrůdami nebyly zřejmé diference. Stejně jako u esenciálních



aminokyselin, tak i u neesenciálních lze tyto výsledky odůvodnit pozitivním vlivem urey stabil na biosyntézu aminokyselin, kdy byl amonný iont urey stabil lépe asimilován rostlinou.

Valová (2006) uvádí, že obsah neesenciálních aminokyselin (9,73; 7,59; 6,61 g.kg<sup>-1</sup>) se snižuje s aplikovanou dávkou N (0; 20; 40 mg N.kg<sup>-1</sup>). V tříletých průměrech byl obsah neesenciálních aminokyselin v hlízách brambor vyšší (32,00– 39,28 g.kg<sup>-1</sup>) než obsah esenciálních aminokyselin (18,94–23,26 g.kg<sup>-1</sup>). Mitrus et al. (2003) uvádějí, že přednostně jsou zabudovány neesenciální aminokyseliny.

Tab. 72 Suma neesenciálních aminokyselin (g.kg<sup>-1</sup> v sušině)

var. č.	schéma	KARIN				RED ANNA			
		2010	2011	2012	průměr	2010	2011	2012	průměr
1	M 100 %	31,88 bB	36,03 cA	28,09 cC	32,00 cB	29,39 bC	32,40 cB	34,39 cA	32,06 bB
2	M 80 %	30,48 bC	34,97 cB	38,72 aA	34,72 bcB	31,38 aC	37,23 aA	34,54 cB	34,38 aB
3	M60 %	25,90 dD	40,16 bA	37,47 aB	34,51 bcB	31,44 aC	35,99 abBC	37,96 aB	35,13 aB
4	U 100 %	35,33 aC	44,56 aA	39,57 aB	39,82 aB	28,78 bD	37,09 aBC	39,16 aB	34,68 aC
5	U 80 %	35,50 aA	34,83 cA	35,44 bA	35,26 bA	30,24 abB	35,50 bA	36,35 bA	34,03 aA
6	U 60 %	30,85 bBC	36,47 cA	35,25 bAB	34,19 bcB	29,10 bC	36,53 abA	33,55 cB	33,06 abB
7	kontrola	28,89 cC	34,83 cB	34,91 bB	32,88 cB	28,58 bC	36,39 abB	38,21 aA	34,39 aB

## 5.2 Nádobový pokus

### 5.2.1 Změny v obsazích $N_{\min}$ v půdě v průběhu času

#### Stanovení obsahu $N_{\min}$ v půdě ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

Zhengping (1991) uvádí, že aktivita enzymu ureázy je vyšší na půdách s vyšším obsahem organické hmoty v závislosti na aktivitě půdních mikroorganismů a roste s teplotou půdy.

U kontrolní nehnojené varianty se počáteční obsah  $N_{\min}$   $10,8 \text{ mg.kg}^{-1}$  zvýšil v průběhu 12 dnů na  $15,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , přičemž jednoznačně převažovala nitrátová forma nad formou amonnou. Obsah  $\text{NH}_4^+$  se výrazněji navýšil 6 dnů od začátku experimentu jako důsledek mineralizace půdní organické hmoty. Následný pokles obsahu  $\text{NH}_4^+$  byl důsledkem nitrifikace, kdy mezi 6. a 12. dnem pokusu se celkový obsah  $N_{\min}$  neměnil ( $15,8$ , resp.  $15,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), ovšem narůstal podíl  $\text{NO}_3^-$  (Tab. 73). Pokles obsahu  $N_{\min}$  mezi 12. a 24. dnem byl zřejmě důsledkem imobilizace N mikroorganismy.

Po aplikaci LAV ve formě roztoku se obsah  $N_{\min}$  s přibývajícím dny zvyšoval až dosáhl nejvyšší hodnoty ze všech aplikovaných hnojiv ( $80,2$ – $138,4$ – $148,4$ – $183,8$ – $209,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), přičemž stejně jako u kontrolní varianty jednoznačně převažovala nitrátová forma nad formou amonnou. Mezi 3. až 6. dnem se obsah  $\text{NH}_4^+$  zvýšil v důsledku mineralizace přibližně o 50 %. Výraznější nitrifikaci spojenou s nárůstem obsahu  $\text{NO}_3^-$  můžeme pozorovat teprve po 3., resp. 6. dni. Po 24 dnech byla převážná část amonného N znitifikována (Tab. 73). Analýzou zeminy po 24 dnech od aplikace hnojiva LAV ve formě granulí byl zjištěn poloviční obsah  $N_{\min}$  ( $92,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) oproti variantě se shodným hnojivem ovšem aplikovaným na počátku experimentu do zeminy po rozpuštění granulí formou zálivky ( $195,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

Při porovnání močoviny a močoviny s inhibítorem je možno pozorovat nejvýznamnější rozdíl po 3 dnech od zahájení experimentu. Celkový obsah  $N_{\min}$  byl vyšší po aplikaci močoviny –  $52,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  oproti močovině s inhibítorem –  $40,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , přičemž po aplikaci močoviny byl obsah  $\text{NH}_4^+$   $34,2 \text{ mg.kg}^{-1}$  oproti  $25,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  po aplikaci močoviny s inhibítorem v hnojivu urea stabil. Inhibitor tedy zafungoval, což se odrazilo na nižším obsahu amonného N v zemině po 3, resp. ještě po 6 dnech od aplikace hnojiva. 12. den po aplikaci obou hnojiv již nebylo rozdílů v obsazích  $\text{NH}_4^+$  ani v celkových obsazích  $N_{\min}$ . K podobným závěrům dospěla rovněž Wollnerová (2010), která ve své práci porovnávala vliv inhibítora ureázy na hydrolýzu

močoviny v půdě. Po 4 dnech po aplikaci hnojiv došlo k nárůstu  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  u variant hnojených močovinou na 7,1 a 1,8 mg N.100 g<sup>-1</sup>, zatímco po aplikaci močoviny s inhibítorem ureázy pouze na 2,0, resp. 2,4 mg N.100 g<sup>-1</sup>.

Prakash et al. (1998) zkoumali ztráty dusíku vyplavením z půdy po aplikaci močoviny a močoviny s inhibítorem ureázy. Ve svých pokusech simulovali každodenní srážky v množství 5 mm po 6 dnů. Po aplikaci močoviny byly ztráty ve formě  $\text{NH}_4^+$  21 %, po aplikaci močoviny s inhibítorem ureázy 17 %. Důvodem je zpomalení hydrolýzy močoviny pomocí inhibitoru ureázy. Ztráty dusíku vyplavením z půdy ve formě  $\text{NO}_3^-$  byly po aplikaci močoviny 14 %, 8 %  $\text{NO}_3^-$  po aplikaci močoviny s inhibítorem ureázy.

Při porovnání celkových obsahů  $N_{\text{min}}$  po 24 dnech experimentu (Tab. 73) u variant s počáteční aplikací granulovaných hnojiv nebylo zjištěno zásadních rozdílů mezi LAV a močovinou (92,9 mg.kg<sup>-1</sup>, resp. 85,3 mg.kg<sup>-1</sup>). Nicméně varianta s močovinou obohacenou o inhibitor aplikovanou ve formě granulí vykazala po 24 dnech dvojnásobný obsah  $N_{\text{min}}$  (160,2 mg.kg<sup>-1</sup>) v porovnání s klasickou močovinou (85,3 mg.kg<sup>-1</sup>).

Tab. 73 Obsah  $N_{\min}$  v půdě ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

dny	kontrola			LAV			močovina			urea stabil		
	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$N_{\min}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$N_{\min}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$N_{\min}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$N_{\min}$
start	1,9	8,9	10,8	13,8	66,4	80,2	6,3	8,0	14,3	5,3	9,0	14,3
za 1	2,4	10,4	12,8	15,0	123,4	138,4	9,3	10,7	20,0	8,1	22,0	30,1
za 3	1,7	9,8	11,5	21,6	126,8	148,4	34,2	17,8	52,0	25,4	15,1	40,5
za 6	3,4	12,1	15,5	32,2	151,6	183,8	40,8	24,0	64,8	36,2	42,3	78,5
za 12	1,2	14,6	15,8	14,4	194,9	209,3	23,3	93,9	117,2	23,2	100,3	123,5
za 24	0,9	10,9	11,8	4,6	191,1	195,7	5,7	169,9	175,6	13,9	110,2	124,1
za 24 (granule)	1,7	9,9	11,6	13,8	79,1	92,9	5,0	80,3	85,3	11,1	149,1	160,2

### 5.2.2 Stanovení obsahu živin a půdní reakce pomocí metody Mehlich III

#### 24. den po aplikaci hnojiv ve formě roztoku

Hodnoty půdní reakce a obsah přístupných živin v půdě se po 24 dnech experimentu z hlediska kategorií zásobenosti nezměnily. Obsah P poklesl u hnojených variant o 5–11  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oproti nehnojené variantě. Podle Marschnera (2012) to může být zapříčiněno antagonistickým vztahem mezi  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

Tab. 74 Výsledky stanovení pH a živin pomocí Mehlich III po aplikaci hnojiv ve formě roztoku

	<b>mg.kg<sup>-1</sup></b>				
	<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>kontrola</b>	7,5 alkalická	71 vyhovující	158 vyhovující	5041 vysoký	605 velmi vysoký
<b>LAV</b>	7,5 alkalická	61 vyhovující	137 vyhovující	4999 vysoký	592 velmi vysoký
<b>močovina</b>	7,6 alkalická	60 vyhovující	157 vyhovující	5136 vysoký	606 velmi vysoký
<b>urea stabil</b>	7,4 alkalická	66 vyhovující	148 vyhovující	5105 vysoký	618 velmi vysoký

#### 24. den po aplikaci hnojiv ve formě granulí

Stejně jako po aplikaci roztoku hnojiv tomu bylo i po aplikaci hnojiv ve formě granulí, kdy půdní reakce a obsah přístupných živin se z hlediska kategorií zásobenosti nezměnily. Stavby po 24 dnech po aplikaci hnojiv ve formě granulí se z hlediska zásobenosti též nezměnily. Obsah P poklesl u hnojených variant o 4–8 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle Marschnera (2012) to může být zapříčiněno antagonistickým vztahem mezi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

Tab. 75 Výsledky stanovení pH a živin pomocí Mehlich III po aplikaci hnojiv ve formě granulí

	<b>mg.kg<sup>-1</sup></b>				
	<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>kontrola</b>	7,4 alkalická	61 vyhovující	138 vyhovující	4923 vysoký	593 velmi vysoký
<b>LAV</b>	7,4 alkalická	56 vyhovující	128 vyhovující	5309 vysoký	632 velmi vysoký
<b>močovina</b>	7,5 alkalická	53 vyhovující	126 vyhovující	5092 vysoký	587 velmi vysoký
<b>urea stabil</b>	7,3 alkalická	57 vyhovující	135 vyhovující	4866 vysoký	595 velmi vysoký

## 6 ZÁVĚR

V disertační práci s názvem „**Uplatnění močoviny s inhibitorem ureázy při hnojení brambor**“ byl sledován vliv dusíkatého hnojení močovinou a močovinou s inhibitorem ureázy (urea stabil) na změny obsahů  $N_{\min}$  v půdě a přístupných živin po sklizni, výnos hlíz, obsah škrobu, makroprvků N, P, K, Ca, Mg a Cd v hlízách a natích, obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin v hlízách.

Jako doplněk byl realizován nádobový pokus bez plodiny, u kterého byl porovnáván účinek močoviny, močoviny s inhibitorem ureázy a ledku amonného s vápencem na změny obsahu  $N_{\min}$  a jednotlivých forem dusíku v půdě v průběhu času.

