

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra biologických disciplín

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Provozně podnikatelský

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vyhodnocení obsahu nitrátů v základních druzích zeleniny
distribuovaných obchodní sítí města Prachatice**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Karel Suchý, Ph.D.

Autor diplomové práce:

Michaela Pěstová

České Budějovice

2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela PĚSTOVÁ**
Osobní číslo: **Z07697**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Provozně podnikatelský obor**
Název tématu: **Vyhodnocení obsahu nitrátů v základních druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítě vybraných lokalit.**
Zadávací katedra: **Katedra biologických disciplin**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Cílem práce je získat přehled o množství nitrátů, jako významného antinutričního faktoru, v zelenině nabízené v obchodní síti.
- 2) Obsah dusičnanů bude sledován v běžných, nejrozšířenějších druzích zeleniny (sezónní i celoročně dostupné) v průběhu celého roku. Zdrojem vzorků budou vybrané supermarketky a maloobchody.
- 3) Stanovení obsahu bude provedeno metodou měření iontově selektivní elektrodou. Podle možností bude u zeleniny z obchodní sítě zjišťován původ zeleniny (producent), a typ zeleniny (skleníková, polní).
- 4) Získané výsledky budou graficky a statisticky zpracovány a podle možnosti srovnány s předchozími či souběžnými výsledky získanými příslušnými institucemi státního dozoru (OHS, KHS, ČZPI, SZU) v daném regionu.
Práce bude mít standardní formální členění.

Rozsah grafických prací: 5 - 10 stran grafů a tabulek
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 60 stran textu
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Prugar, J., Prugarová, A.: Dusičnany v zelenině. Příroda, Bratislava, 1985.
Dusičnany v poľnohospodárskych produktoch. Sborník referátov, Bratislava 1987.
Míča, B., Vokál, B., Penk, J.: Dusičnany v bramborách a možnosti snížení jejich obsahu. MZ ČR, Praha 1991
Kolek, J., Kozinka, V.: Fyziológia koreňového systému rastlín. Veda, Bratislava, 1988.
Procházka s., Macháčková I., Krekule J., Šebánek J. a kol. (1998): Fyziologie rostlin. Academia, Praha 1998
Nátr, L.: Fotosyntetická produkce a váživa lidstva. ISV, Praha 2002


Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Suchý, Ph.D.
Katedra biologických disciplin

Datum zadání diplomové práce: 20. listopadu 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2012


prof. Ing. Miroslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentů 13
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. listopadu 2010

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně na základě vlastních poznatků a s použitím pramenů, uvedených v přehledu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 30. dubna 2012

Michaela Pěstová

KLÍČOVÁ SLOVA:

zelenina

dusičnany

obsah

KEY WORDS:

vegetables

nitrates

content

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování za metodické vedení, cenné připomínky a rady při zpracování a řešení diplomové práce patří obzvláště Ing. Karlu Suchému, Ph.D. Také děkuji paní Ing. Marcele Plsové za technické zázemí a odbornou pomoc.

OBSAH

1 ÚVOD	12
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	13
2.1. Význam zeleniny.....	13
2.2. Složení zeleniny	14
2.2.1. Hlavní obsahové látky	14
2.2.2. Rizikové obsahové látky.....	17
3 DUSÍK	19
3.1. Význam dusíku, projevy jeho nedostatku a nadbytku	19
3.2. Dusík v půdě	20
3.3. Dusík v rostlině	23
4 DUSIČNANY A DUSITANY	26
4.1. Význam dusičnanů a dusitanů.....	26
4.2. Hlavní zdroje dusičnanů ve stravě	26
4.3. Působení dusičnanů a dusitanů na zdraví v lidském organismu	27
4.4. Činitelé ovlivňující akumulaci a obsah dusičnanů v zelenině	28
4.5. Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině	29
4.5.1. Agrotechnická opatření vedoucí k nižšímu obsahu nitrátů.....	29
4.5.2. Možnosti snížení obsahu nitrátů kuchyňskou úpravou a dalším zpracováním zeleniny	30
4.6. Redukce dusičnanů.....	32
4.7. Příjem dusičnanů.....	33
4.8. Některé možné metody pro stanovení dusičnanů.....	33
4.9. Přípustné maximální hodnoty obsahu dusičnanů podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb.	34
4.9.1. Výklad pojmů pro jednotlivé skupiny potravin	34
4.9.2. Dusičnany	34
5 SPOTŘEBA ZELENINY V ČR	36
6 METODIKA	37
6.1. Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou (ISE)	37
6.2. Odběry vzorků.....	37
6.3. Příprava vzorků pro měření.....	38

6.4. Vlastní měření vzorků	39
6.5. Výpočet koncentrace NO_3^- ze stanovení pomocí ISE.....	40
7 VÝSLEDKY A DISKUZE	42
7.1. Košťáloviny.....	44
7.1.1. Kedluben	45
7.1.2. Květák	46
7.1.3. Brokolice.....	46
7.2. Plodová zelenina	47
7.2.1. Okurka	48
7.2.2. Paprika	49
7.3. Kořenová zelenina.....	50
7.3.1. Mrkev	50
7.3.2. Petržel	51
7.3.3. Celer.....	52
7.3.4. Ředkvička	53
7.4. Cibulová zelenina.....	54
7.4.1. Pórek	54
7.5. Listová zelenina	55
7.5.1. Hlávkové zelí	56
7.6. Brambory	56
7.6.1. Brambory rané	57
7.6.2. Brambory pozdní	57
8 ZÁVĚR	59
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo zjišťování množství obsahu dusičnanů v bramborách a v běžných druzích zeleniny, dostupných po celý rok a tím vysledovat zdravotní nezávadnost zeleniny nabízené v obchodní síti města Prachatice v letech 2011 – 2012.

Vzorky zeleniny byly odebírány ze třech supermarketů (COOP, PENNY, LIDL) na území města Prachatice. Obsah dusičnanů v zelenině byl zjišťován v průběhu let 2011 – 2012 a stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou. Z celkem 241 odebraných a analyzovaných vzorků zeleniny a brambor nevyhovělo stanoveným limitům 20 vzorků, které představují 8 % z kontrolovaného množství.

Z naměřených výsledků, uvedených v tabulce vyplývá, že v letech 2011 – 2012 v obchodní síti města Prachatice bylo nejvíce vzorků s nadlimitním nálezem zjištěno u okurek. Maximálnímu povolenému limitu nevyhovělo 25 % kontrolovaných vzorků. Také u ředkviček, celeru, petržele, brokolice a kedluben byl zjištěn větší počet nevyhovujících vzorků. U ředkviček nevyhovělo 17,6 %, u celeru 10,5 %, u petržele 11,1 %, u kedluben 12,5 % a u brokolice 6,6 %. Naměřené výsledky u brambor (raných i pozdních) ukazují, že stanovený limit překročilo 22,2 % z celkového kontrolovaného množství.

Na závěr lze konstatovat, že obsah kyseliny askorbové a vlákniny v zelenině hraje významnější roli než negativní působení dusičnanů na lidský organismus.

ABSTRACT

The aim of this work was determining the quantity of nitrate in the potatoes and vegetables in common, available through out the year and offered in selected supermarkets (COOP, PENNY, LIDL) in the town Prachatice in the years 2011-2012. The contents of nitrate in vegetables was determined by the method of measurement of the ion-selective electrode. From 241 exceeded limits given by law 25 % of samples, which represent 8 % of the controlled quantity. Highest amount of nitrates was found in cucumbers. Also in radish, celery, parsley, broccoli and kohlrabi was detected a greater number of non-compliant samples. The radish adversely affected by 17,6 %, parsley 11,1 %, kohlrabi 12, 5 % and 6,6 % for the broccoli. The measured results for potatoes (early and late) show that exceeded the limit 22,2 % of the total of the controlled quantity.

In conclusion, the contents of ascorbic acid and dietary fiber plays a more important role in vegetables than negative effect of nitrates on the human body.

1 ÚVOD

Zelenina se stává každodenní součástí lidské výživy. Má zde nezastupitelné místo a to z důvodu, že je významným, často hlavním nositelem vitamínů, minerálií, vlákniny a dalších látek důležitých a nezbytných pro lidské zdraví.

V roce 2010 celková spotřeba zeleniny v České republice dosáhla úrovně 80,6 kg na osobu (BUCHTOVÁ, 2011).

V zemích EU došlo během let 2005 – 2010 k dramatickému snížení spotřeby zeleniny. Celková spotřeba zeleniny na osobu v roce 2010 činila 81,4 kg. (www.eufic.cz)

Jedním z každodenních témat, kterým se zabývá snad každý spotřebitel, jsou potraviny. V poslední době lidé nesledují pouze množství a cenu konzumovaných potravin, ale při výběru a následném nákupu je zajímá především kvalita a zdravotní nezávadnost.

Z tohoto důvodu je zcela nezbytné pravidelně kontrolovat jakost ovoce a zeleniny, která přichází na náš trh. V České republice je orgánem státního dozoru zejména nad zdravotní nezávadností, jakostí a řádným označováním potravin Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Kontrola zdravotní nezávadnosti je zaměřena na obsah cizorodých látek, mezi které řadíme i dusičnany.

Za cizorodé látky se však v zeleninových výpěstcích neoznačují, protože jsou produktem normálního metabolismu rostliny. Nelze je tedy považovat za cizorodé látky rostlinných pletiv, ale představují se jako přirozená a anorganická zásoba dusíku, která by v dalších vývojových fázích rostliny mohla být přeměněna na organické látky a být rostlinou využita.

Je-li však jejich koncentrace ve sklizňové fázi nadměrná a překračuje určitou přípustnou mez, potom se dusičnany stávají látkou nežádoucí.

Cílem této práce bylo zjišťování množství obsahu dusičnanů v bramborách a v běžných druzích zeleniny, dostupných po celý rok, a tím vysledovat zdravotní nezávadnost zeleniny nabízené v obchodní síti města Prachatice v letech 2011 – 2012.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Význam zeleniny

Jedním z významných odvětví zemědělské výroby je pěstování zeleniny, neboť s rozvojem vědeckých poznatků o výživě člověka je stále více zdůrazňován význam zeleniny jako nepostradatelné součásti lidské potravy (MELICHAR et al., 1997). Má zde nezastupitelné místo pro vysokou biologickou a nízkou energetickou hodnotu. V posledních letech došlo ke změně v názorech na hodnocení jakosti zeleniny. Donedávna se pod zvýšením jakosti rozumělo obohacení produktů o složky, které jsou pro výživu člověka žádoucí (vitamíny, cukry, soli, bílkoviny). V současné době se tímto pojmem rozumí také snížení obsahu látek cizorodých, které mohou za určitých podmínek rozhodnout o možnosti využití výpěstků ke konzumu (z hygienického hlediska). Jde zejména o cizorodé látky, dusičnany, a jiné (HLUŠEK, 1996).

Změněný způsob života v technicky vyspělých zemích a stále se snižující nároky na výdej energie u moderního člověka vyžadují, aby se snížila i energetická hodnota přijímané potravy. Obezita a choroby, které s ní souvisejí, je toho dokladem. Zelenina jako produkt s nízkým obsahem energetických látek je přímo ideálním prostředkem ke snížení nadměrné hmotnosti.

Podle moderních poznatků člověk potřebuje denně získat v potravě 6 200 až 20 000 kJ. Zelenina tedy nemůže uspokojit energetickou potřebu člověka. Přitom svým objemem a složením podmiňuje žádoucí pocit nasycení, a proto je tak důležitou součástí redukční diety. Význam zeleniny jako nízkenergetické potraviny vyplývá zejména ze srovnání s libovým vepřovým masem (900 kJ), moukou (1 400 kJ) nebo sádlem (3 700 kJ) ve 100g (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Látkové složení zeleniny má význam nejen pro její nutriční a dietetickou hodnotu, ale své uplatnění má také v posklizňových procesech při skladování a zpracování na nejrůznější výrobky. Látkové složení je velmi rozmanité a stále jsou ještě objevovány nové složky, které i když jsou přítomné ve velmi malých množstvích, výrazně mnohdy ovlivňují fyziologické, aromatické, chuťové a nutriční vlastnosti zeleniny.

Hlavní význam zeleniny spočívá v tom, že dodávají lidskému organismu potřebné vitamíny a minerální látky. Lidské tělo si udržuje určitý poměr mezi

zásadotvornými minerálními látkami (sodík, draslík, vápník, hořčík, železo) a kyselinotvornými prvky (fosfor, síra, chlor, aj.) Většina zdrojů potravy (moučná jídla, maso) obsahují hlavně kyselinotvorné minerálie. Jen ovoce a zelenina (včetně brambor) obsahuje nadbytek zásadotvorných prvků a jsou proto důležitým regulátorem tzv. acidobazické rovnováhy v organismu (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989).

Zeleninu oceňujeme nejen pro její složení, ale také proto, že zeleninové druhy lze konzumovat i syrové, čímž v plné hodnotě zůstávají zachovány všechny cenné obsahové látky. Většinu z nich získává lidský organismus právě jen prostřednictvím konzumu zeleniny (PEKÁRKOVÁ, 2004).