Potvrzení či vyvrácení definovaných hypotéz:

- při stejné dávce N v obou hnojivech se dosáhne vyššího výnosu hlíz u močoviny s inhibitorem ureázy oproti klasické močovinně → **NEPOTVRZENO**
- dávka N na úrovni 80 % močoviny s inhibitorem se projeví shodným výnosovým efektem jako dávka N ve 100 % močoviny  
→ **NEPOTVRZENO u odrůdy Karin**  
→ **POTVRZENO u odrůdy Red Anna**
- dávka N na úrovni 60 % močoviny s inhibitorem se projeví shodným výnosovým efektem jako dávka N v 80 % močoviny  
→ **POTVRZENO**
- s dávkami N bude klesat obsah škrobu v hlízách → **NEPOTVRZENO**
- obsahy makroelementů v hlízách i natích budou ovlivněny dávkami N  
→ **NEPOTVRZENO**
- obsahy aminokyselin budou narůstat s dávkami N v obou hnojivech  
→ **NEPOTVRZENO**
- obsahy aminokyselin nebudou ovlivněny druhem hnojiva při shodné dávce N  
→ **NEPOTVRZENO**

Z dosažených výsledků lze učinit tyto závěry:

## 1. Polní pokus

- Obsahy  $N_{\min}$  po sklizni se zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva. Ve většině případů nebylo signifikantních rozdílů v obsazích  $N_{\min}$  mezi oběma hnojivy při shodné dávce aplikovaného dusíku. Průkazný byl rovněž vliv ročníku.
- Půdní reakce po sklizni zůstala v rámci stejné kategorie. Obsahy přístupného P a Ca v půdě po sklizni byly ve většině případů vyšší než na počátku pokusu (před sázením).
- Průměrné tříleté výnosové výsledky u hlíz odrůdy Karin byly průkazně nejvyšší u var. 1 (100 % močoviny) oproti všem ostatním variantám (var. 2–7). U odrůdy Red Anna byl zjištěn průkazný nárůst výnosu hlíz pouze u var. 1 (100 % močoviny) oproti var. 3 (60 % močoviny) a nehnojené kontrole (var. 7). Mezi odrůdami nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve výnosu hlíz u 5 variant ze 7. Vyšších výnosů bylo dosaženo v letech bohatších na srážky, tzn. v roce 2010 a 2012.
- U obou odrůd se projevila aplikace v dávce 80 % močoviny stejným vlivem na výnos hlíz jako shodná dávka urey stabil. Také u odrůdy Karin měla dávka 60 % močoviny stejný vliv na výnos hlíz jako dávka 60 % urey stabil.
- Z hlediska tříletých průměrů nebylo signifikantních rozdílů v obsazích škrobu v hlízách mezi všemi variantami hnojení u odrůdy Red Anna. U odrůdy Karin byl signifikantní nárůst obsahu škrobu u nehnojené kontroly (18,14 %) oproti nejvyšší dávce N u obou hnojiv (15,60 % u močoviny, resp. 15,43 % u urey stabil). Odrůda Karin dosáhla téměř u většiny variant hnojení vyšších obsahů škrobu (15,43–18,14 %) než odrůda Red Anna (12,47–13,92 %).
- V produkci škrobu v rámci tříletých průměrů nebyly prokázány signifikantní rozdíly mezi odrůdami (s výjimkou kontroly) i variantami hnojení.

- V nati byly zjištěny vyšší obsahy N, K, Ca, Mg, Cd oproti hlízám.
- Druh a dávka hnojiva i odrůda neměly signifikantní vliv na obsah N, P, K, Ca, Mg a Cd v hlízách brambor. Na obsah K a Ca v hlízách měl signifikantní vliv ročník.
- Druh a dávka hnojiva i odrůda neměly signifikantní vliv na obsah N, P, K, Ca, Mg i Cd v natích brambor.
- U odrůdy Karin se s nejvyšší dávkou urey stabil signifikantně zvýšil obsah esenciálních aminokyselin oproti všem ostatním variantám, zatímco mezi dávkami močoviny nebyly zřejmé difference. U odrůdy Red Anna se s aplikovanou dávkou močoviny snižoval obsah esenciálních aminokyselin, a to průkazně u var. 1 oproti var. 2 a 3. U urey stabil tomu bylo naopak, kdy se zvyšující dávkou se zvyšoval obsah esenciálních aminokyselin.
- Obsahy neesenciálních aminokyselin se u variant hnojených ureou stabil u odrůdy Karin zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva, u variant s močovinou tomu bylo u obou odrůd naopak. Varianta s nejvyšší dávkou urey stabil byla v obsahu neesenciálních aminokyselin signifikantně vyšší než shodná dávka močoviny. U odrůdy Red Anna obsah neesenciálních aminokyselin u nejvyšší dávky močoviny signifikantně poklesl oproti ostatním variantám. Nejvyšší dávka urey stabil vykazala průkazně vyšší obsah neesenciálních aminokyselin než shodná dávka močoviny.

## **2. Nádobový pokus**

- U kontrolní nehnojené varianty kolísal obsah  $N_{\min}$  v průběhu pokusu od 10,8–15,8 mg.kg<sup>-1</sup>.
- Po aplikaci rozpuštěného LAV se obsah  $N_{\min}$  zvýšil na počátku pokusu na 80,2 mg.kg<sup>-1</sup> oproti 14,3 mg.kg<sup>-1</sup> po aplikaci močoviny i urey stabil.



- Po 3 dnech pokusu byl obsah  $N_{\min}$  u var. s LAV 148,4 mg.kg<sup>-1</sup> s převahou N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (126,8 mg.kg<sup>-1</sup>).
- Po 3 dnech byl obsah  $N_{\min}$  po aplikaci močoviny vyšší (52,0 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti urea stabil (40,5 mg.kg<sup>-1</sup>), přičemž po aplikaci močoviny byl obsah N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 34,2 mg.kg<sup>-1</sup> oproti 25,4 mg.kg<sup>-1</sup> po aplikaci urey stabil. Inhibitor tedy zafungoval po 3, resp. ještě po 6 dnech od aplikace hnojiva. Ovšem 12. den po aplikaci obou hnojiv již nebylo rozdílů v obsazích N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a  $N_{\min}$ .
- Po 24 dnech od aplikace granulovaných hnojiv byl zjištěn dvojnásobný obsah  $N_{\min}$  (160,2 mg.kg<sup>-1</sup>) u hnojiva urea stabil oproti klasické močovině (85,3 mg.kg<sup>-1</sup>) a LAV (92,9 mg.kg<sup>-1</sup>).
- Po 24 dnech aplikace hnojiv ve formě roztoku a granulí měl větší vliv na obsah  $N_{\min}$  v půdě LAV ve formě roztoku (195,7 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti granulím (92,9 mg.kg<sup>-1</sup>), také močovina ve formě roztoku (175,6 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti granulím (85,3 mg.kg<sup>-1</sup>). U urey stabil tomu bylo naopak – 124,1 mg.kg<sup>-1</sup> (forma roztoku) oproti 160,2 mg.kg<sup>-1</sup> (granule).
- Půdní reakce a obsah přístupných živin v půdě byly po 24 dnech shodné u všech variant hnojení.

### **Doporučení pro praxi:**

Na základě vlastních výsledků a prostudovaných literárních pramenů je možno uvést následující poznatky a doporučení pro praxi:

- Použití hnojiv s inhibitory ureázy by mělo přispět k lepšímu využití N rostlinou u N-hnojiv s amidickou formou N při jeho omezených ztrátách, které jsou spojené s poškozováním životního prostředí a finanční újmou pěstitelů.
- Účinnost těchto hnojiv je ovlivněna řadou faktorů: teplota vzduchu (při 15 °C jsou ztráty N volatilizací cca 7 %, zatímco při 25 °C mohou být až 46 %) a množství srážek po setí či výsadbě; způsob aplikace hnojiva; půdní reakce; kolísání hladiny podzemní vody a další).
- Vyšší účinnost hnojiv s inhibitory ureázy se dá očekávat při aplikaci na půdy s vyšší hodnotou pH (alkalické a silně alkalické půdy).
- Pokud se efektivní srážky (> 8 mm) dostaví do šesti dnů po aplikaci hnojiv, tak se účinek inhibitoru ureázy aplikovaného spolu s močovinou významněji neprojeví.
- Použití hnojiv s inhibitory ureázy není možno automaticky spojovat s vyššími výnosovými výsledky při porovnání se stejnou dávkou N v klasické močovině.
- Výnosové zvýšení po aplikaci hnojiv s inhibitory ureázy by mělo pokrýt zvýšené náklady na nákup těchto hnojiv, které jsou cca o 20 % vyšší oproti klasické močovině.
- Nevýhodou inhibitorů ureázy je jejich časově omezená účinnost, která je většinou 1–2 týdny (v našem experimentu 6 dnů).
- Prodloužení doby účinnosti inhibitoru ureázy se dosáhne působením nižších teplot (jarní aplikační termín).

- Aplikaci hnojiv s inhibitory ureázy je možno doporučit v těchto případech:
- oblasti se srážkovou nejistotou po aplikaci hnojiv
  - na půdy s alkalickou a silně alkalickou půdní reakcí
  - lokální aplikace hnojiv
  - použití vyšších předset'ových dávek N
  - hnojení na začátku vegetace jarních plodin, především v sušších oblastech (kukuřice na zrno a na siláž, mák, ječmen jarní)

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

**ABROL, Y.P., RAGHURAM, N., SACHDEV, M.S. (2007):** Agricultural nitrogen use & its environmental implication. I. K. International Publishing House, 552 p.

**ALLISON, F.W. (1966):** The fate of nitrogen applied to soils. *Advances in Agronomy*, 18 (1): 219–258.

**AMREIN, T.M., BACHMANN, S., NOTI, A., BIEDERMANN, M., BARBOSA, M.F., BIEDERMANN-BREM, S., GROB, K., KEISER, A., REALINI, P., ESCHER, F., AMADÓ, R. (2003):** Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: A comparison of cultivars and farming systems. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 51 (1): 5556–5560.

**ANONYM (1978):** Community methods of analysis for the official control of feeding stuffs. *Official Journal L 206*, Eighth Commission Directive 78/633/EEC of 15 June 1978 Establishing, 29 (1): 43–55.

**BAIER, J. (1971):** Některé problémy a zkušenosti s využitím močoviny v soustavě hnojení, s. 187–194. In: Močovina – koncentrované dusíkaté hnojivo (ed.), *Vědecký seminář o močovině*. Vysoká škola zemědělská v Praze, 194 s.

**BALÍK, J., ČERNÝ, J., PAVLÍKOVÁ, D. (2012):** Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotavných porostů. *Certifikovaná metodika*, Praha, 34 s.

**BANERJEE, M., BURTON, D.L., GRANT, C.A. (1999):** Influence of urea fertilization and urease inhibitor on the size and activity of the soil microbial biomass under conventional and zero tillage at two sites. *Canadian Journal of Soil Science*, 79 (2): 255–263.

**BARKER, A.V., PILBEAM D.J. (2007):** Handbook of plant nutrition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 632 p.

**BENCKO, V., CIKRT, M., LENERT, J. (1995):** Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. 2. přepracované a doplněné vydání Grada, Praha, 282 s.

**BEYROUTY, A., SOMMERS, L., NELSON, D. (1988):** Ammonia volatilization from surface-applied urea as affected by several phosphrothioic compounds. *Soil Science Society of America Journal*, 52 (1): 1173–1178.

**BIELEK, P. (1984):** Dusík v póde a jeho premeny. 1. Příroda, Bratislava, 135 s.

**BIELEK, P. (1998):** Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPÚ, Bratislava, 256 s.

**BÍZIK, J. (1989):** Podmienky optimalizácie výživy rastlin dusíkom, s. 82–86. In: KOZLOVSKÝ, O. (ed.), Zhodnocení nového systému výživy rastlin dusíkem cukranu u ozimé pšenice. *Disertační práce*, 100 s.

**BOLLARD, E.G. (1959):** Urease, urea and ureides in plants. *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 13 (1): 304–329.

**BRAUN, H., FONTES, P.C.R., BUSATO, C., CECON, P.R. (2011):** Macro and micronutrient concentration and accumulation in tuber of potato cultivars as affected by nitrogen. *Bragantia*, 70 (1): 50–57.

**BREMNER, J.M. (1995):** Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. *Fertilizer Research*, 42 (1): 321–329.

**BUCHNER, A., FINK, F., FISCHER, A., JUNG, J., STRUM, H. (1969):** Zur anwendung von harnstoff und harnstoffderivaten in der landwirtschaft. *Landwirtschaftliche Forschung*, 22 (1): 81–93.