2.2. Složení zeleniny

2.2.1. Hlavní obsahové látky

Největší podíl na hmotnosti všech druhů zeleniny má voda (PELEŠKA, 1992). Čerstvé zeleniny obsahují podle druhu 87 - 95 % vody (PEKÁRKOVÁ, 2004). V těchto mezích kolísá podle druhu, odrůdy, vegetačních podmínek i podle stáří nebo vyzrlosti rostliny a zralosti plodu. Voda v zelenině je převážně volná, nebo vázaná různými způsoby na různé složky (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989).

Z látek, které mají energetickou, tj. výživnou hodnotu, jsou v zelenině obsaženy bílkoviny (průměrně 1 %), cukry neboli sacharidy (5 %) a tuky (0,2 %) (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Cukry se v rostlinném těle vyskytují v malém množství (PELEŠKA, 1992). Obsah sacharidů v zelenině v průměru činí 28 g.kg^{-1} (POKLUDA, 2006).

Ze sacharidů jsou nejvýznamnější složkou jednoduché cukry, glukosa, fruktosa a disacharid sacharosa (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989), který vzniká kondenzací monosacharidů a další biologickou kondenzací vznikají oligosacharidy (složené ze dvou až deseti monosacharidů) a posléze polysacharidy různých forem. Nejběžnějšími polysacharidy jsou především škrob a celulóza (PELEŠKA, 1992). Škrob je přítomný v nezralém ovoci a ve větším množství v některé zelenině (hrášek, fazolka) (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). V průběhu skladování a zrání se škrob v ovoci i v zelenině opět mění v cukr. Závěrečným produktem kondenzace je buničina neboli celulóza (PELEŠKA, 1992).

Celulóza je zpevňující složkou rostlinných pletiv, její obsah v ovoci i zelenině závisí od druhu, anatomické části, stáří i vegetačních podmínek (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Lidský organismus není schopen celulózu rozložit, tedy strávit, ale pro výživu je důležitou složkou vlákniny (PELEŠKA, 1992).

Bílkoviny jsou důležitou součástí všech rostlinných buněk. Po stránce energetického obsahu jsou bílkoviny stejně hodnotné jako cukry (PELEŠKA, 1992). Nejbohatší na bílkoviny je hrášek, fazole, růžičková kapusta, kadeřávek, česnek a petržel (PEKÁRKOVÁ, 1992). Mnoho druhů zeleniny jich obsahuje více než 5 % (např. lebeda, mangold, křen, kadeřávek; luskoviny přes 30%, sójové boby až 40 %) (PELEŠKA, 1992).

Tuků je v zelenině méně, ale podléjí se na vytváření chuti i vůně zeleniny tím, že jsou součástí některých aromatických složek (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Jednou z nejvýznamnějších obsahových složek zeleniny je vláknina. Obvykle se hovořilo o tzv. hrubé vláknině, která je představována především celulózou, hemicelulózou a ligninem. V moderním pojetí mluvíme o tzv. vlákninovém komplexu. Kromě celulózy, hemicelulózy a ligninu zahrnuje i další látky, jako jsou pektiny, klovatiny a slizy. Je prokázáno, že nízká spotřeba vlákniny má souvislost s chorobami zažívacího traktu, ale i srdce a cév, s otylostí a se vznikem zhoubných nádorů. Vysoký obsah celkové vlákniny, což znamená přes 3 %, má především zelí, kapusta, tuřín a některé další zeleniny. Vyšší obsah mají jen luštěniny (5 %), naopak menší např. obiloviny (jen 1,5 %) (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Příjem vlákniny u dospělého člověka by se podle názorů různých odborníků měl pohybovat v rozmezí 20 – 40 g.den⁻¹. FAO (Organizace OSN pro výživu a zemědělství) doporučuje 30 g na osobu a den (DOSTÁLOVÁ, 1991).

Nejdůležitějšími obsahovými látkami v zelenině jsou vitamíny. V tomto směru jsou některé zeleninové druhy ve výživě doslova nenahraditelné. Bez vitamínů se lidský organismus neobejde a sám si je nedovede vyrobit. Vitamíny jsou obsaženy především v nejaktivnějších rostlinných orgánech, tj. v listech, rašících pupenech, mladých oplodích a někdy i v transportních orgánech. Nejvýznamnější z nich jsou vitamíny A, C a B (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Vitamín A, který má protiinfekční účinky je přítomen ve formě provitaminu, např. beta-karoten (zejména v mrkvi, špenátu, pažitce, kapustě a rajčatech) (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Je důležitý pro funkci zraku, vývin a růst

(PEKÁRKOVÁ, 1992). Při přípravě pokrmů se snadno znehodnocuje, a proto je konzumace syrové zeleniny vhodnější (PELEŠKA, 1992).

Z vitamínů skupiny B jsou nejvýznamnější vitamín B1, B2 a vitamín PP. Vitamín B1 je složkou karboxyláz, vyskytuje se zejména v hrášku, kapustě, pažitce, květáku a špenátu. Je poměrně stabilní i za přístupu kyslíku, škodí mu však zahřívání, zvláště v nekyselém prostředí (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Thiamin (B1) je významný pro nervový systém (PEKÁRKOVÁ, 1992). Vitamín B2 je složkou redoxních enzymů, vyskytuje se zejména v hrášku, kapustě, pažitce a špenátu. Obecně je konzervačním zákrokům méně citlivý než vitamín B1, rozkládá se světlem (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Riboflavin (B2) je důležitý pro růst, nervové a kožní buňky (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Vitamín PP se vyskytuje v zelených částech rostlin jako volná kyselina nikotinová, při běžných konzervářských operacích je stálý (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Niacin (B7=PP), který zabraňuje pelagře a podporuje činnost trávicího a nervového ústrojí, je nejbohatěji zastoupen v hrášku (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Vitamín C je nejdůležitějším vitamínem obsaženým v ovoci a zelenině (DUDÁŠ a PELIKÁN, 1989). Uplatňuje se v krvetvorbě, její nedostatek vede k tzv. jarní únavě a uvolňování zubů (PELEŠKA, 1992). Zasahuje do syntézy mnoha hormonů, ovlivňuje vstřebávání železa a aktivuje detoxikační systém, kterým se organismus zbavuje cizorodých látek, mimo jiné z tabákového kouře a alkoholu. Účastní se i přeměny cholesterolu na žlučové kyseliny v játrech. Patří mezi ochranné protistresové látky, zvyšuje odolnost proti infekci a má antikancerogenní účinky. Ze zeleniny je jeho nejbohatším zdrojem zeleninová paprika, růžičková kapusta a naťová a listová zelenina, především její zelené, nevybělené části (petržel, kopr, listy celeru, naťová cibule, pažitka). Lidský organismus si nedovede vytvářet zásoby vitamínu C. Je proto potřeba postarat se o jeho pravidelný přísun každodenním konzumem zeleniny, která organismu zajišťuje asi třetinu jeho celkové potřeby (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Všechny rostliny v sobě hromadí také minerální látky, které do svých pletiv přijímají z půdy prostřednictvím kořenů. Obsah minerálních látek je vždy nízký a z celkové hmotnosti rostlin dosahuje přibližně od 3 do 10 % (PELEŠKA, 1992). Minerální látky, i když v malém množství jsou pro lidský organismus nepostradatelné, zejména pro výživu mozku a nervové soustavy. Regulují fyziologické a biochemické funkce – stavbu kostí, zubů, tvorbu enzymů, hormonů

a dalších látek. V zelenině se vyskytují v lehce přijatelných sloučeninách a navíc je zelenina jejich nejdůležitějším zdrojem (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Nezanedbatelný je i obsah organických kyselin, z nichž nejvíce je zastoupena kyselina jablečná a citronová, dále kyselina glukuronová, jantarová, ferulová, tartronová, mravenčí a další. Například kyselina tartronová brzdí přeměnu glycidů na tuky a cholesterol – hraje tedy významnou roli v prevenci arterosklerózy a obezity (MALÝ,2003b).

Vzhledem k obsahu již zmíněných vitamínů, minerálních látek, vlákniny apod., zelenina i proto nadále představuje významnou složku lidské výživy a nebylo by správné její příjem omezovat. Navíc tyto látky omezují redukci nitrátů na nitrity, a tím brání jejich nepříznivému působení (FLOHROVÁ, 1990).

Zdravotní význam zeleniny v potravě tedy můžeme shrnout takto:

- chutí a vůní podporuje vylučování žaludečních šťáv a žluči
 - dodává organismu vitamíny a minerální látky
 - převahou zásadotvorných látek upravuje acidobazickou rovnováhu mezi kyselinotvornými a zásadotvornými složkami potravy
 - dodává organismu vodu a podporuje její vylučování, takže snižuje krevní tlak
 - obsahem hrubé vlákniny podporuje střevní peristaltiku a snižuje vstřebávání škodlivin sliznicí střev
 - upravuje střevní mikroflóru
 - nízkou energetickou hodnotou při značném objemu potlačuje pocit hladu a působí proti obezitě
 - příznivě působí na činnost ledvin tím, že snižuje množství zbytků potravy vylučovaných močí
 - zvyšuje odolnost organismu vůči škodlivým vlivům prostředí a stresům
- (PEKÁRKOVÁ, 1992).

2.2.2. Rizikové obsahové látky

Zelenina může obsahovat i některé nežádoucí látky, které nazýváme antinutričními. Některé z nich jsou přímými metabolity rostlin nebo určitého rostlinného druhu, jiné se do rostlin dostávají z prostředí, většinou vlivem neuvážené činnosti člověka. Tato druhá skupina jsou vlastně pro rostlinu cizorodé látky. Patří

mezi ně především těžké kovy a jiné průmyslové emise a rezidua pesticidů popř. bioregulátorů (PEKÁRKOVÁ, 1992).

V listové zelenině je nejproblematictější látkou kyselina šťavelová (oxalová), která váže vápník na šťavelan vápenatý, a tím omezuje využití vápníku v těle. Jedním ze způsobů jak lze neutralizovat její nepříznivý vliv je požití mléka (PEKÁRKOVÁ, 2002).

Některé přirozené složky obsažené v zeleninách se mohou stát chuťově nepříjemnými. Jde především o siličnaté látky v ředkvi a ředkvičkách, (PEKÁRKOVÁ, 2004).

Také aflatoxiny nebo mykotoxiny patří mezi zdravotně nežádoucí látky. Jsou to vysoce jedovaté látky, které vznikají v rostlinách a sklizených částech v důsledku napadení houbovými chorobami. Zeleninu bychom tedy měli konzumovat nenapadenou (PEKÁRKOVÁ, 1992).

V některých případech se v povědomí naší veřejnosti vytvořila do značné míry představa, že zelenina je hlavním, ne-li jediným nositelem nebezpečných škodlivin. Přitom nežádoucí cizorodé látky se dnes dostávají do lidského organismu i v jiných složkách potravy – v mase, mléce, pitné vodě. Kromě toho je dýcháme i se vzduchem. Proto se dnes usiluje o snižování obsahu cizorodých látek ve všech potravinách (PEKÁRKOVÁ, 1992).

3 DUSÍK

3.1. Význam dusíku, projevy jeho nedostatku a nadbytku

Dusík je přirozenou součástí přírodního prostředí. Nachází se v atmosféře, v horninách, v půdě, v rostlinných a živočišných organismech (MÍČA et al., 1991). Je vedle uhlíku, vodíku a kyslíku nejdůležitější biogenní prvek pro tvorbu bílkovin. Jako součást chlorofylů se podílí přímo na primární produkci zelených rostlin a tím se z něj stává klíčový faktor energetické a látkové bilance ekosystémů (ULRICH a SEIFERT, 1978)

Dusík je nejen podstatnou složkou bílkovin, ale i enzymů, chlorofylu, vitamínů, apod. Podporuje především růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty. Z minerálních živin je v sušině rostlin zastoupen největším podílem 0,5 – 5,0 %. Je tedy nejúčinnějším prvkem pro tvorbu nadzemní hmoty. Pro svoji vysokou účinnost bývá nazýván „monotorem růstu“ (NEUBERG, 1998).

Dusík zasahuje nejvýrazněji ze všech živin do životních pochodů rostlin. Toto klíčové postavení dusíku vyplývá z jeho základní úlohy v metabolismu rostliny. Dusík je živina, která má nejvýraznější vliv na objem rostlinné produkce a při vyrovnané optimální výživě všemi ostatními živinami příznivě ovlivňuje i její kvalitu. Je tedy rozhodujícím prvkem růstu, výnosu a kvality (MALÝ et al., 1998).

Jedním z prvních projevů nedostatku dusíku je pokles hodnoty udávající poměr hmotnosti sušiny nadzemní část/kořeny. Změna tohoto poměru je způsobena spíše poklesem rychlosti růstu nadzemní části, než zvýšením rychlosti růstu kořenů (PROCHÁZKA et al., 1998).

Ve starších částech rostlin dochází při nedostatku dusíku k hydrolýze proteinů a dusík je z nich transportován do mladších listů a pro potřeby tvorby semen. Proteolýza způsobuje zmenšování chloroplastů a snižování obsahu chlorofylu. Proto je prvním příznakem nedostatku dusíku žloutnutí starých listů. V konečném důsledku listy odumírají a opadávají. Rostliny trpící nedostatkem dusíku dříve dozrávají, poskytují nižší a méně kvalitní úrodu, plody jsou malé a je jich málo (TORMA, 2005).