**BUNDY, L.G., BREMNER, J.M. (1974):** Effect of urease inhibitors on nitrification in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 6 (1): 27–30.

**BURLINGAME, B., MOUILLE, B., CHARRONDIÉRE, R. (2009):** Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Journal of Food Composition & Analysis*, 22 (6): 494–502.

**BYRNES, B., VILSMEIER, K., AUSTIN, E., AMBERGER, A. (1989):** Degradation of the urease inhibitor phenyl phosphorodiamidate in solutions and floodwaters. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 37 (2): 473–477.

**CAUSIN, H.F., BARNEIX, A.J. (1993):** Regulation of  $\text{NH}_4^+$  uptake in wheat plants: Effect of root ammonium concentration and amino acids. *Plant Soil*, 151 (2): 211–218.

**CIBULKA, J. (1991):** Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia, Praha, 427 s.

**CIESLIK, E. (1995):** The effect of weather conditions on the level of nitrates in tubers of same potato varieties. *Polish Journal of Potato & Nutrition Science*, 4 (3): 11–19.

**COOPER, D.R., HILLCOTTINGHAM, D.G., LLOYDJONES, CH.P. (1976):** Distribution and identity of labeled products following autumn application of N-15-labeled urea or potassium-nitrate fertilizers to apple-trees. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 27 (3): 266–272.

**ČUSTIĆ, M., HORVATIĆ, M., BUTORAC, A. (2002):** Effects of nitrogen fertilization upon the content of essential amino acids in head chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). *Scientia Horticulturae*, 92 (3): 205–215.

**ČEPL, J., ČERVÍNOVÁ, E., ČÍŽEK, M., DOMKÁŘOVÁ, J., EXNAROVÁ, J., GREPLOVÁ, M., HAUSVATER, E., KRPÁLKOVÁ, A., VOKÁL, B., ZÁŠKODOVÁ, J. (2012):** Máme rádi brambory. Ministerstvo zemědělství České republiky, 111 s. Dostupné na: [http://eagri.cz/public/web/file/186748/MAME\\_RADI\\_BRAMBORY.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/186748/MAME_RADI_BRAMBORY.pdf)

**Českomoravský svaz šlechtitelů (2011):** České odrůdy konzumních brambor, Brno, 16 s.

Český statistický úřad. Dostupné na:  
[http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0020UU&stranka=0&kapitola\\_id=11](http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0020UU&stranka=0&kapitola_id=11) (10. 12. 2013)

**ČÍŽEK, M., JÚZL, M., HLUŠEK, J., ELZNER, P., LOŠÁK, T. (2007):** Možnosti zvýšení obsahu nutričně významných látek v hlízách brambor. *Agrochémia*, XI (4): 6–8.

**ČMEJLA, K., BAIER, J. (1966):** Studium podmínek optimálního využití průmyslových hnojiv v podmínkách horské oblasti, s. 238–242. In: HRUŠKA, L. (ed), *Brambory*. SZN, 416 s.

**DAWAR, K., ZAMAN, M., ROWARTH, J.S., TURNBULL, M.H. (2012):** Applying urea with urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) in fine practice application improves nitrogen uptake in ryegrass (*Lilium perenne* L.). *Soil Science & Plant Nutrition*, 58 (3): 309–318.

**DE WILDE, T., DE MEULENAER, B., MESTDAGH, F., GOVAERT, Y., VANDEBURIE, S., OOGHE, W., FRASELLE, S., DEMEULEMEESTER, K., VAN PETEGHEM, C., CALUS, A., DEGROODT, J.M., VERHE, R. (2006):** Influence of fertilization on acrylamide formation during frying of potatoes harvested in 2003. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 54 (1): 404–408.

**DILY, K., WOLDENDORP, J.W. (1960):** Distribution and nitrogen balance of <sup>15</sup>N labelled nitrate applied on grass sods. *8<sup>th</sup> International Grassland Congress*, p. 150–152. In: HUDGENS, R.E. (ed.), *The compatibility, persistence and nutritive value of grass-legume associations in the wet-dry tropics of coastal ecuador*. University of Florida, 120 p.

**DUCHOŇ, F. (1948):** Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. Československá akademie zemědělská, Praha, 796 s.

**DUCHOŇ, J., HAMPL, J. (1959):** Agrochemie. Československá akademie zemědělských věd, SZN, Praha, 423 s.

**EPPENDORFER, W.H. (1977):** Nutritive value of oat and rye grain protein as influenced by nitrogen and amino acid composition. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 28 (1): 152–156.

**EPPENDORFER, W.H. (1996):** Free and total amino acid composition of edible part of beans, kale, spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilisation and phosphorus and potassium deficiency. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 71 (1): 449–458.

**EPPENDORFER, W.H. (2006):** Amino acid composition and nutritional value of italian ryegrass, red clover and lucerne as influenced by application and content of nitrogen. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 28 (7): 607–614.

**EPPENDORFER, W. H., BILLE, S. W. (1996):** Free and total amino acid composition of edible part of beans, kale spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilization and phosphorus and potassium deficiency. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 171 (4): 449–458.

**EPPENDORFER, W.H., BILLE, S.W., PATIPANAWATTANA, S. (1985):** Protein quality and amino acid protein relationships of maize, sorghum and rice grain as influenced by nitrogen, phosphorus, potassium and soil moisture stress. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 36 (1): 453–462.

**EPPENDORFER, W.H., EGGUM, B.O. (1995):** Effects of nitrogen, phosphorus, sulfur, potassium, calcium and water-stress on yield, mineral and amino-acid composition, dietary fiber and nutritive value of carrots. *Soil & Plant Science*, 45 (2): 124–131.

**EPPENDORFER, W.H., EGGUM, B.O., BILLE, S.W. (1979):** Nutritive value of potato crude protein as influenced by manuring and amino acid composition. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 30 (1): 361–368.



**FANG, C., MONCRIEFF, J.B. (2005):** The variation of soil microbial respiration with depth in relation to soil carbon composition. *Plant & Soil*, 268(1): 243–253.

**FAO (1981):** Improvement of nutritional quality of food crops. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.

**FAO (2008):** New light on a hidden treasure food and agriculture. International year of the potato. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.

**FECENKO, J., LOŽEK, O. (2000):** Výživa a hnojenie poľných plodín, SPU v Nitre, 452 s.

**FINCK, A. (1982):** Fertilizers and fertilization: Introduction and practical guide to crop fertilization. Weinheim, Deerfield brach, Florida, 438 p.

**FOLLETT, R., HATFIELD, J. (2001):** Nitrogen in the environment. *Sources, Problems & Management*, Elsevier, 520 p.

**FRIEDMAN, M. (1996):** Nutritional value of proteins from different food sources. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 44 (1): 6–29.

**FU, H.Y., SHIEH, D.E., HO, C.T. (2002):** Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *Journal of Food Lipids*, 9 (1): 35–46.

**GALDÓN, B.R., RODRÍGUEZ, L.H., MESA, D.R., LEÓN, H.L., PÉREZ, N.L., RODRÍGUEZ, E.M., ROMERO, C.D. (2012):** Differentiation of potato cultivars experimentally cultivated based on their chemical composition and by applying linear discriminant analysis. *Food Chemistry*, 133 (1): 1241–1248.

**GANS, W., HERBST, F., MERBACH, W. (2006):** Nitrogen balance in the system plant – soil after urea fertilization combined with urease inhibitors. *Plant Soil Environment*, 52 (1): 36–38.

**GASTAL, F., LEMAIRE, G. (2002):** N uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53 (1): 789–799.

**GOWARIKER, V., KRISHNAMURTHY, V.N., GOWARIKER, S., DHANORKAR, M., PARANJAPE, K. (2009):** The fertilizer encyclopedia. John Wiley & sons. New Jersey, 861 p.

**GRANT, C.A., BAILEY, L.D. (1999):** Effect of seed-placed urea fertilizer and N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) on emergence and yield of barely. *Canadian Journal of Plant Science*, 79 (4): 491–496.

**GRAVES, CH. et al. (2001):** The potato treasure of the Andes from agriculture to culture. International Center, Lima, 31 p.

**HAAN, F.A.M., ZWERMAN, P.J. (1978):** Pollution of soil. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 24 p.

**HAHNE, H.C., KROONTJE, W. (1973):** Significance of pH and chloride concentration on behaviour of heavy metal pollutants: Mercury, cadmium, zinc and lead. *Journal of Environmental Quality*, 2 (1): 444–450.

**HARMSSEN, G.W. (1959):** Was kann uns die Bestimmung des Gehaltes löslichen Stickstoffs im Boden lehren? *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, 84 (1): 98–102 (in English).

**HARMSSEN, G.W., KOLENBRANDER, G.J. (1965):** Soil inorganic nitrogen. In: BARTHOLOMEW, W.V., CLARK, F.E. (ed): *Soil Nitrogen American Society of Agronomy*, 20 (1): 43–92.

**HARRIS, P.M. (1978):** The potato crop. Chapman & Hall, London, p. 123–133. In: VANĚK V. a kolektiv (ed.), *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, Praha, 176 s.

**HARRISON, R., WEBB, J. (2001):** A review of the effect of N fertilisers type gaseous emissions. *Advances in Agronomy*, 73 (1): 65–108.

**HAUCK, R.D., BREMNER, J.M. (1976):** Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. *Advances in Agronomy*, 28 (1): 219–266.

**HAWKINS, A. (1946):** Rate of absorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in aroostook county, maine and their relation to fertilizer practices, p. 123–133. In: VANĚK, V. a kolektiv (ed.), *Výživa polních a zahradních plodin*. Profí Press, Praha, 176 s.

**HLUŠEK, J., JŮZL, M. (2000):** Obsah těžkých kovů v hlízách brambor při rozdílných technologiích pěstování, s. 58–60. In: *Půdní úrodnost*. Sborník z konference, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 65 s.

**HLUŠEK, J., RICHTER, R., KLÍR, J., BALÍK, J. (2009):** Bilance živin v rostlinné výrobě ČR a potřeba hnojení, s. 31–33. In: *Racionální použití hnojiv zaměřené na půdní úrodnost, organickou hmotu v půdě a použití statkových a minerálních hnojiv*. Sborník z 15. mezinárodní konference, ČZU, Praha, 151 s.

**HOLEČEK, M. (2006):** *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Grada Publishing, Praha, 288 s.

**HOUBA, M. a kol. (2007):** *Poznejte, pěstujte, používejte brambory*. Praha, 152 s.

**HOWARD, C.M., ERSMAN, J.W., BILLEN, G., BLEEKER, A., GRENNFELT, P., VAN GRINSVEN, H., GRIZZETTI, B. (2011):** *The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives*. Cambridge University Press, 607 p.

**HRUŠKA, L. (1974):** *Brambory*. SZN, 416 s.

**CHADWICK, D.R., WEERDEN, T., MARTINEZ, J., PAIN, B.F. (1998):** Nitrogen transformations and losses following pig slurry applications to a natural soil filter system (Solepur process) in Britany. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69 (1): 85–93.

**IVANIČ, J., HAVELKA, B., KNOP, K. (1979):** Výživa rostlín a hnojení. Příroda, Bratislava, 361 s.

**JEŽEK, P., HLUŠEK, J., LOŠÁK, T., JŮZL, M., ELZNER, P., KRÁČMAR, S., BUŇKA, F., MARTENSSON, A. (2011):** Effect of foliar application of selenium on the content of selected amino acids in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Soil Environment*, 57 (1): 315–320.

**JONES, J.B. (2012):** Plant nutrition and soil fertility manual – second edition. CRC press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 282 p.

**JÖNSSON, E.H.L., ASP, H. (2011):** Influence of nitrogen supply on cadmium accumulation in potato tubers. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (3): 345–360.

**JŮZL, M., PŮLKRÁBEK, J., DIVIŠ, J. a kol. (2000):** Rostlinná výroba (Okopaniny). Skriptum MZLU, 222 s.

**KALINA, M. (2004):** Kompostování a péče o půdu. Grada Publishing, 116 s.

**KARLSON, P. (1981):** Základy biochemie. Academia, Praha, 501 s.

**KASAL, P., ČEPL, J., VOKÁL, B. (2010):** Hnojení brambor. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s. r.o., 23 s.