Nízký příjem dusíku se projevuje rozdílně u jednotlivých druhů rostlin. Významné je i to, v které vegetační fázi se jednotlivé druhy rostlin nacházejí.

Nedostatek dusíku může totiž významně zasahovat do utváření jednotlivých výnosových prvků.

U některých plodin, zvláště okopanin a zelenin je žádoucí, aby rostliny měly dostatek dusíku na počátku vegetace pro tvorbu biomasy, hlavně listů, ale ke konci vegetace již omezené množství dusíku, které přispívá k fyziologickému dozrávání, a tím ke zvýšení kvality produkce. Důležitá je také skutečnost, že rostliny v důsledku omezeného příjmu dusíku nehromadí větší množství nitrátů, rostliny mohou dobře přijatý dusík využít pro tvorbu výnosu a není ohrožena nutriční a zdravotní hodnota produktů (VANĚK et al., 2002).

Příznaky přehnojení dusíkem nejsou tak výrazné jako při jeho nedostatku. Jednostranný nadbytek dusíku se projevuje bujným růstem velkých a vodnatých listů tmavozelené až namodralé barvy. Pletiva listů a stonků jsou řídká a dřevité části stonků špatně vyžívají (NEUBERG, 1998). Rostliny produkují relativně více vegetativní hmoty na úkor generativních orgánů (TORMA, 2005). Prodlužuje se vegetační doba, rostliny špatně rostou nebo i shazují slabé květy a jsou snadno napadány různými škůdci. Kvalita sklizených plodů je nižší následkem vysokého obsahu dusičnanů a snížených skladovacích vlastností (NEUBERG, 1998).

Nadbytek dusíku je méně častý a projevuje se většinou latentní formou. Působení nadbytku dusíku je rozdílné podle druhů rostlin a růstové fáze rostlin. Velmi citlivé na nadbytek dusíku v raných fázích vegetace, tzn. již při vzcházení, jsou některé drobnosemenné zeleniny (květák, brukev, zelí, salát), řepa, aj. rostliny. Omezení vzcháživosti a negativní ovlivnění růstu mladých rostlinek působí více amonná forma N než ledková (nitrátová). V pozdějších fázích růstu působí nadbytek N jeho hromadění v minerální formě v rostlinách. Při dobrých růstových podmínkách je N využíván k růstu hlavně vegetativních orgánů, tedy listů, stonků, výhonů a do jisté míry i květních orgánů (VANĚK et al., 2002).

3.2. Dusík v půdě

Dusík je klíčovým prvkem v přirozených ekosystémech i v obhospodařovaných půdách a jeho dostupnost většinou jednoznačně limituje produktivitu půd (ULRICH a SEIFERT, 1978).

Dusík je v půdě nepohyblivější základní živinou. Jeho obsah se také nejvíce mění podle počasí a na něm závislém průběhu rozkladu organických hmot v půdě.

Rozklad organické hmoty a uvolňování dusičnanů probíhá hlavně na podzim, kdy je dost srážek a teploty jsou ještě dost vysoké (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Dusík se v půdě vyskytuje jak ve formě organické, tak i anorganické. Rozhodující podíl dusíku v půdě je v organických sloučeninách (95 – 98 %), zastoupení anorganického dusíku je nízké. Základními formami anorganického dusíku jsou dusík amoniakální (NH_4^+) a dusičnanový (NO_3^-), které jsou rozhodující pro výživu rostlin. Z hlediska agronomického jsou považovány za rovnocenné (MÍČA et al., 1991).

Celkový obsah dusíku se v našich půdách pohybuje v průměru od 0,1 do 0,2 % a tato hodnota je poměrně stálá (MALÝ et al., 1998). Obsah dusíku se mění v závislosti na klimatu a způsobu pěstování rostlin (PROCHÁZKA et al., 1998).

Charakteristickou vlastností půdního minerálního dusíku je kvantitativní a kvalitativní sezónnost, jako výsledek působení dynamicky se uplatňujících přirozených, ale i člověkem řízených faktorů. Nízký obsah minerálního dusíku v půdě se obvykle zaznamenává v zimním období. V průběhu vegetačního období od jara do podzimu se nejčastěji formulují dvě maxima a jedno minimum (BIELEK et al., 1986).

Při koloběhu dusíku v půdě jsou pozorovány dva základní protichůdné procesy: syntéza složitých organických sloučenin z minerálních forem dusíku (dusík z dusičnanů a amoniaku se zabudovává do bílkovin a humusových látek) a rozklad organických látek přes polypeptidy, aminy, aminokyseliny, amoniak a následně až na dusitany, dusičnany a molekulární dusík (TORMA, 2005).

Mineralizace a imobilizace tvoří dva neoddělitelné procesy. Při mineralizaci dochází k trojstupňové konverzi organického dusíku na minerální (aminizace, amonizace, nitrifikace) a uvolňuje se energie, kterou využívají heterotrofní mikroorganismy, přičemž se anorganický dusík znova zabudovává do organických sloučenin, zejména do bílkovin (BÍZIK, 1989).

Mineralizací jsou organické sloučeniny rozkládány na anorganické formy, a to rychlostí 142 až 814 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N za rok, což odpovídá přiměřeně 1,2 až 7,4 % veškerého organického dusíku. Mineralizace začíná amonifikací, kterou zabezpečuje mnoho různých heterotrofních organismů (PROCHÁZKA et al., 1998).

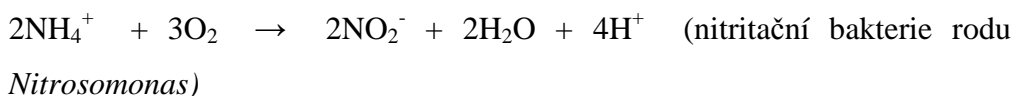
Podle BÍZIKA (1989) ionty (NH_4^+), uvolněné při amonifikaci se můžou v půdě využít anebo přeměnit následujícími způsoby:

1. biologickou oxidací na dusitany a dusičnany procesy nitrifikace
2. absorpcí vyššími rostlinami
3. přijetím heterotrofními mikroorganismy na rozklad uhlíkatých organických sloučenin
4. fixováním do biologicky nepřipustných forem v mřížce expandujících sekundárních jílových minerálů.

Dusík v amonné formě je z větší části půdou sorbován a stává se přechodně málo pohyblivý (NEUBERG, 1998). Také FLOHROVÁ (1990) uvádí, že amonná forma dusíku je v půdě málo pohyblivá a v rostlinách nemůže působit hromadění nitrátů. Ve větších množstvích může však být pro rostliny toxická.

Velmi významným procesem týkající se další přeměny mineralizovaného dusíku v půdě je nitrifikace (BÍZIK, 1989). Nitrifikace se účastní malý počet druhů autotrofních bakterií (PROCHÁZKA et al., 1998).

Amoniakální dusík se oxiduje mikrobiální cestou podle rovnic:



Konverzi dusitanů na dusičnany způsobuje druhá skupina autotrofních bakterií (*Nitrobacter*)



Dusík nitrátový představuje pohyblivou formu – a to jak v půdě, tak z hlediska příjmu rostlinami (FLOHROVÁ, 1990).

Intenzita nitrifikace stoupá s teplotou. Začíná při teplotě okolo 10 °C a nejvyšší hodnoty NO_3^- - N byly zjištěné při teplotách 25 – 30 °C. Nitrifikaci brzdí také vyšší koncentrace solí v půdě. Optimální průběh nitrifikace je při hodnotě pH 5,5 – 7,5 (BÍZIK, 1989). Intenzita nitrifikace je rovněž ovlivňována koncentrací amonných iontů jako substrátu i dalšími faktory prostředí, např. pesticidy (ULRICH a SEIFERT, 1978)

Rychlost mineralizace podle PRUGARA a HADAČOVÉ (1995) značně závisí na kvalitě půdní organické hmoty a je ovlivněna způsobem agronomického využití půdy a celým komplexem podmínek stanoviště, působením počasí a kultivačními opatřeními během vegetace.

V průběhu roku se projevuje i vliv klimatických podmínek. Živiny se v teplé půdě uvolňují rychleji, jejich uvolňování se v chladné půdě zpomaluje (FLOHROVÁ, 1990).

PRUGARA HADAČOVÁ (1995) upozorňují na příliš vysoké teploty vedoucí k nadměrné mineralizaci.

Významným činitelem favorizujícím převahu mineralizačních nebo imobilizačních procesů po zaorávání organické hmoty do půdy je poměr C : N. Při vysoké hodnotě podílu C : N se většinou uplatňuje imobilizace anorganického dusíku, při hodnotách pod 20 zase mineralizace (BÍZIK, 1989).

Ztráty dusíku z půdy jsou způsobeny jednak vymytím (nitráty), jednak volatilizací – uvolněním v plynné formě do atmosféry. To se týká zejména iontu NH_4^+ , který přechází na NH_3 . Sekvence mikrobiální činnosti může také zajišťovat procesy denitrifikace, při nichž nitrát přechází na nitrit, a ten dále na plynný oxid dusný a posléze na molekulární dusík (PROCHÁZKA et al., 1998).

Denitrifikační procesy způsobují bakterie, které z nitrátů získávají potřebný kyslík, je-li půda málo provzdušněná a její teploty se pohybují mezi 5 – 10 °C (FLOHROVÁ, 1990). Podle BÍZIKA, (1989) se jedná o mikroorganismy rodu *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter* a *Bacillus*. Z autotrofních mají schopnost redukovat dusičnany zejména sírné bakterie *Thiobacillusdenitrificans* a *Thiobacillusthioparus*. Tentýž autor dále uvádí, že ztráty dusíku v plynné formě se mohou pohybovat v rozmezí od 9 – 87 kg.ha⁻¹, vyšší ztráty byly zaznamenány v ulehlých půdách při vyšším obsahu vody.

Při nadměrné nabídce dusíku v půdě jej rostliny nestačí v mechanismu svého metabolismu spotřebovat, tj. využít na tvorbu aminokyselin s následnou syntézou bílkovin, a dochází v nich k jeho hromadění především ve formě dusičnanů.

Deficience dusíku v půdě vyvolá zvýšenou konverzi sacharidů do zásobních forem (škrob, tuky), jakož i do produktů druhotného metabolismu (lignin) (JŮZLET al., 2008).

3.3. Dusík v rostlině

Dusík je kvantitativně čtvrtým nejrozšířenějším makrobiogenním prvkem v rostlinách se zvláště významným postavením vzhledem k rostlinné produkci. Jeho obsah v rostlinách kolísá mezi 0,4 – 5,5 % podle typu a stáří pletiva

(JŮZL et al., 2008). Jeho hodnoty se nejčastěji pohybují okolo 1,5 % (TAIZA ZEIGER, 2002).

Obsah dusičnanů v rostlinách je závislý na rostlinném druhu, příp. odrůdě, a hlavně na nabídce dusíku, silně ovlivněné podmínkami prostředí, jako je fyzikální a fyzikálněchemický a biologický stav půdy a povětrnostní podmínky v průběhu vegetace, zvláště intenzita světla, teplo a vláha (PRUGARA HADAČOVÁ, 1994).

Rostlina přijímá dusík téměř výlučně ve dvou formách: dusičnanové (ledkové) a čpavkové (amoniakální). V polních podmínkách příjem dusičnanové formy převládá, protože čpavková forma hnojiv podléhá v půdě nitrifikaci. Rostliny přijímají dusičnanovou formu běžně na všech úrodných půdách, čpavkovou formu spíše jen na půdách kyselých a trvale zamokřených (KALÁČ a MÍKA, 1988).

Z početných sloučenin dusíku vyskytujících se v půdě jsou na výživu rostlin vhodné zejména NO_3^- a NH_4^+ . Rostliny mohou obě dvě formy dusíku dobře přijímat i asimilovat. Existuje druhová, ale i genová specifika příjmů a využití kationtového a aniontového dusíku. Některé rostlinné druhy efektivněji využívají nitrátovou, jiné naopak amonnou formu. Kořeny přijímají NO_3^- aktivně, ve směru elektrochemického gradientu. V protikladu s příjmem je výdaj NO_3^- pasivní proces. Nitrátový ion v pletivech kořenů se pohotově vymění s nitrátovým iontem půdního roztoku (KOLEK a KOZINKA, 1988).

Obsah dusičnanů v rostlině je v podstatě dán poměrem mezi hodnotami jejich příjmu z prostředí a intenzitou jejich redukce, určenou v prvním stupni enzymem nitrátoreduktázou (PRUGARA HADAČOVÁ 1994). Podle MÍČI et al. (1991) je nitrátoreduktáza velmi nestabilní enzym, který vykazuje denní variabilitu. Aktivita nitrátoreduktázy je regulována působením mnoha faktorů, jako je genotyp, stáří rostliny, hladinou hormonů, světlem, minerální výživou, trofickými faktory (suchem apod.)

PRUGARA HADAČOVÁ (1994) konstatují, že příjem dusičnanů závisí především na jejich nabídce v přípustné formě v půdě, intenzita redukce vedle aktivity nitrátoreduktázy a jiných faktorů, také na energetickém stavu rostliny. Pro akumulaci dusičnanů v nadzemní hmotě je důležitý rozsah, v jakém se redukují na amino- a amido- sloučeniny v kořenech. Pro vytrvalé rostliny je charakteristické, že se v jejich kořenech redukuje vysoký podíl přijatých dusičnanů. V jednoletých rostlinách nestačí redukující schopnost samotných kořenů, a tak se redukce odehrává i v nadzemních orgánech. Nezredukováné nitráty z kořenů jsou transportovány do

nadzemních částí hlavně xylémovými pletivy. Při snížené transpiraci se jejich koncentrace může zvýši tím, že je brzděn jejich transport do míst, kde probíhá redukce.

4 DUSIČNANY A DUSITANY

4.1. Význam dusičnanů a dusitanů

Jednou z dlouhodobě sledovaných potenciálně antinutričních látek jsou dusičnany (nitráty). Na naší Zemi se vyskytují zcela přirozeně, v posledních desetiletích se však jejich výskyt v přírodě uměle zvýšil díky přímým zásahům člověka (zvýšené osídlení krajiny, chemizace zemědělství) (FOREJT, 2008).

Nelze je v rostlinách považovat za cizorodé látky, protože jsou jedním z běžných asimilačních produktů všech rostlin. Jejich obsah v rostlinách se pohybuje od stop do 20 000 mg.kg⁻¹ (PEKÁRKOVÁ, 1992). Dusičnany a dusitany jsou přirozenou složkou životního prostředí a podílejí se na koloběhu dusíku v přírodě (VELÍŠEK, 2002). Jsou přítomny v půdě, ve vodě, v poživatinách rostlinného a živočišného původu, mohou být obsaženy i ve vzduchu a v atmosféře. Při běžném obsahu nepůsobí škodlivě. Jejich zvýšený obsah je však nežádoucí s ohledem na možnost jejich přeměny na dusitany, případně na nitrosaminy, které mají kancerogenní účinky (MÍČA et al., 1991).

PEKÁRKOVÁ (1992) konstatuje, že obsahy dusičnanů v dnes pěstované zelenině jsou patrně vyšší, než tomu bylo dříve. Snahy snižovat obsahy dusičnanů v zelenině mají ovšem své plné zdůvodnění ve zdravotnické prevenci. Opodstatněné jsou zejména proto, že přehnojování zeleniny je dosti běžnou praxí. Dostatek dusíku se totiž ze všech živin nejvíce projevuje na zvýšených výnosech. V současnosti, vzhledem k rostoucím nákladům na hnojiva a progresivním pěstitelským technologiím minimalizujícím ekonomické vstupy již nadměrné dávky dusíku nehrozí.

4.2. Hlavní zdroje dusičnanů ve stravě

Dusičnany se do naší stravy mohou dostávat z několika zdrojů. V nevelkých koncentracích jsou přirozenou složkou životního prostředí, ve zvýšených koncentracích se v důsledku intenzifikace zemědělské výroby (hnojení, odpady živočišné výroby, apod.) vyskytují v půdě a z ní přecházejí do vody a do rostlin (PRUGARA PRUGAROVÁ, 1985). Při vysokém obsahu dusíku v půdě dochází k akumulaci nitrátů v zelenině. Přitom však různé druhy zeleniny ukládají nitráty ve

velmi rozdílném množství (FLOHROVÁ, 1990). V oblastech se silnými průmyslovými imisemi kyslíkatých sloučenin dusíku vypouštěných do ovzduší se hromadí i v dešťové vodě (PRUGARA PRUGAROVÁ, 1985).

Jedním z hlavních zdrojů dusičnanů jsou potraviny, při jejichž zpracovávání či výrobě se používají dusičnany jako aditiva (dusičnan sodný NaNO_3 a draselný KNO_3), např. pro prodloužení trvanlivosti, jako ochrana před působením některých bakterií, pro udržení stálé barvy, apod. Jedná se zejména o maso a masné výrobky, ryby, rybí výrobky, konzervy a tvrdé sýry (FOREJT, 2008).

Dalším zdrojem dusičnanů je zelenina a okopaniny. Ty se dělí na tři skupiny podle schopnosti akumulovat dusičnany:

1. s vysokým obsahem dusičnanů (nad 1000 mg.kg^{-1}), např. salát, špenát, čínské zelí, ředkev, ředkvička, celer, kukuřice cukrová
2. se středním obsahem dusičnanů ($250 - 1000 \text{ mg.kg}^{-1}$), např. zelí, kapusta, květák, petržel, mrkev, brokolice, česnek, brambory
3. s nízkým obsahem dusičnanů (pod 250 mg.kg^{-1}), např. růžičková kapusta, cibule, rajčata, hrách, okurky (VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009).

Z celkového denního příjmu dusičnanů připadá na zeleninu asi 50 %, na brambory asi 25 %, na pitnou vodu 10 % a na maso asi 9 % (PEKÁRKOVÁ, 1992).

4.3. Působení dusičnanů a dusitanů na zdraví v lidském organismu

Z hlediska spotřebitele je obsah dusičnanů v potravinách nežádoucí. Ačkoli dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělé jedince nebezpečné, je akceptovatelný denní příjem ADI $3,5 \text{ mg NO}_3^-$ na 1 kg tělesné hmotnosti na den (VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009).

Avšak příjem vyššího množství dusičnanů z vody nebo potravin může u člověka vést k vyšší produkci dusitanů v zažívacím traktu a po jejich sloučení se sekundárními aminy i k tvorbě karcinogenních nitrosaminů. Vyšší konzumace dusičnanů může mít negativní vliv také na trávení a vstřebávání živin, metabolismus vitamínu A, funkci štítné žlázy, poruchy činnosti mozku a srdce. Závažným projevem vyššího příjmu dusičnanů u kojenců může být vznik dusičnanové alimentární methemoglobinémie. (FOREJT, 2008). Tato nemoc představuje zvýšené riziko pro kojence do 2 – 4 měsíců jejich života. Modrání sliznic i některých částí

těla, bolesti hlavy, pokles krevního tlaku, bušení srdce, zhoršené dýchání až ztráta vědomí jsou typickými příznaky (MÍČA et al., 1991).

Jednou z cest ochrany konzumenta proti nepříznivému zdravotnímu působení vyšších dávek nitrátů je podle FLOHROVÉ (1990) současné zabezpečení dostatečných dávek vitamínu C a E. Ochranný účinek obou vitamínů spočívá v tom, že zabraňují právě tvorbě nitrosaminů.

Vitamín C, který je ve vodě rozpustný blokuje proces tvorby nitrosaminů dokonce z 98 %. Vitamín E, který je ve vodě málo rozpustný má účinek poněkud menší. Podle teoretických propočtů při poměru vitamínu C k dusičnanům 2 : 1 nedojde vůbec k syntéze obávaných nitrosaminů (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Vliv na snižování možnosti vzniku nitrosaminů má také vláknina, protože urychluje průchod tráveniny ve střevech (FOREJT, 2008).

Účinek dusičnanů na člověka je znám i z hlediska léčebného použití jako kontrastní látky při rentgenování trávicího traktu. Dodnes se běžně využívají účinky dusitanů k rychlému snížení krevního tlaku a při záchvatech anginy pectoris (JŮZL et al., 2009).

4.4. Činitelé ovlivňující akumulaci a obsah dusičnanů v zelenině

Obsah dusičnanů v rostlinných produktech ovlivňují všechny zdroje dusíku, které má rostlina k dispozici jak z půdní zásoby, tak z organických a průmyslových hnojiv, z dešťových srážek, ze závlahové vody, vzdušných imisí, atd. Převážná většina dusíku je v půdě přítomna v organické formě, z níž se mineralizačními pochody transformuje na dusík anorganický. Během jednoho roku se takto může v půdě uvolnit až 200 kg dusíku z jednoho hektaru. Rychlost těchto přeměn závisí na kvalitě půdní organické hmoty a je ovlivněna způsobem agronomického využití půdy (plodina, meziplodina, úhor) a celým komplexem podmínek stanoviště, působením počasí a kultivačními opatřeními během vegetace. Tyto faktory jsou většinou významnější, než samotné dusíkaté hnojení, a to zejména v úrodnějších půdách bohatších na humus (PRUGAR a HADAČOVÁ, 1995).

Faktory, které přímo nebo nepřímo ovlivňují obsah dusičnanů v produkci zemědělských plodin a z nich vyráběných produktů, působí zpravidla ve vzájemné

interakci. Váha ovlivňování obsahu dusičnanů jednotlivými faktory je podle konkrétních podmínek a plodin rozdílná.

K hlavním faktorům patří zejména:

- biologické a genetické vlastnosti plodin charakterizující druh a užitkový směr pěstování, odrudové rozdíly
- vliv ročníku, především světelné poměry, délka i poměry tepelné a vlhkostní
- stanovištní podmínky, hlavně půdní podmínky, agrochemické poměry, humóznost půdy, aj.
- vliv organického a minerálního hnojení z hlediska dávek a vyváženosti živin a termínu aplikace, případně využívání inhibitorů nitrifikace
- vliv agrotechnických opatření a pěstitelských zásahů včetně korigování termínu sklizně v závislosti na obsahu dusičnanů
- způsob potravinářského a kuchyňského zpracování

(MÍČA et al., 1991).

4.5. Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině

4.5.1. Agrotechnická opatření vedoucí k nižšímu obsahu nitrátů

Podle PRUGARAA HADAČOVÉ (1994) je k tomu, aby byla dosažena nižší kumulace dusičnanů v rostlinách a dobré výnosy, nutné dodržovat zásady správné agrotechniky včetně střídání kultur, regulovat přísun dusíku nejen podle okamžité zásoby v půdě, ale i podle jeho předpokládané mobilizace, dávat přednost jeho pomalu působícím zdrojům, vyloučit mimokořenovou výživu dusíkem nedlouho před sklizní a nesnažit se kompenzovat nedostatky v agrotechnice zvýšenými dávkami průmyslových hnojiv.

Při pěstování je zapotřebí zajistit takové podmínky, aby se rostliny mohly vyvíjet v dostatečném světle, při kterém mohou přijaté dusičnany spotřebovat na stavbu svého těla, a co nejméně jich ukládat (PEKÁRKOVÁ, 2004).

Rostliny se v průběhu vegetace především nesmějí přehnojovat dusíkem, a to průmyslovými ani organickými hnojivy (PEKÁRKOVÁ, 2002).

V řadě pokusů byla prokázána možnost regulace obsahu nitrátů u polní zeleniny nejen hnojením (dávka N, termín hnojení, rozdělení dávky, forma hnojiv

aj.), ale i organizací porostu. Např. ve větších kořenech mrkve (průměr 25 – 30 mm) byl obsah NO_3 nižší o třetinu nežli v kořenech průměru 13 – 16 mm (BARTOŠ a HOLÍK, 1990).

Důležité je sladit obsah dusíku v půdě s rozdílnou spotřebou v různých růstových fázích (HLUŠEK, 1996).

Ke snížení obsahu dusičnanů v rostlinách mohou přispět hnojiva s inhibitory nitrifikace, které zpomalují proces uvolňující v půdě dusičnany z hnojiv a brání tak, aby rostliny měly k dispozici najednou příliš mnoho přijatelného dusíku (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Organická hnojiva zpravidla vedou k nižší akumulaci dusičnanů než minerální (PRUGARA HADAČOVÁ, 1994).

Snížení obsahu nitrátů v zelenině lze částečně dosáhnout volbou doby sklizně se zaměřením na vyšší světelný požitok, příznivé teploty, apod. Je např. vhodnější sklizeň v odpoledních hodinách než časně ráno, kdy po tmavé noci je koncentrace dusičnanů v rostlinách nejvyšší (FLOHROVÁ, 1990).

Významného snížení obsahu dusičnanů lze dosáhnout také postřikem 3% roztokem sacharózy. PRUGARA HADAČOVÁ (1995) uvádějí u rychleného salátu snížení obsahu dusičnanů o 500 mg, resp. až o 1 450 mg, při aplikaci sacharózy 6 dní před sklizní. Autoři se domnívají, že působení sacharózy zde plní funkci externě dodaného C – skeletu, nezbytného k využití dusičnanu redukovaného na amoniak. Uhlíkatý skelet nemůže při nízkých intenzitách osvětlení vznikat v dostatečné míře fotosyntézou.

4.5.2. Možnosti snížení obsahu nitrátů kuchyňskou úpravou a dalším zpracováním zeleniny

Při kuchyňské úpravě se můžeme vyhnout těm částem, které obsahují dusičnanů nejvíce: košťálům, stonkům, listovým žebřům. Tak např. u mrkve je na dusičnany nejbohatší střední dřevná část kořene. U celeru je zase nejbohatší na dusičnany horní část bulvy u vegetačního vrcholu, u kedluben je obsah dusičnanů v horní části bulvy naopak nejnižší. U salátu jsou nejvyšší obsahy dusičnanů ve vnějších listech, potom ve středních listech a nejnižší v srdéčku hlávky. Vyšší obsah dusičnanů mají také slupky. Proto loupání, např. u okurek vede ke snížení obsahu dusičnanů v připraveném jídle (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Základní operací při prakticky všech dalších kuchyňských úpravách brambor, ať už se jedná o vaření nebo o výrobu výrobků z brambor, je loupání. Obsah dusičnanů ve slupce brambor je relativně vysoký. Poměr mezi obsahem dusičnanů ve slupce a v dužině je závislý na odrůdě a pohybuje se v rozmezí 1,5 – 3,6. Ztráty loupáním závisejí na odrůdě, velikosti a tvaru hlíz, hloubce oček, tloušťce slupky a způsobu loupání. Způsoby loupání mohou výrazně ovlivnit ztráty na obsahu dusičnanů (MÍČA et al., 1991).