**KÁŠ, V. (1964):** Zemědělská mikrobiologie. SZN, Praha, 463 s.

**KÁŠ, M., MATĚJKOVÁ, Š. (2010):** Vliv hnojení na ztráty dusíku do spodních půdních horizontů ve zranitelných oblastech, s. 491–494. In: Aktuální poznatky

v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Sborník z konference, Profi Press, 895 s.

**KELLEY, K.R., STEVENSON, F.J. (1995):** Forms and nature of organic N in soil. *Fertilizer Research*, 42 (1): 1–11.

**KIRKBY, E.A., HUGHES, A.D. (1970):** Some aspects of ammonium and nitrate nutrition in plant metabolism, p. 69–77. In: KIRKBY, E.A (ed.), Nitrogen nutrition of the plant, University of Leeds, 230 p.

**KISS, S., SIMIHAIAN, M. (2002):** Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 419 p.

**KLÍR, J., KUNZOVÁ, E., ČERMÁK, P. (2007):** Rámcová metodika výživy rostlin – hnojení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 40 s.

**KNOP, K. a kol. (1970):** Močovina v zemědělství. Vysoká škola zemědělská, Praha, 55 s.

**KNOP, K. (1971):** Agrochemické vlastnosti a účinnost močoviny, s. 23–34 In: Močovina – koncentrované dusíkaté hnojivo. Vědecký seminář o močovíně, Vysoká škola zemědělská v Praze, 194 s.

**KNUTHSEN, P., JENSEN, U., SCHMIDT, B., LARSEN, K.I. (2009):** Glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition & Analysis*, 22 (1): 577–581.

**KOSTKAN, J. (1942):** O vlivu draselných hnojiv na brambory, s. 168–171. In: DUCHOŇ, F. (ed.), Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. Československá akademie zemědělská, Praha, 796 s.

**KOREŇKOV, V.A. a kol. (1976):** Spravočník agrochemika, Moskva, s. 165–178. In: HRUŠKA, L. (ed.), Brambory, SZN, 416 s.

**KOVÁČIK, P., DUCSAY, L., HANÁČKOVÁ, E., LOŠÁK, T., SLAMKA, P., VARGA, L. (2011):** Agrochémia a výživa rastlín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, SPU, 153 s.

**KOVÁČIK, P., LOŠÁK, T., VARGA, L., DUCSAY, L., HANÁČKOVÁ, E. (2012):** Výživa rastlín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, SPU, 180 s.

**KRONZUCKER, H.J., SIDDIQI, M.Y., GLASS, A.D.M., KIRK, G.J.D. (1999):** Nitrate-ammonium synergism in rice: A subcellular analysis. *Plant Physiology*, 119 (1): 1041–1046.

**KUTÁČEK, M., KRÁLOVÁ, M. (1971):** Príspevek k použitiu močoviny, značené  $^{14}\text{C}$  a  $^{15}\text{N}$  pri výzkuume jejého chování v pôde, během příjmu rostlinami a metabolismu, s. 80–88. In: Močovina – koncentrované dusíkaté hnojivo. Vědecký seminář o močovine, Vysoká škola zemědělská v Praze, 194 s.

**KYVERYGA, P.M., BLACKMER, A.M., ELLSWORTH, J.W., ISLA, R. (2004):** Soil pH effect on nitrification of fall-applied anhydrous ammonia. *Soil Science Society of America Journal*, 68 (1): 545–551.

**LACHOVER, D., ARNON, I. (1966):** Observations on the relationship between heavy potassium deficiency and poor quality of several agricultural products of major crops, p. 439–464. In: Potassium and the quality of agricultural products. Proceedings of the 8<sup>th</sup> congress of the International Potash Institute, Berne, 597 p.

**LEDGARD, S. (2004):** Nitrification and urease inhibitors. Environment Waikato Technical Report 22, 17 p.

**LEE, R.B., RUDGE, K.N. (1986):** Effect of nitrogen deficiency on the absorption of nitrate and ammonium by barley plants. *Annals of Botany*, 57 (4): 471–486.

**LEGG, J.O., MEISINGER, J.J. (1982):** Soil nitrogen budget, p. 503–566. In: STEVENSON, F.J. (ed): Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy. Madison, 940 p.

**LIN, S., SATTELMACHER, B., KUTZMUTZ, E., MÜHLING, K.H., DITTERT, K. (2004):** Influence of nitrogen nutrition of tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport into tubers. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (2): 341–350.

**LISINSKA, G., LESZCZYŃSKI, W. (1989):** Potato science and technology. British Library Cataloguing in Publication Data, 393 p.

**LOŠÁK, T. (2008):** Společné působení síry a dusíku ve výživě rožky seté a cibule kuchyňské. *Habilitační práce* (in MS), Mendelova univerzita v Brně, 147 s.

**LOŠÁK, T., HLUŠEK, J. (2004):** The content of micronutrients in potato (*Solanum tuberosum*, L.) plants grown on cadmium contaminated soil. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 502 (2): 903–909 (in English).

**LOŠÁK, T., HLUŠEK, J., FILIPČÍK, R., POSPÍŠILOVÁ, L., MAŇÁSEK, J., PROKEŠ, K., BUŇKA, F., KRÁČMAR, S., MARTENSSON, A., OROSZ, F. (2010):** Effect of nitrogen fertilization on metabolism of Essentials and non-essential amino acids in field-grown grain maize (*Zea mays* L.). *Plant, Soil & Environment*, 56 (12): 574–579 (in English).

**LOŠÁK, T., HLUŠEK, J., KRÁČMAR, S., MARTENSSON, A. (2010a):** Effect of nitrogen and sulphur fertilisation on yields, nitrates and cysteine and methionine content in onion (*Allium cepa* L.). *Acta Horticulturae*, 852 (1): 297–303 (in English).

**MA, L., AHUJA, L.R., BRUULSEMA, T.W. (2009):** Quantifying and understanding plant nitrogen uptake for systems modeling. CRC Press, Taylor & Francis Group, 313 p.

**MACHINACKI, M., KOLPAK, R. (1998):** The Influence of Nitrogen Fertilizing on the Yield and Food Quality of Early Potatoes Harvesting in Three Terms, *Plant & Soil*, 152 (1): 481–488.

**MAIER, N.A. (1996):** Effect of current-season application of Valtic line on soil pH, yield and cadmium concentration in potato tubers. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 47 (1): 29–40.

**MALHI, S.S., JOHNSTON, A., GILL, K. (2001):** Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian great plains: a review. *Soil & Tillage Research*, 60 (1): 101–122.

**MANZONI, S., PORPORATO, A. (2007):** A theoretical analysis of nonlinearities and feedbacks in soil carbon and nitrogen cycle. *Soil Biology & Biochemistry*, 39 (1): 1542–1556.

**MAREČEK, A., HONZA, J. (1998):** Chemie pro čtyřletá gymnázia, 3. díl, Nakladatelství Olomouc, 231 s.

**MARSCHNER, P. (2012):** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Limited, London, 889 p.

**MATSUURA-ENDO, C., OHARA-TAKADA, A., CHUDA, Y., ONO, H., YADA, H., YOSHIDA, M., KOBAYASHI, A., TSUDA, S., TAKIGAWA, S., NODA, T., YAMAUCHI, H., MORI, M. (2006):** Effects of storage temperature on the contents of sugars and free amino acids in tubers from different potato cultivars and acrylamide in chips. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, 70 (1): 1173–1180.

**MAYER, V., RŮŽEK, P., KASAL, P., VEJCHAR, D. (2009):** Technologie lokální aplikace minerálních hnojiv a přípravků při pěstování brambor. Metodická příručka, VÚZT Praha, s. 2–3. In: KASAL, P., ČEPL, J., VOKÁL, B. (ed.), Hnojení brambor. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod s.r.o., 23 s.



**MCLAUGHLIN, M.J., PALMER, L.T., TILLER, K.G., BEECH, T.A., SMART, M.K. (1994):** Increased soil-salinity cause elevated cadmium concentrations in field-grown potato tubers. *Journal of Environmental quality*, 23 (5): 1013–1018.

**MENGEL, K., KIRKBY, E.A. (2001):** Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publisher. 5<sup>th</sup> edition, Dordrecht/Boston/London, 849 p.

**MÍČKA, T. (2008):** Působení přípravku Trisol u brambor (*Solanum tuberosum*). *Bakalářská práce* (in MS), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 68 s.

**MILTHORPE, F.L., MOORBY, J. (1969):** Vascular transport and its significance in plant growth. *Annual Review Plant Physiology*, 20 (1): 117–138.

**Ministerstvo zemědělství (2013):** Situační a výhledová zpráva – Brambory, 45 s. Dostupné na: [http://eagri.cz/public/web/file/186474/SVZ\\_Brambory\\_2013.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/186474/SVZ_Brambory_2013.pdf) (5. 12. 2013)

**MITRUS, J. et al. (2003):** The influence of selected cultivation on the content of total protein and amino acids in the potato tubers. *Plant Soil & Environment*, 49 (3): 131–134.

**MOSIER, A.R., SYERS, J.K., FRENEY, J.R. (2004):** Agriculture and the nitrogen cycle, assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment. Island Press, 291 p.

**MRÁZ, J. (2007):** Urea stabil – efektivní zdroj dusíku pro polní plodiny, s. 121–122. In: Sborník z konference: Prosperující olejnin, Česká zemědělská univerzita, Praha, 148 s.

**MUSILOVÁ, L. (2011):** Fotodokumentace

**MUSILOVÁ, L. (2012):** Fotodokumentace

**NANNIPIERI, P., FALCHINI, L., LANDI, L., BENEDETTI, A., CANALI, S., TITTARELLI, F., FERRI, D., CONVERTINI, G., BADALUCCA, L., GREGO, S., VITTORI-ANTISARI, L., RAGLIONE, M., BARRACLOUGH, D. (1999):** Nitrogen uptake by crops, soil distribution and recovery of urea-N in a sorghum-wheat rotation in different soils under Mediterranean conditions. *Plant & Soil*, 208 (1): 43–56.

**Nařízení Komise (ES) č. 472/2002, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Dostupné na:** <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002R0472:CS:HTML>  
(12. 6. 2013)

**NEWTON, W.E., ORME-JOHNSON, W.H. (1980):** Nitrogen fixation, volume 1, University Park Press, Baltimore, 394 p.

**NYLE, C.B., RAY, R.W. (2002):** The nature and properties of soil. Prentice Hall, New Persey, 960 p.

**OCKER, D.H., BRÜGGEMANN, J., BERGTHALLER, W., PUTZ, B. (1984):** Schwermetallgehalte in Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen. *Zeitschrift für Lebensmittel, Untersuchung und Forschung*, 179 (4): 322–329.

**OSAKI, M., SHIRAI, J., SHINANO, T., TADANO, T. (1995):** <sup>15</sup>N-Allocation of <sup>15</sup>NNH<sub>4</sub>-N and <sup>15</sup>NO<sub>3</sub>-N to nitrogenous compounds at the vegetative growth stage of potato plants. *Soil Science & Plant Nutrition*, 41 (4): 699–708.

**PANNIKOV, V.D., MINEJEV, V.G. (1977):** Poda, podnebie, hnojivo a úroda, s. 289–295. In: HRUŠKA, L. (ed.), Brambory. SZN, 416 s.

**PATE, J.S. (1971):** Movement of nitrogenous solutes in plants, p. 165–187. In: Nitrogen-15 in soil plant studies. International Atomic Energy Agency, Vienna, 255 p.

**PAVLÍKOVÁ, D., BALÍK, J., PAVLÍK, M., TLUSTOŠ, M., VANĚK, V. (2007):** Dusík v rostlině a jeho využití, s. 28–33. In: Sborník 13. mezinárodní konference:

Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem, Česká zemědělská univerzita, Praha, 160 s.

**PELIKÁN, M., DUDÁŠ, F., MÍŠA, D. (1996):** Technologie kvasného průmyslu. Skriptum MZLU, 129 s.

**PETERBURGSKIJ, A.V., KORČAGINA, J.J. (1965):** Fiksacija amonia nektorymi počvami iz udobreniji dostupnosť etoj formy azota s ich rastenijami, p. 15–25. In: HRUŠKA, L. (ed.), Brambory. SZN, 416 s.