Způsob dalšího zacházení se sklizenou zeleninou, tedy podmínky při přepravě, skladování a při dalším zpracování, mají značný vliv na obsah nitrátů (FLOHROVÁ, 1990).

Četné pokusy dokazují, že uchovávání čerstvé zeleniny při teplotách, které odpovídají pokojovým a i při vyšších teplotách, dochází ke zvýšení přeměny nitrátů na nitrity. Naopak při uchování v ledničce po 2 dny zůstaly tyto hodnoty zhruba stejné.

Zvyšování obsahu nitrátů během skladování prokázali v poslední době např. SUN-JUAGENSHO (2007). V jejich experimentech se však neprojevil vliv teploty na skladování.

Při ošetření zeleniny mražením se obsah nitrátů prakticky nezmění; mražením se tedy obsah nitrátů nesnižuje, avšak nedochází ani k jeho zvýšení. Z hlediska obsahu cenných látek v zelenině jde přitom o velmi šetrný způsob zpracování (FLOHROVÁ, 1990).

Také LESZCZYANSKÁ et al. (2009) při svém pokusu zmrazení zeleniny po dobu 4 měsíců nezaznamenala žádné změny obsahu dusičnanů.

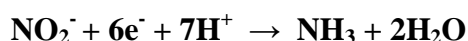
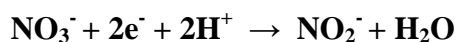
Blanšírováním, které představuje přípravný proces při konzervářském zpracování zeleniny, se obsah nitrátů snižuje. Dalším tepelným zpracováním (vaření, dušení) dochází ke snížení výchozího obsahu nitrátů v zelenině o 60 - 80 % (ŠVUBOVÁ a ZAJÍCOVÁ, 1986).

Při vaření čerstvé kořenové zeleniny CHETTY a PRASSAD (2009) zjistili, že se obsah dusičnanů snižuje až o 23 – 43 %, zatímco smažení na oleji může zvednout jejich obsah až na 299 % původního obsahu. Při pečení zeleniny se podle těchto autorů obsah nitrátů v podstatě nemění.

4.6. Redukce dusičnanů

Redukce dusičnanů na dusitany a amoniak probíhá hned po jejich vstupu do rostlin, především v tenkých kořincích. Pokud kořeny neobsahují dostatek redukujících látek, nestačí enzym nitrátreduktáza zredukovat všechnen přijatý dusičnanový dusík a ten přechází do nadzemních orgánů rostlin, kde redukce může pokračovat. Při nadbytku přijímaných dusičnanů se jen 30 - 50 % z nich redukuje v kořenech a zbytek přechází do osy a listů. Jestliže ani zde není dostatek energie na redukci, hromadí se a kontaminují tak rostlinnou hmotu (PRUGARA PRUGAROVÁ, 1985).

Redukce NO_3^- probíhá ve dvou stupních. Nejprve je enzymem nitrátreduktázou (NR) redukován NO_3^- za vzniku NO_2^- , který je pak nitritreduktázou (NiR) dále redukován na NH_3 :



(TAIZA ZEIGER, 2002).

Redukce probíhá ve všech částech rostliny, převážně ale v listech. Do jaké míry se jednotlivé části rostliny podílejí na redukci dusičnanů, závisí v první řadě na druhu rostliny a až ve druhé na koncentraci dusičnanů v prostředí a podmínkách stanoviště. Obrovskou roli zde hraje aktivita nitrátreduktázy. Ta rozhoduje o rozsahu i rychlosti první fáze nitrifikace, která je limitující reakcí v celém systému redukce NO_3^- na NH_4^+ v rostlině. Nitrátreduktáza je uváděna do vysoké účinnosti světlem, dále je k tomu potřeba dostatek mikroelementů nepostradatelných pro enzymové redukční reakce (Mo, Mn, příp. Fe, Cu, Co, Zn). Aktivita nitrátreduktázy je v rostlinách zakotvena geneticky, a odtud pramení značné rozdíly mezi druhy a odrůdami rostlin. V mladých listech bývá aktivita nejvyšší, ve starých nejnižší.

Nitrátreduktáza je přizpůsobivým enzymem. Rychlý nárůst či pokles její aktivity (během pár hodin) umožňuje, aby jedovaté zplodiny (NO_2^- a NH_4^+) se v pletivech nehromadily. V další fázi se NH_4^+ zabudovává složitým enzymovým mechanismem do uhlíkatého řetězce sacharidů a dalších metabolitů za vzniku aminokyselin a jiných dusíkatých organických látek. S tím je také spojen přírůstek organické hmoty v rostlině. Podobně jako aktivita nitrátreduktázy, také obsah organického N a přírůstek sušiny byly průkazně vyšší u mladých listů a listů na

mladých výhonech ve srovnání se starými. Lze tedy vyvodit, že konverze přijatého dusičnanového N na N organický se snižuje tak, jak se rostlina vyvíjí a zvyšuje se podíl starších částí na celkovém výnosu sušiny (KALACĀ a MÍKA, 1988).

4.7. Příjem dusičnanů

Asimilace dusičnanů v rostlině představuje koordinaci třech na sebe navazujících procesů:

1. příjem a přesun iontů NO_3^- z vnějšího prostředí do buněk
2. redukci iontů NO_3^- na amoniak
3. zabudování dusíku v redukované formě přes ketokyseliny do molekul aminokyselin

Můžeme tedy zjednodušeně říci, že koncentrace dusičnanů v rostlině, nebo přesně v jejich jednotlivých částech, vyplývá jednak z intenzity příjmu iontů NH_3^- , tak i z intenzity redukce dusičnanů v metabolismu rostliny.

Dusík přijatý rostlinami je obvykle dlouhodoběji vázaný v porovnání s imobilizací půdních mikroorganismů. K jeho uvolnění dochází většinou až po odumření rostlin, tedy až tehdy, kdy se rostlinné tělo stává součástí půdní organické hmoty. Na intenzivně využívané zemědělské půdě se rostlinami imobilizuje nejenom půdní dusík, ale i dusík z průmyslových hnojiv (PRUGARA PRUGAROVÁ, 1985).

4.8. Některé možné metody pro stanovení dusičnanů

Jednou z referenčních (např. v rámci EU) měřících metod je využití iontové kapalinové chromatografie (HPLC). Jsou rovněž zkoumány možnosti přípravy vzorků digescí s využitím mikrovln (NOVAESet al., 2009)

Jednou z nově ověřovaných rychlých a relativně nenáročných metod zjišťování obsahu nitrátů, je UV spektrofotometrie s využitím spektrální dekonvoluce (NAMet al., 2008).

Inontově selektivní metoda je další měřící metodou, která bude použita pro vlastní měření vzorků v této práci.

4.9. Přípustné maximální hodnoty obsahu dusičnanů podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb.

4.9.1. Výklad pojmů pro jednotlivé skupiny potravin

- 1) U jednotlivých kontaminujících látek uvedených v této příloze jsou vyznačeny hodnoty nejvyššího přípustného množství, a speciálního množství pro potraviny a skupiny potravin. Do skupiny potravin spadají pouze dále vyjmenované druhy potravin a platí pro ně stanovená limitní hodnota. Pro potraviny, pro které nejsou uvedeny hodnoty jmenovitě nebo nejsou zařaditelné do skupiny potravin, platí limitní hodnota pro potraviny obecně (podle označení A nebo B pro potraviny obecně).
- 2) Při zjištění, že je hodnota přípustného množství v potravine překročena do 50 %, odebere se ze šarže, ze které byla tato potravina vybrána, odpovídající počet vzorků (n). V případě, že překročení přípustného množství nebude prokázáno u vyššího počtu vzorků než (M), bude potravina posouzena jako zdravotně nezávadná. Počty vzorků jsou uvedeny u jednotlivých kontaminujících látek pro dané druhy potravin ve sloupci přípustné hodnoty zlomkem n/M. Při překročení o více než 50 % přípustného množství se potravina pokládá za jinou než zdravotně nezávadnou. ¹⁾
- 3) Stanovené limitní hodnoty jednotlivých kontaminujících látek platí pro jedlý podíl potraviny. Jedlým podílem se rozumí potravina zbavená nejedlých částí (např. slupka, pecky, kosti).

1) § 10 odst. 1 písm. a) zákona č. 110/1997 Sb.

4.9.2. Dusičnany

- 1) Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový ion NO_3^- .
- 2) Pro výrobky ze zeleniny, sterilované, nakládané, zmrazené, kysané a pro zeleninové šťávy, a dále pro výrobky z ovoce a ovocné šťávy platí přípustná množství jako pro výchozí základní suroviny.
- 3) Pro obsah dusičnanů používaných jako přídatná látka jsou stanovena nejvyšší přípustná množství v příloze č. 1.

Tab. č. 1: Nejvyšší přípustná hodnota dusičnanů v zelenině vyjádřená jako dusičnanový ion NO_3^-

Potravina	Nejvyšší přípustné množství	Přípustné množství
	mg.kg^{-1}	mg.kg^{-1} (5/2)*
zelenina – listová, kromě hlávkového salátu, pekingského a čínského zelí	1 000	
plodová zelenina		400
lusková zelenina		400
kořenová zelenina		700
košťálová zelenina		700
čerství špenát (sklizeň od 1.11. do 31.3.)	3 000	
čerství špenát (sklizeň od 1.4. do 31.10.)	2 500	
špenát zmrazený, konzervovaný	2 000	
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1.10. do 31.3.)	4 500 ⁵⁾	
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1.4. do 30.9.) s výjimkou salátu polního	3 500 ⁵⁾	
salát polní (sklizeň od 1.5. do 31.8.)	2 500 ⁵⁾	
pekingské a čínské zelí	2 500	
melouny, tykev, cuketa	700	
ředkvičky	1 500	
červená řepa	3 000	
brambory mimo brambory rané		300
brambory rané do 15.7.		500
potraviny obecně A		200
potraviny obecně B		2000

Pramen: SBÍRKA ZÁKONŮ č. 53/2002

⁵⁾Chybí – li odpovídající značení, udávající výrobní způsob, aplikuje se limit pro volně pěstovaný (polní) salát.

(5/2)* z 5 analyzovaných vzorků mohou vykazovat nadlimitní obsah maximálně 2 vzorky

5 SPOTŘEBA ZELENINY V ČR

V roce 2009 se trend mírného nárůstu spotřeby zeleniny zastavil a klesl o 1,6 kg. Na tomto poklesu se podílí hlavně snížení spotřeby rajčat o 10,5 %, cibule o 12,5 % a zelí o 14,9 %.

Obecně lze říci, že v posledních letech stoupá poptávka po zelenině, která nevyžaduje náročnou kuchyňskou úpravu. V domácnostech se z časových důvodů vaří méně ze základních surovin, čímž se snižuje spotřeba zelenin časově náročných na úpravu, jako je např. hlávkové zelí, celer, hlávková kapusta, pór a červená řepa. Naproti tomu se zvyšuje spotřeba salátů, kedlubnů, ředkviček, paprik a chřestu a začíná se rovněž zvyšovat poptávka po koktejlových a cherry rajčatech (BUCHTOVÁ, 2011).

Tab. č. 2: Spotřeba zeleniny v ČR v hodnotě čerstvé (kg/osoba/rok)

Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010*
Spotřeba	81,1	82,2	85,3	82,9	82,1	78,7	80,0	79,8	77,8	81,4	82,7	82,8	81,2	80,6

Pramen: BUCHTOVÁ 2011 In: ČSÚ

Poznámka: * - Odhad Mze

Tab. č. 3: Vývoj roční spotřeby zeleniny v hodnotě čerstvé (včetně výrobků) podle druhů na jednoho obyvatele v ČR v kg.