**PETŘÍKOVÁ, V. (1990):** Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách. *Rostlinná výroba*, 36 (4): 367–378.

**POLJAK, M., HERAK-ĆUSTIĆ, M., HORVAT, T., ČOGA, L., MAJIĆ, A. (2007):** Effect of nitrogen nutrition on potato tuber composition and yield. VI. Alps-Adria Scientific Workshop, Obervellach, Austria, 940 p.

**POSTGATE, J. (1978):** Nitrogen fixation. University Press, Cambridge, 49 p.

**PRAKASH, O., ALVA, A.K., PARAMASIVAM, S. (1998):** Use of the urease N-(n-butyl) thiophosphoric diamide decreased nitrogen leaching from urea in fine sandy soil. *Water, Air & Soil Pollution*, 116: 587–595.

**PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V. (1994):** Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. Studijní informace ÚZPI, 60 s.

**RAO, K.P., RAINS, D.W. (1976):** Nitrate absorption by barley. *Plant Physiology*, 57 (1): 55–58.

**RAUN, W.R., JOHNSON, G.V. (1999):** Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91 (1): 357–363.

**RAWLUK, C.D.L., GRANT, C.A., RACZ, G.J. (2001):** Ammonia volatilization from soils fertilized with urea and varying rates of urease inhibitor NBPT. *Canadian Journal of Soil Science*, 81 (1): 239–246.

**RICHTER, R. (1980):** Studium přeměn dusíkatých látek v rostlinách při různé úrovni dusíkaté výživy. Závěrečná zpráva, Brno, MZLU, 102 s.

**RICHTER, R., DIJKSHOORM, W., VONK, C.R. (1975):** Aminoacids of barely plants in relation to nitrate, urea or amonium nutrition. *Plant & Soil*, 42 (3): 601–618.

**RICHTER, R., HLUŠEK, J. (1994):** Výživa a hnojení rostlin (I. Obecná část). Skriptum MZLU, 170 s.

**RICHTER, R., HLUŠEK, J. (2003):** Půdní úrodnost. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 44 s.

**RICHTER, R., HLUŠEK, J. (2006):** Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv, s. 5–14. In: RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J. (ed.), *Nové trendy z používání dusíkatých hnojiv*, sborník příspěvků z konference, VÚRV Praha-Ruzyně, MZLU Brno, AGRA GROUP a.s., 47s.

**RICHTER, R., ŠKARPA, P., LOŠÁK, T. (2009):** Použití močoviny s inhibitory k hnojení máku setého (*Papaver somniferum* L.), s. 38–44. In: 8. makový občasník, ČZU, 115s.

**RODGER, E. (2007):** The biography of potatoes. Crabtree Publishing Company, 32 p.

**ROP, O. (2002):** Výskyt cizorodých prvků v bramborách. *Úroda*, 5: 84–86.

**ROP, O., BUŇKA, F., VALÁŠEK, P., KRAMÁŘOVÁ, D. (2009):** The influence of nitrogen fertilization on starch content and amino-acid composition of very early-harvested potato tubers. *Acta Fytotechnica & Zootechnica*, 12 (3): 72–75.

**RŮŽEK, P., KUSÁ, H. (2013):** Zpracování půdy k řepce ozimé a její hnojení, Květy olejin, XVIII (10): 3–5.

**RŮŽEK, P., MÜHLBACHOVÁ, G., SVOBODA, P. (2006):** Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv, s. 15–20. In: RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J.: Nové trendy z používání dusíkatých hnojiv. Sborník příspěvků z konference, VÚRV Praha-Ruzyně, MZLU Brno, AGRA GROUP a.s., 47s.

**RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J. (2007):** Možnosti usměrnění přeměn N v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace, s. 35–37. In: Racionální použití hnojiv. Sborník 13. mezinárodní konference zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem, ČZU Praha, 160 s.

**RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E. (2003):** Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. MZLU, Brno. Dostupné na: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/) (13. 5. 2013)

**RYBÁČEK, V. (1988):** Brambory, s. 21–22. In: JŮZL, M., PŮLKRÁBEK, J., DIVIŠ, J. a kol. (ed.), Rostlinná výroba (Okopaniny). Skriptum MZLU, 222 s.

**RYTEL, E. (2012):** The effect of industrial potato processing on the concentrations of glycoalkaloids and nitrates in potato granules. *Food Control*, 28 (1): 380–384.

**SABEY, B.R. (1969):** Influence of soil moisture pension on nitrate accumulation in soil. *Proceedings – Soil Science Society of America*, 33 (1): 263–266.

**SAN FRANCISCO, S., URRUTIA, O., MARTIN, V., PERISTEROPOULOS, A., GARCIA-MINA, J.M. (2010):** Efficiency of urease and nitrification inhibitors in reducing amonia volatilization from diverse nitrogen fertilizers applied to diffrent soil types and beat straw mulching. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 91 (1): 1569–1575.

**SCHIMEL, J.P., BENNETT, J. (2004):** Nitrogen mineralization: Challenges of a changing paradigm. *Ecology*, 85 (3): 591–602.

**SIGUNDA, D.O., JANSSEN, B.H., OENEMA, O. (2002):** Ammonia volatilization from Vertisol. *European Journal of Soil Science*, 53 (1): 195–202.

**SILVA, D.R.G., PEREIRA, A.F., DOURADO, R.L. (2011):** Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. *Ciência agrotec, Lavra*, 35 (3): 516–523.

**SLAMKA, P., LOŽEK, O. (2013):** Uplatnenie inhibítorov nitrifikácie a ureázy při pestovaní ozimného jačmeňa. *Agrochémia*, XVII 53 (1): 7–13.

**Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů. Dostupné na:**  
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/smernice\\_ochrana\\_vod\\_znecistenim/\\$FILE/OOV-91\\_676\\_EHS-19911231.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/smernice_ochrana_vod_znecistenim/$FILE/OOV-91_676_EHS-19911231.pdf) (6. 10. 2012)

**SPARROW, L.A., SALARDINI, A.A., JOHNSTONE, J. (1994):** Field studie sof kadmium in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 45 (1): 243–249.

**SMITH, S.R. (1994):** Effect of soil pH on availability to crops of melas in sewage sludge-treated soils. *Environmental Pollution*, 86 (1): 5–13.

**STEFANSKA, E., KARCZEWSKI, J., OSTROWSKA, L., CZAPSKA, D. (2003):** The content of magnesium and the zinc in day-long alimentary right of student sof medici academy in Bialystok. *Journal of Elementology*, 8 (1): 31–39.

**STEVENSON, F.J. (1965):** Origin and distribution of nitrogen in the soil, p. 10–16. In: BARTHOLOMEW, W.V., CLARK, F.E. (ed.), Soil nitrogen. *American Society of Agronomy*, 62 p.

**STEVENSON, F.J. (1982):** Origin and distribution of nitrogen in the soil, p. 12–18. In: STEVENSON, F.J.(ed.), Nitrogen in agriculture soils. *American Society of Agronomy*, 64 p.

**STEVENSON, F.J. (1986):** Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley & sons, New York, 448 p.

**SVOBODA, L. (2013):** Dusík ve výživě a hnojení vybrané odrůdy brambor. *Bakalářská práce* (in MS), Jihočeská univerzita České Budějovice, České Budějovice, 62 s.

**SVOBODOVÁ, H. (2006):** Vliv dusíku a fosforu na chemické složení bramborových hlíz. *Diplomová práce* (in MS), Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 72 s.

**ŠMÁLIK, M. (1983):** Zemiaky. Nakladatelství Příroda, 251 s.

**THOMSON, W.W., WEIER, T.E. (1962):** The fine structure of chloroplasts from mineral-deficient leaves of *Phaseolus vulgaris*. *American Journal of Botany*, 49 (1): 1047–1055.

**TLUSTOŠ, P., BALÍK, J., HANČ, A., VANĚK, V. (1999):** Pohyb dusíku v životním prostředí, *Agrochémia*, 3 (3): 12–14.

**TRUBY, P., RABA, A. (1990):** Heavy metal uptake by garden plants from Freiburg sewage farm water. *Agrobiological Research*, p. 43, 140. In: ZRŮST J. (ed.), Riziko pěstování brambor v půdách kontaminovaných těžkými kovy. VÚRV, Praha-Ruzyně, 36 s.

**VALOVÁ, P. (2006):** Změny obsahu aminokyselin v bramborách v závislosti na hnojení dusíkem. *Diplomová práce* (in MS), Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 80 s.

**VAN DER LEIJ, M., SMITH, S.J., MILLER, A.J. (1998):** Remobilisation of vacuolar stored nitrate in barely root cells. *Planta*, 205 (1): 64–72.

**VANĚK, V. a kolektiv (2007):** Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha, 176 s.

**VANĚK, V. a kolektiv (2012):** Výživa zahradních rostlin. Academia, 584 s.

**VANĚK, V., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., PAVLÍKOVÁ, D., HLUŠEK, J., BUDŇÁKOVÁ, M. (2007a):** Současná úroveň výživy a hnojení dusíkem, s. 11–19. In: Sborník 13. mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem, ČZU Praha, 160 s.

**VITTORI-ANTISARI, A., MARZADORI, C., GIOACCHINI, P., RICCI, S., GESSA, C. (1996):** Effect of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide in low concentrations on ammonia volatilization and evolution of mineral nitrogen. *Biology & Fertility of Soils*, 22 (1): 196–201.

**VIVANTI, V., FINOTTI, E., FRIEDMAN, M. (2006):** Level of acrylamide precursors asparagine, fructose, glucose and sucrose in potatoes sold at detail in Italy and in the United States. *Journal of Food Science*, 71 (1): 81–85.

**VODRÁŽKA, Z. (1996):** Biochemie. Academia, Praha, 191 s.

**VOKÁL, B. (2012):** Technologické postupy pro racionální pěstování jednotlivých užitkových směrů brambor. Metodika pěstování brambor, 23 s.

**VOKÁL, B., ČEPL, J., HAUSVATER, E., RASOCHA, V., ZRŮST, J. (1999):** Pěstujeme brambory a rajčata: rady od A po Z pro zahrádkáře. Rena, 40 s.

**VOKÁL, B. a kolektiv (2004):** Pěstování brambor. Agrospoj, Praha, 261 s.



**Vyhláška 13/1994 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, § 2 Vymezení nejvýše přípustného obsahu škodlivých látek v půdě. Dostupné na:** <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-13#p2> (14. 3. 2013).

**Vyhláška č. 120/2008 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků. Dostupné na:** <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-225#p2> (15. 6. 2013).

**VYKLIČKÁ, P. (2007):** Vliv ekologických faktorů na chemické složení brambor. *Diplomová práce* (in MS), Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 97 s.

**WADAS, W., ŁECZYCKA, T., BORYSIK-MARCINIAK, I. (2012):** Effect of fertilization with multinutrient complex fertilizers on tuber quality of very early potato cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 11 (3): 27–41.

**WANG, X.B., XIN, J.F., GRANT, C.A., BAILEY, L.P. (1995):** Effects of placement or urea with the urease inhibitor on seedling emergence, N uptake and dry matter yield of wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 75 (1): 449–452.

**WATSON, C.J. (2000):** Urease activity and inhibition – principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding No 454.

**WATSON, C.J. (2005):** Urease inhibitors. IFA International Workshop on Enhanced – Efficiency Fertilizers, Frankfurt, Germany.

**WIEDENHOEFT, A.C. (2006):** Plant nutrition, Infobase Publishing, Chelsea House, New York, 144 p.

**WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J. (1973):** The effect of superphosphate on the cadmium content of soils and plants. *Australian Journal of Soil Research* II: 43–56.

**WOLLNEROVÁ, J. (2010):** Využití dusíku z močoviny rostlinami ozimé pšenice při používání inhibitorů ureasy a nitrifikace a při různém zpracování půdy. *Disertační práce* (in MS), Česká univerzita v Praze, Praha, 145 s.

**WÜNSCH, A., MUNZERT, M. (1994):** Effect of storage and kultivar on the distribution of glycoalcaloids in potato tubers. *Potato Research*, 37 (1): 3–10 (In German).