Druh zeleniny	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Celer	2,3	2,3	2,1	1,3	2,3	1,5	1,6	1,5	1,6	2,3	1,4	1,5
Cibule	11,6	11,0	10,6	9,9	11,6	8,8	11,5	9,3	10,0	10,5	11,9	10,4
Česnek	1,1	1,2	1,2	0,8	1,1	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
Fazolové lusky	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
Hrachové lusky•	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
Kapusta	1,9	1,8	1,6	0,8	1,9	0,7	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4
Kedlubny	2,5	2,6	2,5	1,8	2,5	1,9	1,9	2,0	2,5	2,5	2,5	2,4
Květák	4,4	4,1	3,9	3,2	4,4	3,2	3,6	2,5	2,5	2,9	3,0	2,6
Melouny	3,9	5,3	4,9	7,3	3,9	7,7	5,8	8,8	7,3	6,8	7,0	7,4
Mrkev	8,7	8,8	7,4	6,3	8,7	6,1	6,5	6,2	6,0	6,6	6,2	6,6
Okurky nakládačky	3,7	3,8	2,9	3,3	3,7	2,7	1,8	2,2	2,8	2,6	2,4	2,2
Okurky salátové	6,0	6,6	6,1	5,7	6,0	5,5	4,6	6,4	7,4	6,8	7,3	7,4
Paprika zeleninová	3,8	4,0	4,0	5,1	3,8	4,8	4,6	5,1	5,4	4,8	4,9	6,1
Petržel	1,7	1,8	1,6	1,1	1,7	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,7	0,6
Rajčata	7,4	8,9	8,9	9,7	7,4	12,6	9,3	10,3	12,0	12,5	12,2	11,0
Saláty listové	0,8	1,0	1,1	1,0	0,8	1,2	1,3	1,4	1,7	1,8	2,3	2,6
Špenát	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5	0,8	0,7
Zelí hlávk.bílé a červené	14,4	14,1	14,5	10,5	14,4	11,0	14,0	8,3	8,8	8,6	8,8	7,5
Ostatní zelenina	5,1	4,9	6,7	7,5	5,1	7,0	7,0	8,1	8,1	8,7	7,5	8,4

Pramen: BUCHTOVÁ 2011 In: ČSÚ

Poznámka: • - vyluštěná hrachová zrna

6 METODIKA

6.1. Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou (ISE)

Stanovení dusičnanů v rostlinném materiálu je jednou z často prováděných analýz s využitím iontově selektivní metody. Metoda potenciometrického stanovení dusičnanů iontově selektivní dusičnanovou elektrodou (ISE) splňuje požadavky na jednoduchou, rychlou a spolehlivou metodu stanovení obsahu dusičnanů.

Metoda poskytuje při pečlivé kalibraci elektrody kvalitní a reprodukovatelné výsledky a umožňuje značné zjednodušení jak příprav vzorků, tak vlastního měření. Potenciál iontově selektivních elektrod určují iontově výměnné rovnováhy na fázovém rozhraní mezi elektrochemickou membránou a roztokem elektrolytu. Podstatou těchto membrán je vznik rozdílu elektrických potenciálů na rozhraní membrán, tzv. membránového potenciálu (JAVORSKÝ et al., 1987).

Koncentrace dusičnanů se odečte podle změřeného napětí z kalibrační křivky, která je sestavena změřením roztoků o známé koncentraci. Ke stanovení je třeba laboratorní mV – metr s dostatečným vstupním odporem, dusičnanová ISE a referenční, většinou kalomelová elektroda. Metoda je použitelná pro kvantitativní analýzu s přesností 4 až 15 % v rozsahu od 1 ppm podle rozsahu kalibrační křivky (CAUDROVÁ a KUŠTA, 1992).

Nejznámějším typem takovéto elektrody je elektroda s kapalinovou membránou různého složení (KALAVSKÁ a HOLOUBEK, 1989), která poskytuje přesné výsledky. Její příprava a uchovávání jsou však poměrně složité.

Pro potřeby stanovení dusičnanů v této práci byla použita komerční iontově selektivní elektroda s monokrystalickou membránou (výrobce Monokrystal Turnov) a upravená metoda přípravy vzorků (JAVORSKÝ et al., 1987).

6.2. Odběry vzorků

Vzorky zeleniny pro účely této diplomové práce byly odebírány ze třech supermarketů (COOP, PENNY MARKET, LIDL) na území města Prachatic. Většina vzorků byla odebírána především v supermarketu COOP. Byl zvolen proto, že je zde možnost velkého výběru nabízeného sortimentu jednotlivých druhů

zeleniny během celého roku, a díky tomu sem přichází nakupovat převážná část obyvatel města Prachatice i obyvatel z okolních obcí.

Sledování dusičnanů bylo prováděno u běžných a nejrozšířenějších druhů zeleniny. Vzorky jedenácti druhů zeleniny a brambor byly odebírány od srpna 2011 do března 2012. Po dohodě s vedoucím diplomové práce byl stanoven interval odběru vzorků ze supermarketů, a to přibližně po každých 2 - 3 týdnech.

Je známo, že zeleninu rozdělujeme na skupiny, a to na cibulové, listové, luskové, kořenové, košťálové a plodové. Snahou při odebírání jednotlivých druhů zeleniny bylo získat alespoň jednoho zástupce jednotlivých skupin. Jako zástupce cibulové zeleniny byl zvolen pórek, kořenovou zeleninu zastupují čtyři tradiční druhy, a sice celer, mrkev, petržel a ředkvička, košťáloviny reprezentuje kedluben, květák a brokolice, listovou zeleninu ledový salát. Plodová zelenina je zastupována paprikou a okurkou.

Po odebrání byly vzorky označeny a co nejrychleji zmrazeny na teplotu -18 °C, při které byly uchovány až do doby, kdy byly následně analyzovány ve školní laboratoři. Ke statistickému vyhodnocení výsledků byl použit program Microsoft Excel.

6.3. Příprava vzorků pro měření

Příprava vzorků pro vlastní měření byla stejně jako předcházející fáze důležitou součástí celé analytické práce. Zelenina se po rozmrazení pokrájí a promísí, čímž se získá reprezentativní vzorek.

Z připraveného průměrného vzorku se připraví přesná navážka v rozsahu 3 – 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a homogenizuje se v mixeru.

Homogenát z mixeru je následně přelit do kádinky a nechá se 15 minut v klidu sedimentovat. Poté se vzniklý extrakt filtruje přes řídkou gázu a přelije se do kádinky o objemu 50 ml k vlastnímu měření.

Příprava extrakčního roztoku

V objemné baňce o objemu 1 000 ml se smíchá 250 ml 0,024 M Ag_2SO_4 s 50 ml 0,2 M $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ a se 100 ml 0,1 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, poté se destilovanou vodou doplní po rysku. V případě, že rostlinný materiál obsahuje velké množství Cl-iontů, lze použít extrakční roztok, který vznikne smícháním 200 ml 0,2 M $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ s 200 ml 0,1 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a následným doplněním na 1 000 ml destilovanou vodou.

6.4. Vlastní měření vzorků

Filtrát se okamžitě měří ponořením dusičnanové iontově selektivní elektrody a referenční kalomelové elektrody s dvojitým solným mostem. Po intenzivním krátkém promíchání elektromagnetickou míchačkou se počká na ustálení elektrického potenciálu a na citlivém mV-metru (WTW) je následně odečten potenciál v jednotkách mV.

Rychlost ustálení potenciálu ISE může být závislá na mnoha různých faktorech. Například velikost tloušťky vrstvy, která je bez pohybu, a kterou musí ionty projít, aby dosáhly na povrch membrány. Tloušťka vrstvy se začne zmenšovat při míchání roztoku, čímž dojde ke zrychlení odezvy elektrody (SEMLER et al., 1990).

Kalibrační křivky se sestaví pomocí standardních roztoků (alespoň dvou), které se předem připraví ředěním zásobního roztoku o koncentraci 1 000 ppm NO_3^- . Koncentrace standardních roztoků se volí tak, aby koncentrace NO_3^- iontů měřených vzorků byla mezi koncentracemi obou standardů, nejčastěji 10 a 100 ppm. Ředění se provádí extrakčním roztokem. Při měření potenciálu standardů se měří nejdříve standard o vyšší koncentraci NO_3^- .

6.5. Výpočet koncentrace NO_3^- ze stanovení pomocí ISE

K výpočtu obsahu dusičnanů byla zvolena matematická metoda, která vychází z logaritmické rovnice přímky. Samotný výpočet byl realizován prostřednictvím tabulkového procesoru Microsoft Excel. Jako první bylo třeba zadat hodnoty naměřených standardů, dále navážku analyzovaného vzorku a naměřené hodnoty daného vzorku v mV.

Matematická metoda vychází z rovnice přímky:

$$y = kx + q$$

$$k = (\log y_2 - \log y_1) / (x_2 - x_1)$$

$$q = \log y_1 - kx_1 \text{ nebo}$$

$$q = \log y_2 - kx_2$$

y = hledaná koncentrace v ppm ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

x = potenciál v mV

k, q = parametry přímky

x_1, x_2 = potenciál kalibračních roztoků (mV)

y_1, y_2 = koncentrace kalibračních roztoků (ppm)

Hledaná koncentrace v ppm: $(10^x)y = kx + q$

Výpočet: $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1} = (a \cdot 5) / z \cdot 10\,000$

a = vypočtená hodnota v ppm

z = navážka vzorku v mg

Foto č. 1: iontově selektivní elektroda



Foto č. 2: mV - metr



Příprava vzorku pro vlastní měření představuje stejně jako předcházející fáze vzorkování, dopravy a skladování vzorku, nedílnou součástí celého komplexu analytické práce (SEMLER et al., 1990).

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro stanovení obsahu dusičnanů bylo v období od srpna 2011 do března 2012 odebráno a následně vyhodnoceno celkem 241 vzorků z 11 druhů zeleniny a brambor, které pocházejí z výše uvedených obchodních sítí. V tabulce č. 4 jsou uvedeny celkové počty analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a počet vzorků, u nichž byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů.

Tab. č. 4: počet zastoupení analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zelenin a brambor

Druh zeleniny	Počet analyzovaných vzorků	Počet nevyhovujících vzorků	Zastoupení nevyhovujících vzorků v %
kedluben	16	2	12,5 %
květák	13	0	0 %
brokolice	15	1	6,6 %
okurka	20	5	25 %
paprika	23	0	0 %
petržel	27	3	11,1 %
celer	19	2	10,5 %
zelí	25	0	0 %
ředkvička	17	3	17,6 %
pórek	21	0	0 %
mrkev	27	0	0 %
brambory	18	4	22,2 %

V zelenině a bramborách kontrolu obsahu dusičnanů na území České republiky provádí Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI). Hlavní náplní její činnosti je kontrola fyzických a právnických osob, vyrábějících nebo uvádějících do oběhu potraviny a tabákové výrobky.

V souladu s článkem 9 Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 SZPI monitorovala obsah dusičnanů především v listové zelenině (špenát, salát hlávkový, ledový). Do sledování byly nicméně zahrnuty i další druhy zeleniny.

Celkem bylo v roce 2010 odebráno 89 vzorků, kdy s výjimkou jednoho vzorku petržele, byla u všech analyzovaných vzorků přítomnost dusičnanů detekována.

Maximální limit pro obsah dusičnanů v zelenině je Nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 stanoven pouze pro špenát a salát. Z pohledu dodržení platného limitu

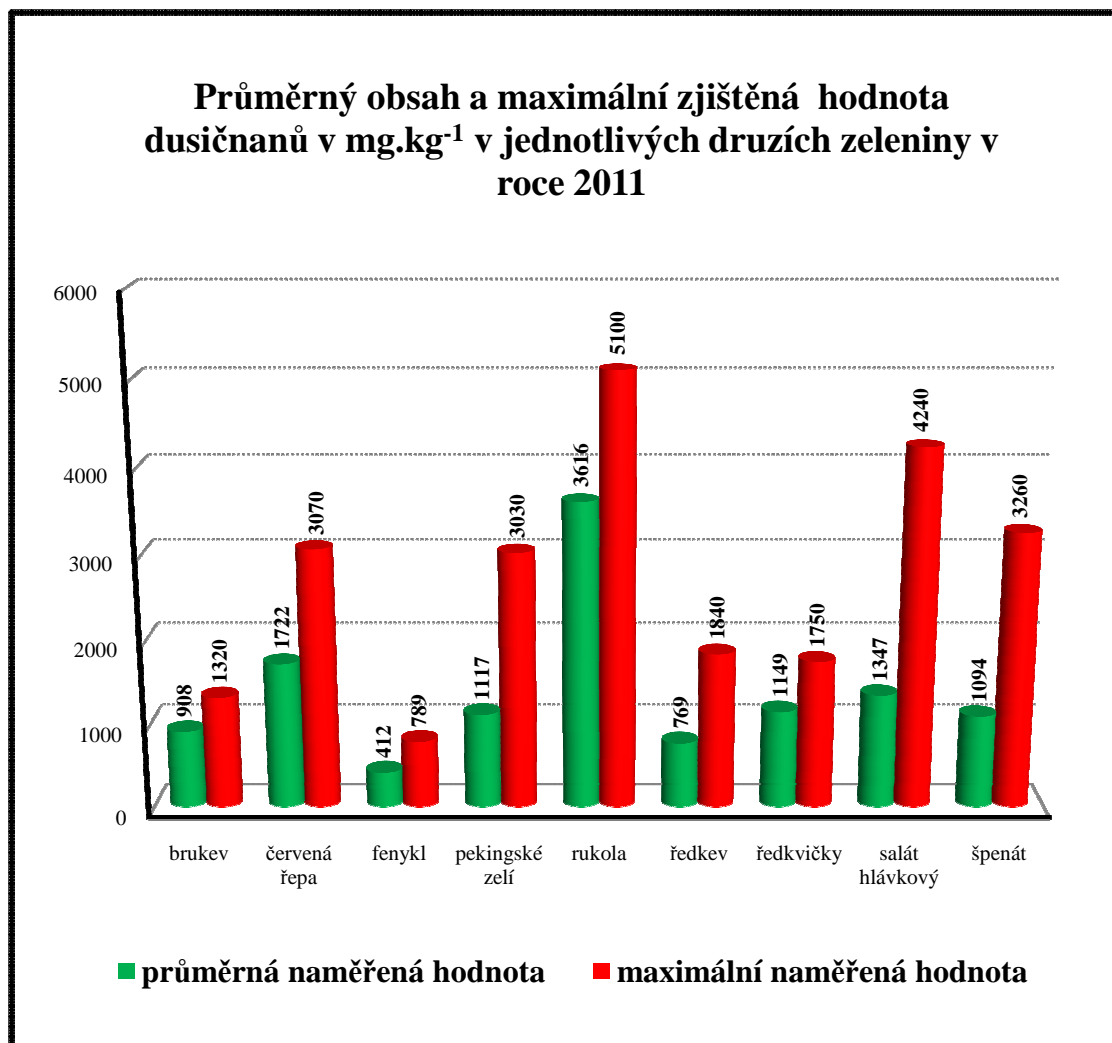
bylo u třech vzorků zjištěno jeho překročení, ve všech případech se jednalo o vzorek špenátu (2x země původu Nizozemí, 1x země původu ČR).

Vysoké hladiny dusičnanů byly zaznamenány zejména u rukoly (*Erucasativa*), kdy maximální hodnota činila 7459 mg.kg⁻¹ a průměrná hodnota 4228 mg.kg⁻¹.

(www.bezpecnostpotravin.cz)

V roce 2011 bylo odebráno celkem 144 vzorků čerstvé zeleniny a 35 vzorků mražené listové zeleniny (špenát). Byly zjištěny 2 nevyhovující vzorky, které překročily povolený limit 2500 NO₃.kg⁻¹. Naměřené hodnoty byly 3030 mg.kg⁻¹ a 3260 mg.kg⁻¹ (www.zelinarskaunie.cz).

Tab. č. 5: průměrný obsah a maximální hodnota obsahu dusičnanů zjištěná SZPI v jednotlivých druzích zeleniny v roce 2011



Pramen: Pokora, 2011

Tab. č. 6: přehled vzorků odebraných SZPI dle země původu v roce 2011

Země původu	Počet vzorků	Počet nevyhovujících vzorků
Česká republika	48	1
Belgie	18	0
Francie	6	1
Itálie	22	0
Maďarsko	1	0
Německo	17	0
Nizozemsko	10	0
Polsko	9	0
Rakousko	5	0
Španělsko	33	0
Velká Británie	2	0

Pramen: Pokora, 2011

7.1. Košťáloviny

Z hlediska zastoupení v sortimentu u nás pěstovaných a konzumovaných zelenin, jsou košťáloviny nejvýznamnější skupinou MALÝ (2003b). Dle HLUŠKA (1996) zaujímají téměř 40 % objemu tržní produkce. Nejvíce se pěstuje zelí, květák, kedlubny a kapusta.

Košťáloviny jsou náročné na nitrátovou formu dusíku. Patří mezi nitrofilní rostliny, což z praktického hlediska znamená, že dusík výrazně ovlivňuje jejich výnos, na druhé straně však vzniká nebezpečí zvýšeného obsahu v konzumních orgánech (HLUŠEK, 1996). Také MALÝ (2003b) upozorňuje na skutečnost, že košťáloviny mají při zvýšeném hnojení dusíkem tendenci kumulovat větší množství nitrátů, a tím překročit hygienickou normu obsahu.

V příloze č. 2 k vyhlášce 53/2002 Sb., v platném znění, je pro košťálovou zeleninu uvedena hodnota nejvyššího přípustného množství dusičnanů, a to 700 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty.

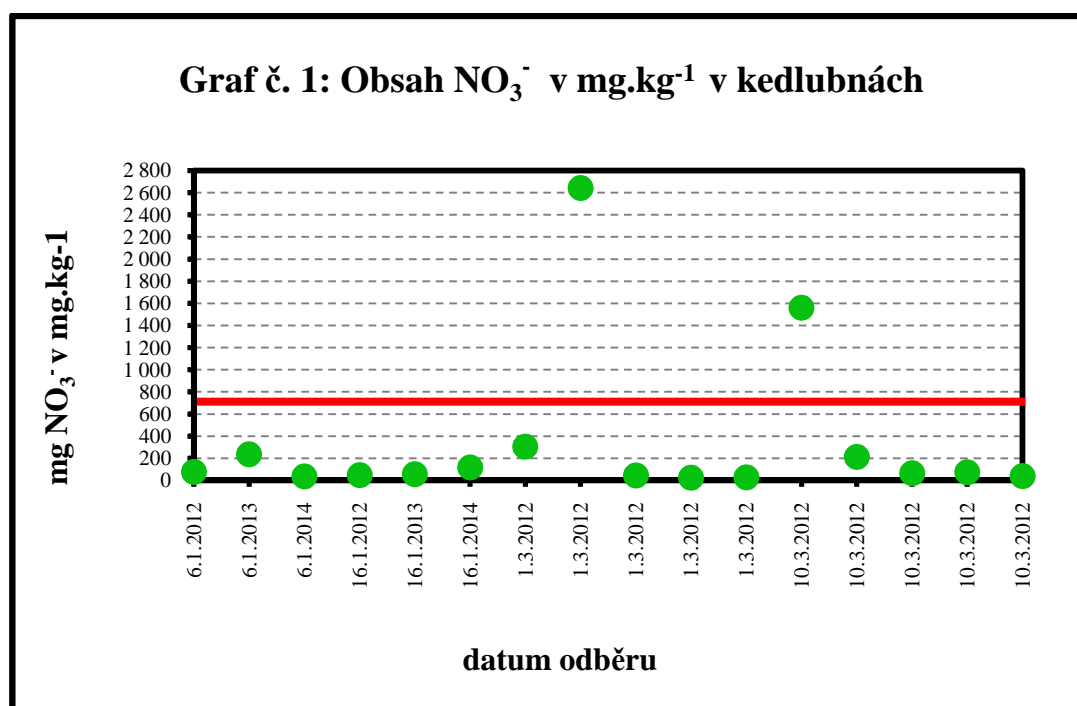
V rámci této skupiny zeleniny bylo odebráno a následně analyzováno celkem 44 vzorků, z nichž danému limitu nevyhověly tři, které představují 6,8 % nevyhovujících vzorků z celkového množství.

7.1.1. Kedluben

U kedlubny bylo odebráno celkem 16 vzorků. Nevyhovující hodnoty obsahu dusičnanů byly zjištěny pouze u dvou, které překročily povolený limit, což představuje 12,5% z celkového kontrolovaného množství.

Maximální hodnotu obsahu nitrátů vykázal vzorek č. 8 z 1. března 2012, jehož naměřená hodnota byla $2\,642,36 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. V tomto případě byl povolený limit překročen o $1\,942,36 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, tedy o 277,48 %. Naproti tomu minimální hodnota $26,27 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ byla vykázána u vzorku č. 10, který byl rovněž odebrán 1. března 2012.

Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v kedlubnách znázorňuje graf č. 1, červená úsečka udává přípustný limit obsahu dusičnanů vyjádřený v $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

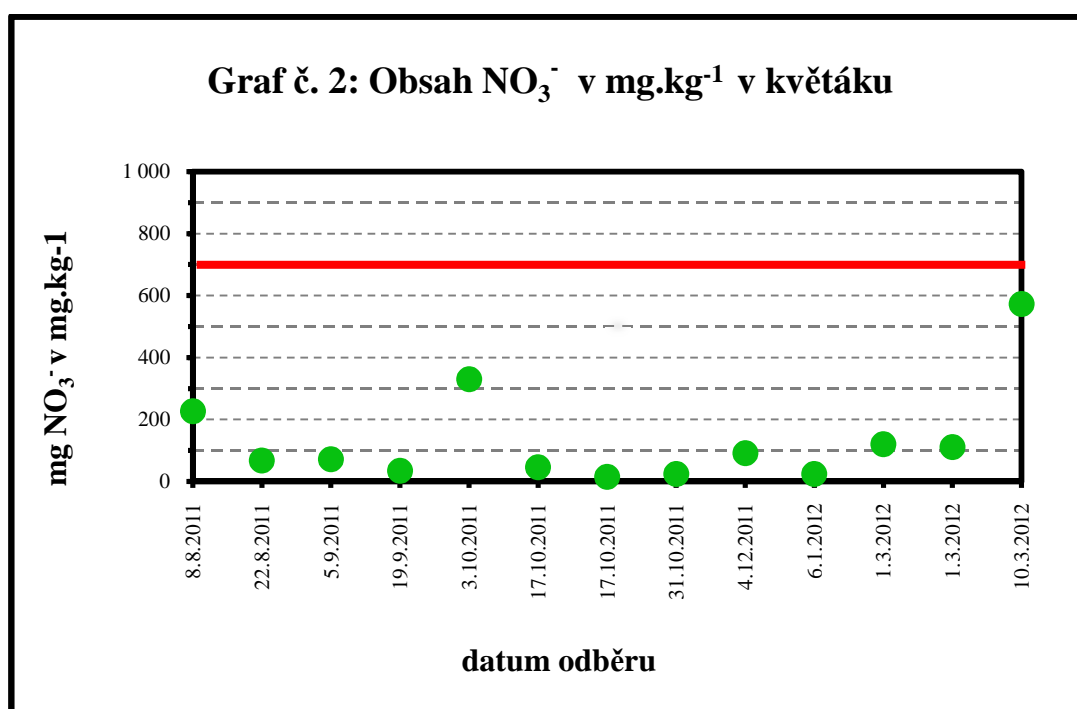


Z výsledků tisíců analýz vzorků zeleniny vyplývá, že přehnojením N nebo předčasnou sklizní se u srovnatelných druhů polní zeleniny blíží obsahy nitrátů zelenině skleníkové (např. u kedluben při předčasné sklizni byl obsah nitrátů $1\,423 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, v plné konzumní zralosti $903 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (BARTOŠA HOLÍK, 1990).

7.1.2. Květák

Z celkem 13 odebraných a analyzovaných vzorků nedošlo k překročení povoleného limitu $700 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ ani u jednoho z nich. Maximální hodnota $573,42 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ byla dosažena u vzorku č. 13 z 10. března 2012, minimální hodnota byla naměřena u vzorku č. 7 ze 17. října 2011 a to $14,98 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$.

Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů v analyzovaných vzorcích květáku znázorňuje graf č. 2



Při stupňovém dusíkatém hnojení ($0 - 400 \text{ kg N.ha}^{-1}$) lze u květáku pozorovat vzestup obsahu dusičnanů z velmi nízkých hodnot (kolem $30 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ čisté hmoty se značnými výkyvy (PRUGARA HADAČOVÁ, 1994).

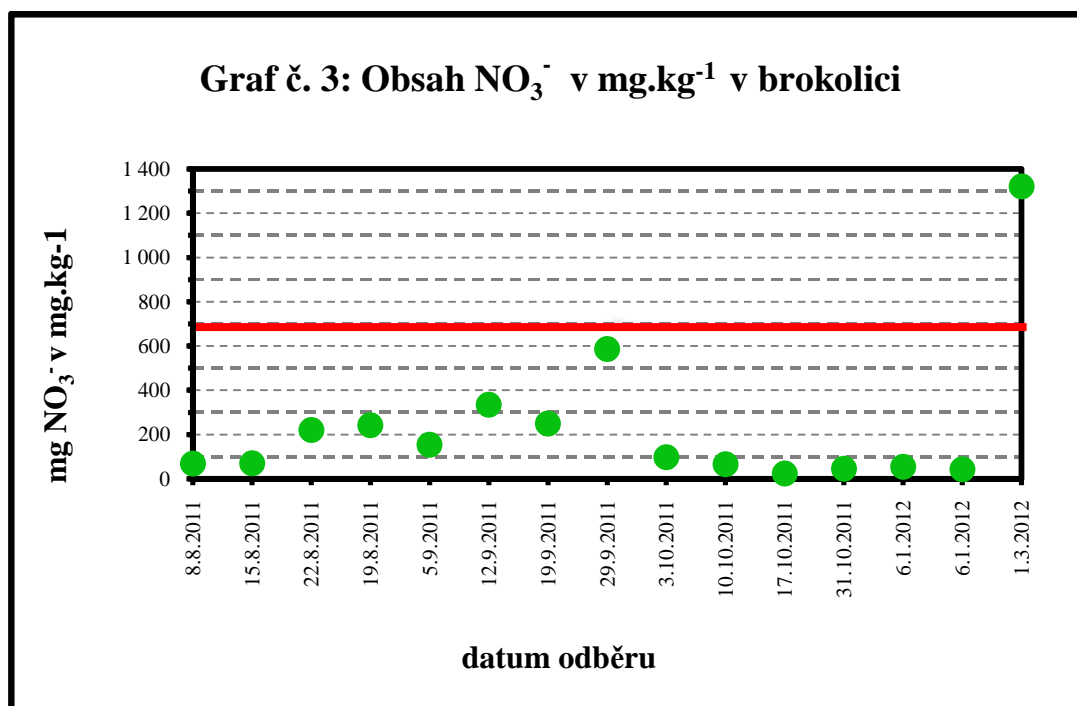
Podle FLOHROVÉ (1990) je u košťálovin velká část nitrátů soustředěna v košťálech. Autorka u květáku uvádí, že okolo 25 % obsahu nitrátů se nachází v růžicích a až 75 % nitrátů v košťálu.