**YOUNG, J.L., ALDAG, R.W. (1982):** Inorganic forms of nitrogen in soil, p. 43–66. In: STEVENSON, F.J. (ed.): *Soil Nitrogen*. American Society of Agronomy, 123 p.

#### **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách**

**ZBÍRAL, J. (1994):** Jednotné pracovní postupy. Analýza rostlinného materiálu. ÚKZÚZ Brno.

**ZBÍRAL, J. (2002):** Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy, 2. vydání, ÚKZÚZ Brno.

**ZEHNÁLEK, J., ADAM, V., KIZEK, R. (2006):** Asimilace dusičnanového, amonného a anodického dusíku u zemědělských plodin. *Chemické listy*, 100: 508–514.

**ZHENGPING, W. (1991):** Effect of organic matter and urease inhibitors on urea hydrolysis and immobilization of urea nitrogen in an alcalit soil. *Biology & Fertility Soils*, 44 (5): 693–705.

**ZHENGPING, W., VAN CLEEMPUT, O., DEMEYER, P., BAERT, L. (1990):** Effect of urease inhibitors on urea hydrolysis and amonia volatilization. *Biology & Fertility of Soils*, 11 (1): 43–47.

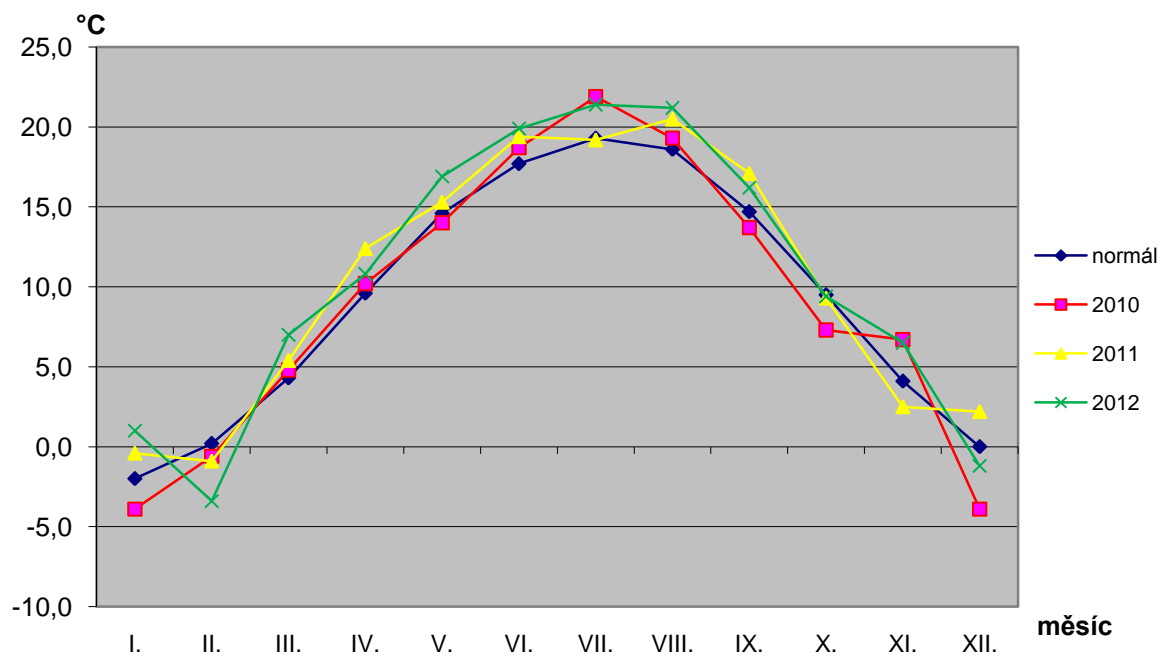
**ZRŮST, J. (1994):** Response of potato plants to drought stress by increased proline level in tubers. *Rostlinná výroba*, 1994, 40 (8): 711–720.

**ZRŮST, J. (2004):** Faktory ovlivňující obsah nutričně významných a škodlivých látek v hlízách a výrobcích z brambor. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, 84 s.

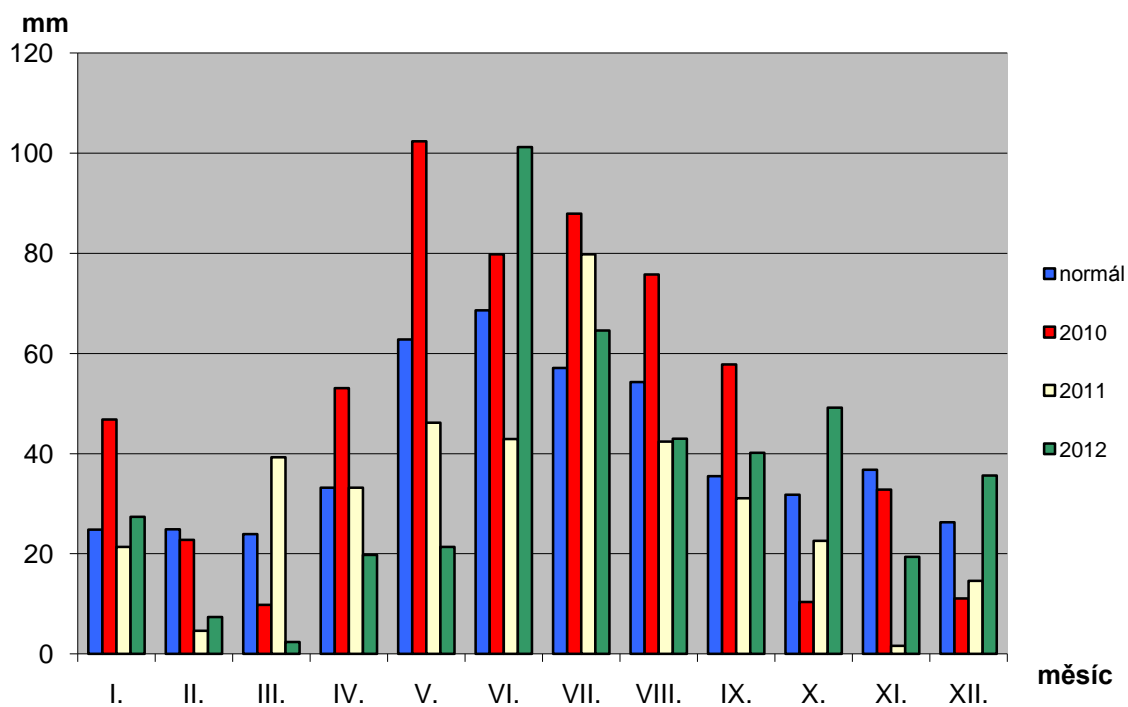
**<http://galenus.cz/aminokyseliny-potreba-aminokyselin.php>** (15. 6. 2012).

## 8 PŘÍLOHY

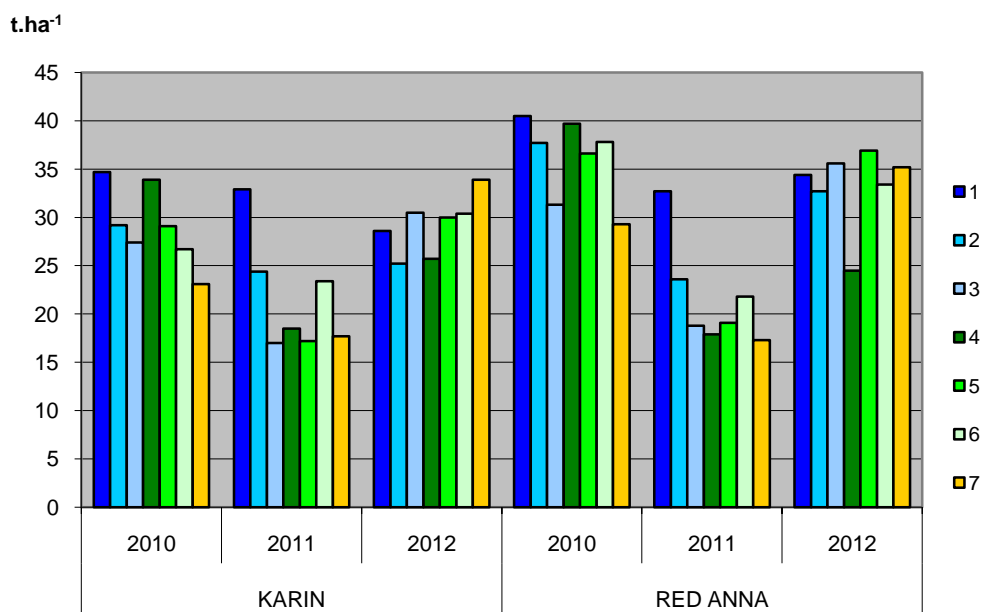
Graf 1 Průměrná měsíční teplota



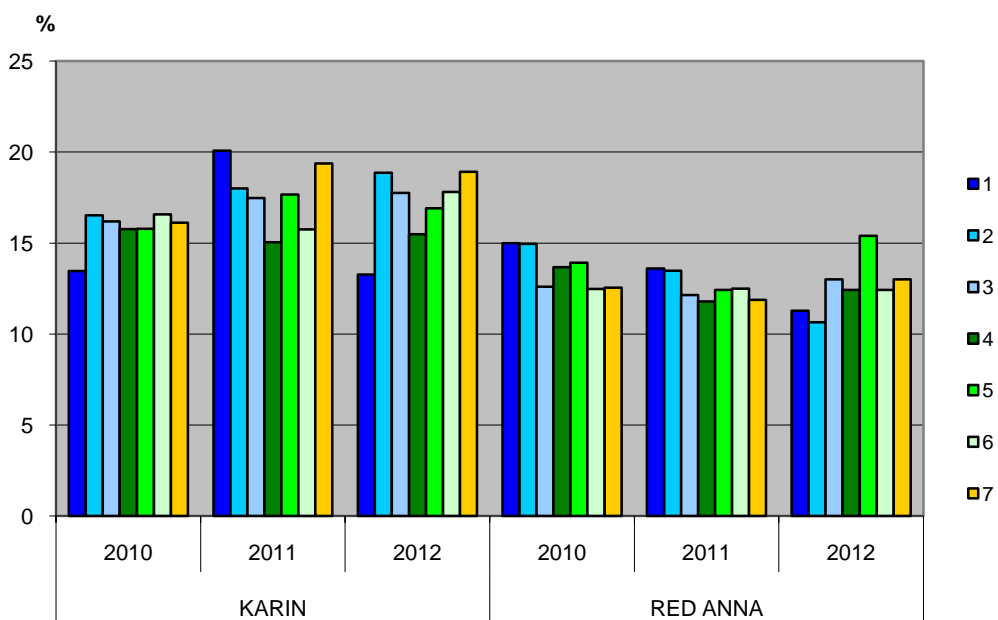
Graf 2 Suma srážek



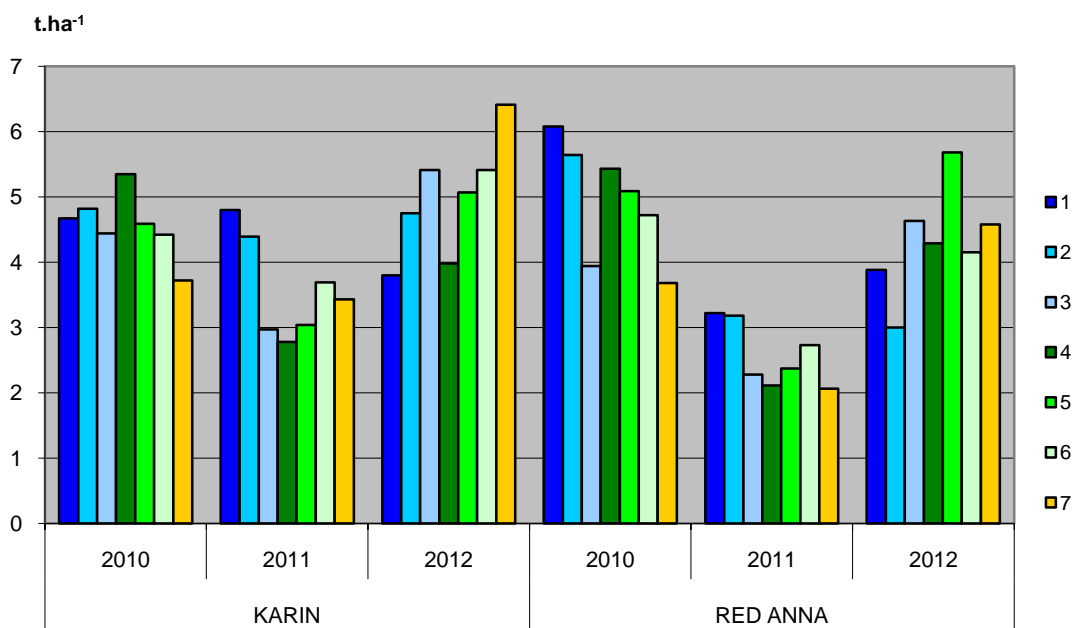
Graf 3 Výnos hlíz



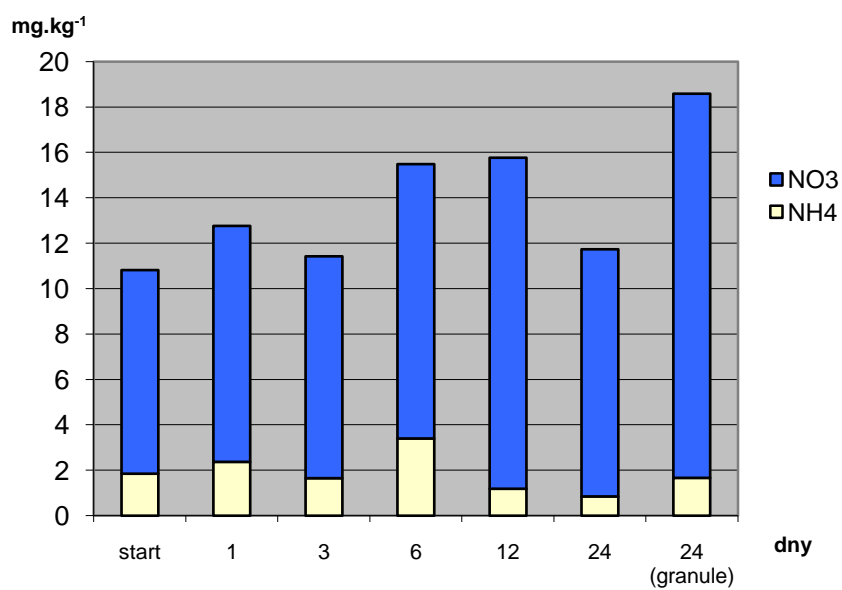
Graf 4 Obsah škrobu



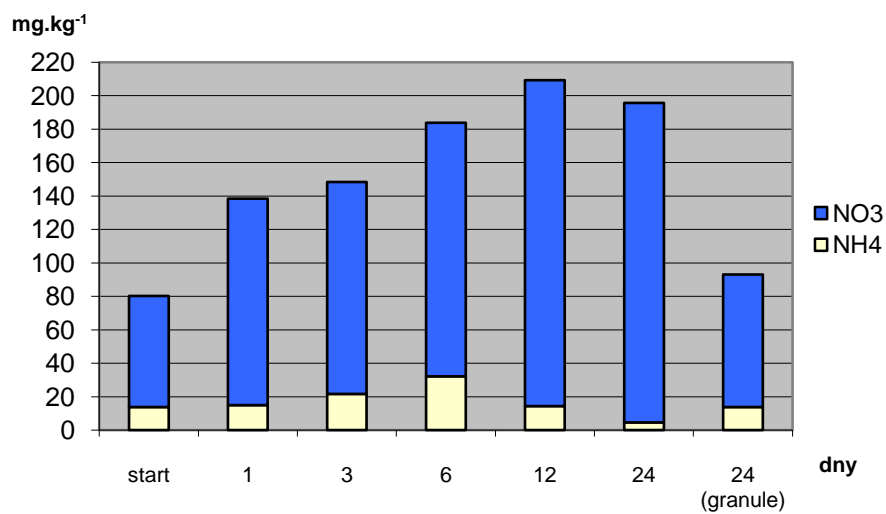
Graf 5 Produkce škrobu



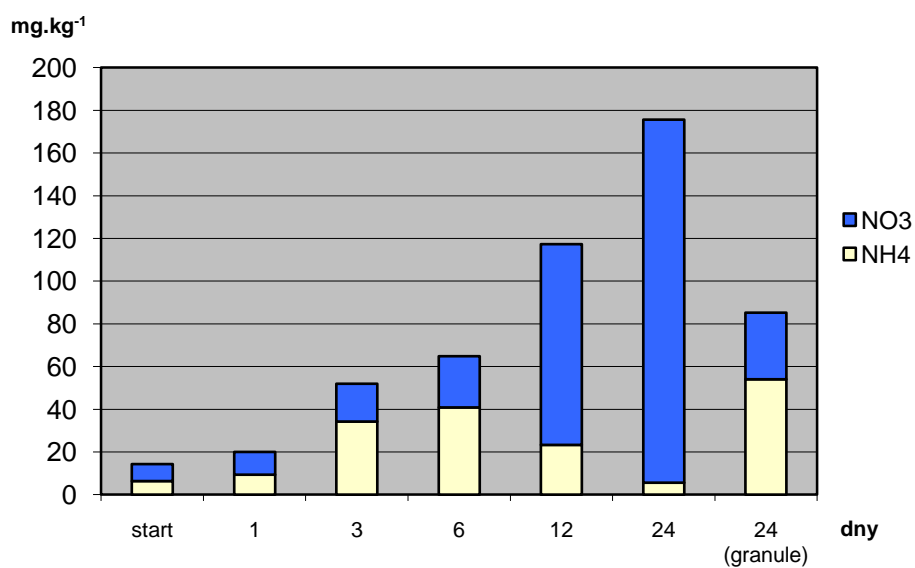
Graf 6 Obsah  $N_{min}$  v půdě u nádobového pokusu (nehojená varianta)



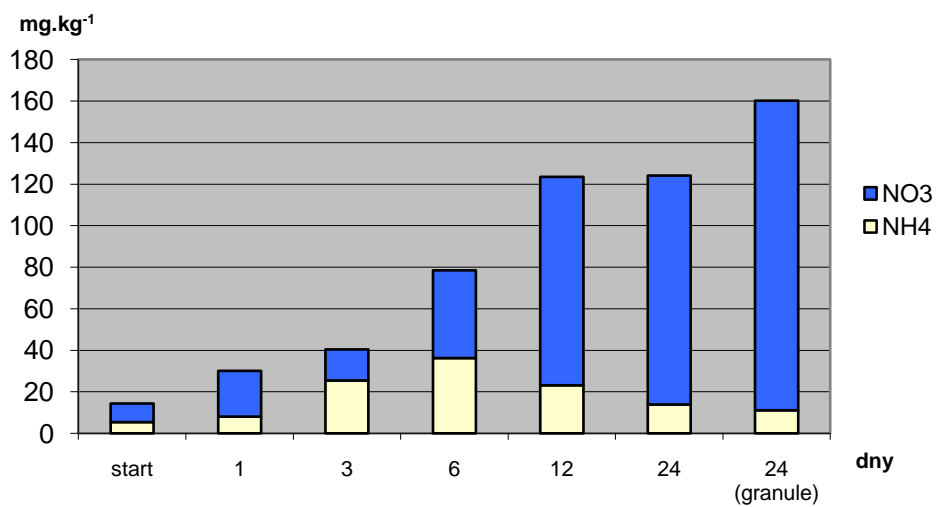
Graf 7 Obsah  $N_{\min}$  v půdě u nádobového pokusu (LAV)



Graf 8 Obsah  $N_{\min}$  v půdě u nádobového pokusu (močovina)



Graf 9 Obsah  $N_{\min}$  v půdě u nádobového pokusu (urea stabil)





## Seznam tabulek

Tab. 1 Klimatické podmínky vhodné pro pěstování brambor (Vokál et al., 1999)	14
Tab. 2 Pěstování brambor v České republice během 20 let (ČSÚ, 2013)	15
Tab. 3 Sklizňové plochy konzumních bramborostatních (ha) (MZe, 2013)	15
Tab. 4 Průměrné hodnoty obsahu významných látek v bramborové hlíze (Rybáček, 1988)	16
Tab. 5 Složení generativních a vegetativních orgánů (%) (Duchoň, Hampl, 1959)	16
Tab. 6 Obsah vitaminů v bramborách a jejich podíl na denní potřebě (Čepl et al., 2012)	18
Tab. 7 Obsah minerálních látek v bramborách a jejich podíl na denní potřebě (Vokál, 2012)	19
Tab. 8 Rozdělení aminokyselin (Mareček, Honza, 1998)	20
Tab. 9 Složení esenciálních aminokyselin v bramborových bílkovinách (g) – vztaženo na 16 g N (Vokál, 2012)	21
Tab. 10 Denní potřeba aminokyselin (80 kg tělesné váhy) ( <a href="http://galenus.cz/aminokyseliny-potreba-aminokyselin.php">http://galenus.cz/aminokyseliny-potreba-aminokyselin.php</a> , 2013)	22
Tab. 11 Porovnání nutričních hodnoty vybraných potravin (ve 170 g) (Čepl et al., 2012)	22
Tab. 12 Přípustná množství dusičnanů ve vybraných plodinách (Vyhláška č. 120/2008 Sb.)	23
Tab. 13 Spotřeba čistých živin v minerálních a stakových hnojivech ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Klír et al., 2007; ČSÚ, 2013; MZe, 2013)	24
Tab. 14 Dávka dusíku v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Jůzl et al., 2000)	28
Tab. 15 Maximální přípustné hodnoty rizikových prvků v půdách ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (Vyhláška č. 13/1994 Sb.)	32
Tab. 16 Agrochemická charakteristika půdy	63
Tab. 17 Provedené operace v roce 2009–2010	63
Tab. 18 Provedené operace v roce 2010–2011	64

Tab. 19 Provedené operace v roce 2011–2012	64
Tab. 20 Výpočet dávky N	65
Tab. 21 Schéma experimentu	65
Tab. 22 Termíny výsadby brambor	65
Tab. 23 Chemické ošetření porostu v roce 2010	67
Tab. 24 Chemické ošetření porostu v roce 2011	68
Tab. 25 Chemické ošetření porostu v roce 2012	68
Tab. 26 Průměrná teplota v letech 2010–2012	68
Tab. 27 Suma srážek v letech 2010–2012	69
Tab. 28 Průměrné denní teploty a srážky po výsadbě brambor v letech 2010–2012	70
Tab. 29 Termíny sklizně brambor	71
Tab. 30 Agrochemická charakteristika půdy	75
Tab. 31 Schéma nádobového pokusu	75
Tab. 32 Aplikace hnojiv ve formě roztoku	76
Tab. 33 Aplikace hnojiv ve formě granulí	77
Tab. 34 Termíny odběrů půdních vzorků	78
Tab. 35 Výsledky stanovení obsahu $N_{\min}$ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) v půdě po sklizni brambor v jednotlivých letech	79
Tab. 36 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2010 (Mehlich III)	81
Tab. 37 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2011 (Mehlich III)	82
Tab. 38 Výsledky rozboru půdy před sázením a po sklizni u jednotlivých variant v roce 2012 (Mehlich III)	83
Tab. 39 Výnos hlíz ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	85
Tab. 40 Obsah škrobu v hlízách (% v sušině)	87
Tab. 41 Produkce škrobu ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	87

Tab. 42 Obsah N v hlízách (% v sušině)	88
Tab. 43 Obsah P v hlízách (% v sušině)	89
Tab. 44 Obsah K v hlízách (% v sušině)	90
Tab. 45 Obsah Ca v hlízách (% v sušině)	90
Tab. 46 Obsah Mg v hlízách (% v sušině)	91
Tab. 47 Obsah Cd v hlízách ( $\text{mg.kg}^{-1}$ v sušině)	92
Tab. 48 Obsah N v nati (% v sušině)	93
Tab. 49 Obsah P v nati (% v sušině)	93
Tab. 50 Obsah K v nati (% v sušině)	94
Tab. 51 Obsah Ca v nati (% v sušině)	95
Tab. 52 Obsah Mg v nati (% v sušině)	95
Tab. 53 Obsah Cd v nati ( $\text{mg.kg}^{-1}$ v sušině)	96
Tab. 54 Obsah methioninu (Met) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	98
Tab. 55 Obsah threoninu (Thr) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	99
Tab. 56 Obsah valinu (Val) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	100
Tab. 57 Obsah isoleucinu (Ile) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	101
Tab. 58 Obsah leucinu (Leu) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	102
Tab. 59 Obsah fenylalaninu (Phe) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	103
Tab. 60 Obsah histidinu (His) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	103
Tab. 61 Obsah argininu (Arg) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	104
Tab. 62 Obsah lysinu (Lys) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	105
Tab. 63 Obsah cysteinu (Cys) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	106
Tab. 64 Obsah kyseliny asparagové (Asp) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	107
Tab. 65 Obsah serinu (Ser) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	107
Tab. 66 Obsah kyseliny glutamové (Glu) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	108

Tab. 67 Obsah prolinu (Pro) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	109
Tab. 68 Obsah glycinu (Gly) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	110
Tab. 69 Obsah alaninu (Ala) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	110
Tab. 70 Obsah tyrosinu (Tyr) v hlízách ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	111
Tab. 71 Suma esenciálních aminokyselin ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	112
Tab. 72 Suma neesenciálních aminokyselin ( $\text{g.kg}^{-1}$ v sušině)	113
Tab. 73 Obsah $\text{N}_{\text{min}}$ v půdě ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	116
Tab. 74 Výsledky stanovení pH a živin pomocí Mehlich III po aplikaci hnojiv ve formě roztoku	117
Tab. 75 Výsledky stanovení pH a živin pomocí Mehlich III po aplikaci hnojiv ve formě granulí	117

## Seznam obrázků

Obr. 1 Příjem dusíku rostlinami brambor během vegetace (Mayer et al., 2009)	28
Obr. 2 Nárůst integrální listové plochy (LAD) brambor a výnos hlíz v závislosti na dávce dusíku (Vaněk et al., 2007)	29
Obr. 3 Dynamika odběru živin bramborami (celá rostlina) během vegetace (Harris, 1978)	30
Obr. 4 Dynamika odběru vápníku a hořčíku bramborami během vegetace (Hawkins, 1946)	31
Obr. 5 Formy dusíku v půdě (Ivanič et al., 1979)	34
Obr. 6 Sezónní změny obsahu minerálního dusíku v půdě a související procesy přeměn (Bízík, 1989)	35
Obr. 7 Koloběh dusíku v přírodě (Postgate, 1978)	37

Obr. 8 Biosyntéza aminokyselin z rozličných intermediátů Calvinova cyklu, glykolýzy a citrátového cyklu (Zehnálek et al., 2006)	39
Obr. 9 Přeměny dusíku v půdě (Ryant et al., 2003)	43
Obr. 10 Deficience dusíku u brambor (Ryant et al., 2003)	48
Obr. 11 Rozdílná úroveň výživy dusíkem u brambor na lehké písčité půdě, v pozadí dobře zásobený porost, v popředí nehnojený (Vaněk a kol., 2007)	49
Obr. 12 Hlízy odrůdy Karin (Musilová, 2012)	61
Obr. 13 Hlízy odrůdy Karin (Musilová, 2012)	61
Obr. 14 Hlízy odrůdy Red Anna (Musilová, 2012)	62
Obr. 15 Hlízy odrůdy Red Anna (Musilová, 2012)	62
Obr. 16 Plán uspořádání parcel	66
Obr. 17 Porost brambor během vegetace (Musilová, 2012)	67
Obr. 18 Sklizeň brambor (Musilová, 2011)	71
Obr. 19 Sklizeň odrůdy Karin (Musilová, 2011)	72
Obr. 20 Sklizeň odrůdy Red Anna (Musilová, 2011)	72
Obr. 21 Sušení hlíz na filtračním papíru (Musilová, 2011)	72
Obr. 22 Homogenizace vzorků na mlýnku (Musilová, 2011)	72
Obr. 23 Nádobový pokus s vyznačenými dny odběru vzorků od zahájení (S) (Musilová, 2012)	76
Obr. 24 Použitá hnojiva (Musilová, 2012)	77

## **Seznam grafů**

Graf 1 Průměrná měsíční teplota	148
Graf 2 Suma srážek	148
Graf 3 Výnos hlíz	149

Graf 4 Obsah škrobu	149
Graf 5 Produkce škrobu	150
Graf 6 Obsah $N_{\min}$ v půdě u nádobového pokusu (nehnojená varianta)	150
Graf 7 Obsah $N_{\min}$ v půdě u nádobového pokusu (LAV)	151
Graf 8 Obsah $N_{\min}$ v půdě u nádobového pokusu (močovina)	151
Graf 9 Obsah $N_{\min}$ v půdě u nádobového pokusu (urea stabil)	152

## ANOTACE

V disertační práci s názvem „**Uplatnění močoviny s inhibitorem ureázy při hnojení brambor**“ byl sledován vliv dusíkatého hnojení močovinou a močovinou s inhibitorem ureázy NBPT (urea stabil) na změny obsahů  $N_{\min}$  v půdě a přístupných živin po sklizni, výnos hlíz, obsah škrobu, makroprvků N, P, K, Ca, Mg a Cd v hlízách a natích, obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin v hlízách.

Jako doplněk byl realizován nádobový pokus bez plodiny, u kterého byl v pravidelných intervalech po dobu 24 dnů porovnáván účinek močoviny, močoviny s inhibitorem ureázy (urea stabil) a ledku amonného s vápencem na změny obsahu  $N_{\min}$  a jednotlivých forem dusíku v půdě.

Polní experiment probíhal na Školním zemědělském podniku v Žabčicích (jižní Morava; kukuřičná výrobní oblast) s odrůdami brambor Karin a Red Anna. Pokus zahrnoval 7 variant hnojení: 1.) 100 % močoviny, 2.) 80 % močoviny, 3.) 60 % močoviny, 4.) 100 % urey stabil, 5.) 80 % urey stabil, 6.) 60 % urey stabil, 7.) minerálně nehnojená varianta (kontrola). Dále byl prováděn nádobový pokus v laboratoři Mendelovy univerzity v Brně, který zahrnoval 4 varianty hnojení: 1.) nehnojená varianta (kontrola), 2.) ledek amonný s vápencem, 3.) močovina, 4.) urea stabil.

Z dosažených výsledků polního pokusu je patrné, že se obsahy  $N_{\min}$  v půdě po sklizni zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva, přičemž ve většině případů nebylo signifikantních rozdílů mezi oběma hnojivy při shodné dávce aplikovaného dusíku. Vliv ročníku byl ovšem signifikantní. Půdní reakce po sklizni zůstala v rámci stejné kategorie, naopak obsahy přístupného P a Ca v půdě po sklizni byly ve většině případů vyšší oproti počátku pokusu (před sázením).

Z pohledu průměrných tříletých výnosů hlíz odrůdy Karin byla průkazně nejvyšší var. 1 (100 % močoviny) oproti všem ostatním variantám (var. 2–7). U odrůdy Red Anna byl zjištěn průkazný nárůst výnosu hlíz pouze u var. 1 (100 % močoviny) oproti var. 3 (60 % močoviny) a nehnojené kontrole (var. 7). U obou odrůd se projevila aplikace v dávce 80 % močoviny stejným efektem na výnos hlíz jako shodná dávka urey stabil a rovněž u odrůdy Karin měla dávka 60 % močoviny stejný vliv na výnos hlíz jako dávka 60 % urey stabil. Mezi odrůdami nebyl navzájem prokázán signifikantní rozdíl ve výnosu hlíz u 5 variant ze 7. Vyšších výnosů bylo dosaženo v letech bohatších

na srážky, tzn. v roce 2010 a 2012. Z hlediska tříletých průměrů nebylo signifikantních rozdílů v obsazích škrobu v hlízách mezi všemi variantami hnojení u odrůdy Red Anna. U odrůdy Karin byl signifikantní nárůst obsahu škrobu u nehnojené kontroly (18,14 %) oproti nejvyšší dávce N u obou hnojiv (15,60 % u močoviny, resp. 15,43 % u urey stabil). Odrůda Karin dosáhla téměř u většiny variant hnojení vyšších obsahů škrobu (15,43–18,14 %) než odrůda Red Anna (12,47–13,92 %). V produkci škrobu ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) v rámci tříletých průměrů nebyly prokázány signifikantní rozdíly mezi odrůdami (s výjimkou kontroly) ani variantami hnojení.

Vyšší obsahy N, K, Ca, Mg a Cd byly zjištěny v nati oproti hlízám. Druh, dávka hnojiva i odrůda neměly signifikantní vliv na obsah N, P, K, Ca, Mg a Cd v hlízách i natích brambor, na obsah K a Ca v hlízách měl signifikantní vliv ročník.

U odrůdy Karin se s nejvyšší dávkou urey stabil signifikantně zvýšil obsah esenciálních aminokyselin oproti všem ostatním variantám, zatímco mezi dávkami močoviny nebyly zřejmé difference. U odrůdy Red Anna se s aplikovanou dávkou močoviny snižoval obsah esenciálních aminokyselin, a to průkazně u var. 1 oproti var. 2 a 3. U hnojiva urea stabil tomu bylo naopak, kdy se zvyšující dávkou narůstal obsah esenciálních aminokyselin. Obsah neesenciálních aminokyselin se u variant hnojených ureou stabil u odrůdy Karin zvyšovaly s aplikovanou dávkou hnojiva, ovšem u variant s močovinou tomu bylo u obou odrůd naopak. Varianta s nejvyšší dávkou urey stabil dosáhla v obsahu neesenciálních aminokyselin signifikantně vyšších hodnot než shodná dávka močoviny. U odrůdy Red Anna obsah neesenciálních aminokyselin u nejvyšší dávky močoviny signifikantně poklesl oproti ostatním variantám.

V rámci nádobového pokusu u kontrolní nehnojené varianty kolísal obsah  $N_{\min}$  v půdě v průběhu pokusu od 10,8–15,8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Po aplikaci rozpuštěného LAV se obsah  $N_{\min}$  zvýšil na počátku pokusu na 80,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oproti 14,3  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  po aplikaci močoviny i urey stabil. Po 3 dnech pokusu byl obsah  $N_{\min}$  u var. s LAV 148,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s převahou  $\text{N}-\text{NO}_3^-$  (126,8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Po 3 dnech byl obsah  $N_{\min}$  po aplikaci močoviny vyšší (52,0  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oproti urea stabil (40,5  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), přičemž po aplikaci močoviny byl obsah  $\text{N}-\text{NH}_4^+$  34,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oproti 25,4  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  po aplikaci urey stabil. Inhibitor tedy zafungoval po 3, resp. ještě po 6 dnech od aplikace hnojiva. Ovšem 12. den po aplikaci obou hnojiv již nebylo rozdílů v obsazích  $\text{N}-\text{NH}_4^+$  a  $N_{\min}$ . U varianty bez počátečního rozpuštění hnojiv byl po 24 dnech od aplikace granulovaných hnojiv zjištěn dvojnásobný obsah  $N_{\min}$  (160,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) u hnojiva urea stabil oproti klasické močovine



(85,3 mg.kg<sup>-1</sup>) a LAV (92,9 mg.kg<sup>-1</sup>). Po 24 dnech od aplikace hnojiv ve formě roztoku nebo granulí měl větší vliv na obsah N<sub>min</sub> v půdě LAV ve formě roztoku (195,7 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti granulím (92,9 mg.kg<sup>-1</sup>) a také močovina ve formě roztoku (175,6 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti granulím (85,3 mg.kg<sup>-1</sup>). U urey stabil tomu bylo naopak – 124,1 mg.kg<sup>-1</sup> (forma roztoku) oproti 160,2 mg.kg<sup>-1</sup> (granule). Půdní reakce a obsah přístupných živin v půdě byly po 24 dnech shodné u všech variant hnojení.

Klíčová slova: dusík, brambory, močovina, urea stabil, škrob, výnos, aminokyseliny, hlíza, nat'