7.1.3. Brokolice

Nevyhovující hodnota obsahu dusičnanů u brokolice byla zjištěna pouze u jednoho vzorku, což představuje 6,6 % nevyhovujících vzorků z celkového počtu 15 kontrolovaných. Nepřípustnou hodnotu $1321,47 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ vykázal vzorek

č. 15 z 1. března 2012, a to o 621,47 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 88,78 %. Minimum dusičnanů, pouhých 24,18 mg NO₃⁻.kg⁻¹ obsahoval vzorek č. 11 odebraný dne 17. října 2011.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích brokolice zobrazuje graf č. 3.



7.2. Plodová zelenina

Výhodou plodových zelenin je, že se jejich plody jedí většinou v čerstvém stavu, a proto se v nich zachovávají všechny biologické hodnoty. Lze je konzumovat i ve značném množství, a navíc ze všech zelenin jsou nejchudší na dusičnany. Rostliny je totiž hromadí většinou ve vegetativních částech – listech, stoncích, kořenech a nejméně v plodech. Přičemž právě výhradně plody jsou užitkovou částí této skupiny zelenin (PEKÁRKOVÁ, 2001).

Také PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) jsou zastánci názoru, že plodová zelenina obsahuje všeobecně málo dusičnanů a jeví malou závislost na výši dodaných dusíkatých hnojiv. Hromadění dusičnanů závisí také na délce vegetační doby. Raná zelenina hromadí více dusičnanů než pozdní, sklizní v odpoledních hodinách lze dosáhnout nižšího obsahu než při ranním odběru.

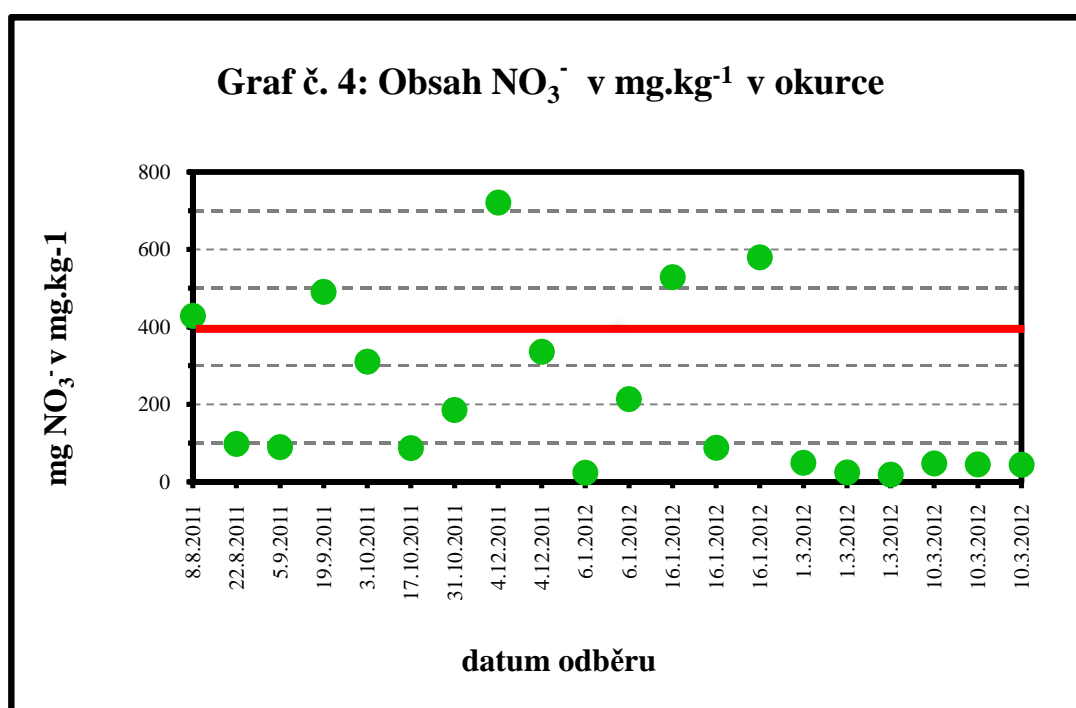
Dle vyhlášky č. 53/2002 Sb., v platném znění, je maximální povolené množství dusičnanů stanoveno na 400 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty.

V této skupině zeleniny bylo analyzováno celkem 43 vzorků. U pěti kusů vzorků byl nalezen obsah dusičnanů vyšší, než je přípustná hodnota, což představuje 11,63 % vzorků s nadlimitní koncentrací.

7.2.1. Okurka

Povolený limit byl z 20 odebraných vzorků překročen v pěti případech, což znamená 25 % z celkového počtu odebraných vzorků. Největší obsah nitrátů 580,20 mg NO₃⁻.kg⁻¹ byl naměřen u vzorku č. 14 z 16. ledna 2012, přičemž nejvyšší povolené množství bylo překročeno o 180,2 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 45,05 %. Nejnižší množství dusičnanů naopak obsahoval vzorek č. 17, který byl odebraný 1. března 2012. V tomto plodu bylo naměřeno pouhých 18,96 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích brokolice zobrazuje graf č. 4.

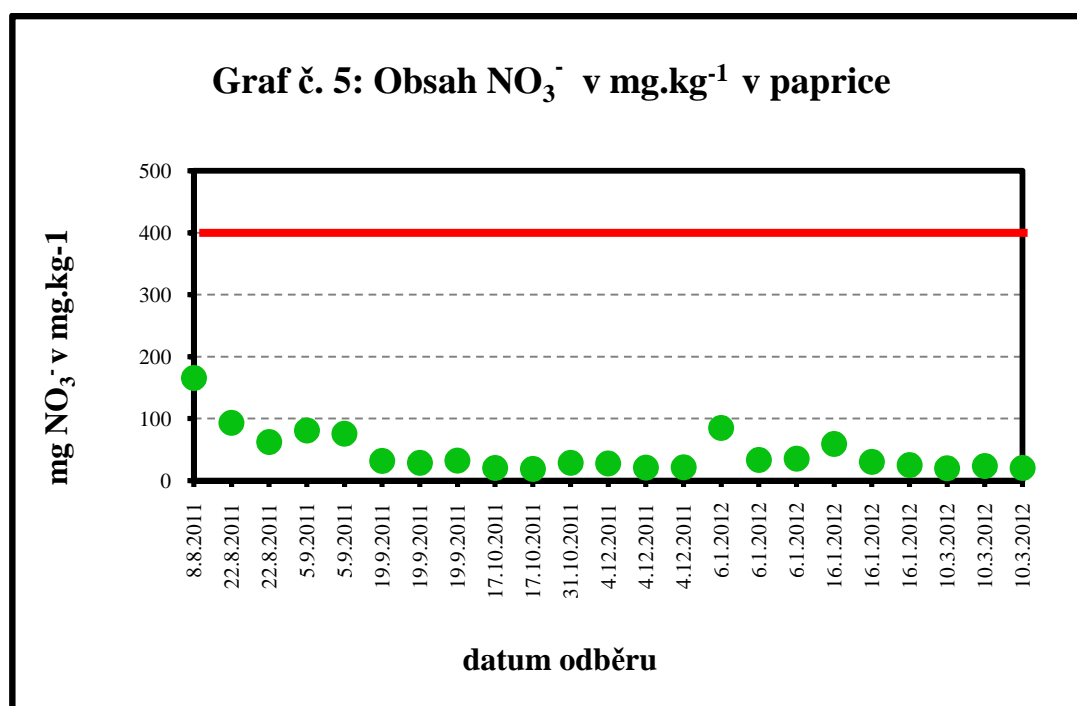


PRUGARA PECHOVÁ (1989) konstatují, že podle obsahu dusičnanů a jeho ovlivnitelnosti patří okurka do skupiny neproblematických zeleninových druhů. Což se na základě výsledků z provedeného měření zcela nepotvrdilo.

7.2.2. Paprika

Celkem bylo odebráno a analyzováno 23 vzorků paprik. Ani v jednom z těchto případů nedošlo k překročení povoleného množství dusičnanů. Všechny naměřené hodnoty se pohybovaly hluboko pod stanovenou normou. Maximální naměřená hodnota $165,85 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ byla hned u prvního vzorku z 8. srpna 2011 a minimální hodnotu vykázal vzorek č. 10, který byl odebrán 17. října 2011, a to pouhých $19,03 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích paprik zobrazuje graf č. 5.



Pokud se jedná o papriky vypěstované v polních podmínkách, zařazují je PRUGAR a PECHOVÁ (1989) mezi neproblematické zeleninové druhy. Pokud jde o papriky z fóliovníku, řadí je již k částečně problematickým, ale regulovatelným zeleninovým druhům.

PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) sledovali v nádobových skleníkových pokusech s paprikou vliv stupňovaných dávek dusíkatého hnojení z různých zdrojů při různých teplotách (18 a 25 °C). Se zvyšujícími se dávkami dusíku se zvyšoval obsah dusičnanů u všech forem hnojení.

7.3. Kořenová zelenina

Po listových a řapíkatých zeleninách je u kořenových zelenin největší nebezpečí vysokého obsahu dusičnanů. Příčina, proč právě v kořenových zeleninách může dojít k nadměrné kumulaci dusičnanů, spočívá v tom, že rostliny ukládají dusičnany především ve vodivých pletivech, tedy hlavně v listech, řapících, stoncích a kořenech. (PEKÁRKOVÁ, 2004).

Kořenová zelenina obsahuje většinou méně dusičnanů v případě, že vegetuje při nižší než optimální hladině dusíkaté výživy (PRUGAR a HADAČOVÁ, 1994)

Pro mrkev, petržel a celer je dle vyhlášky č. 53/2002 Sb., v platném znění, maximální povolené množství dusičnanů stanoveno na 700 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Povolený limit u ředkvičky je 1 500 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

Ve skupině kořenových zelenin bylo dohromady odebráno 73 vzorků mrkve, petržele a celeru. U pěti vzorků bylo zjištěno, že vykazují nadlimitní obsah dusičnanů, což představuje 6,85 % nevyhovujících vzorků.

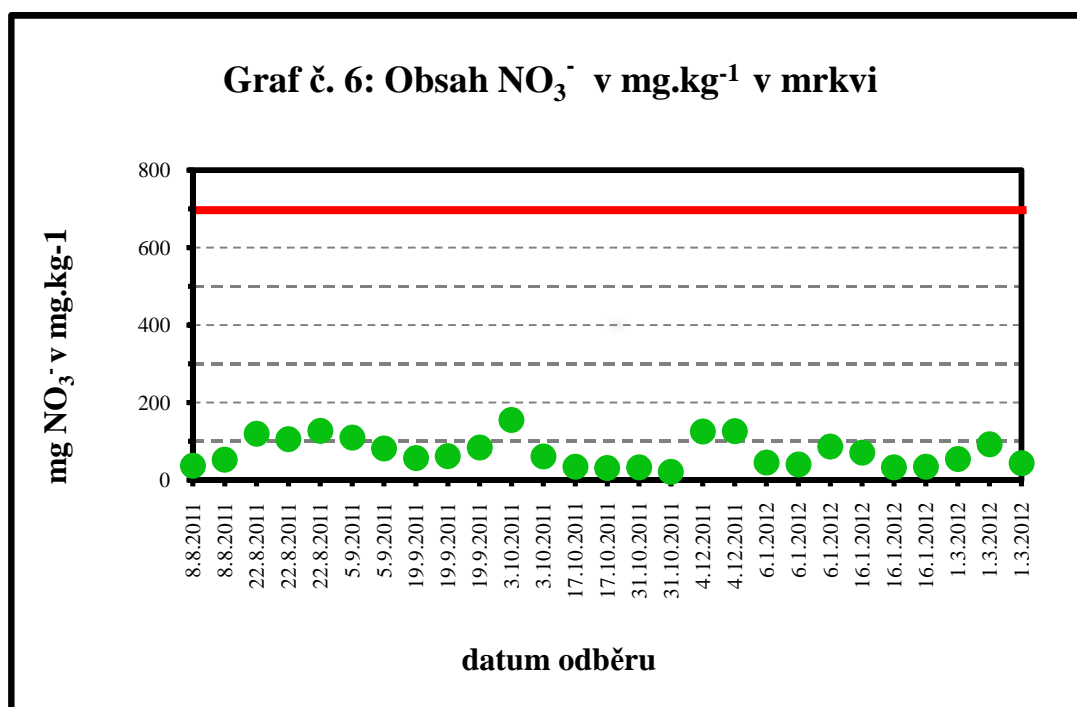
7.3.1. Mrkev

Obsah dusičnanů u mrkve byl zjišťován u celkem 27 vzorků. Žádný z těchto analyzovaných vzorků nepřekročil maximální povolenou hodnotu. Maximální obsah dusičnanů 155,06 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ byl zaznamenán u vzorku č. 11 odebraného 3. října 2011 a minimum dusičnanů bylo zjištěno u vzorku č. 16 a to pouhých 21,05 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

FLOHROVÁ (1990) řadí mrkev ke skupině rostlin, která i při přiměřeném N-hnojení vykazuje střední obsah NO_3^- . Za střední obsah však považuje množství v rozmezí 200 – 600 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

Za jasného slunečního počasí se mohou hodnoty v mrkvi pohybovat od 261 do 1 185 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, pokud je zataženo, hodnoty, které byly naměřeny, se zřetelně zvyšují a pohybují v rozsahu 1 250 – 5 743 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ (VANĚK a TLUSTOŠ, 1999).

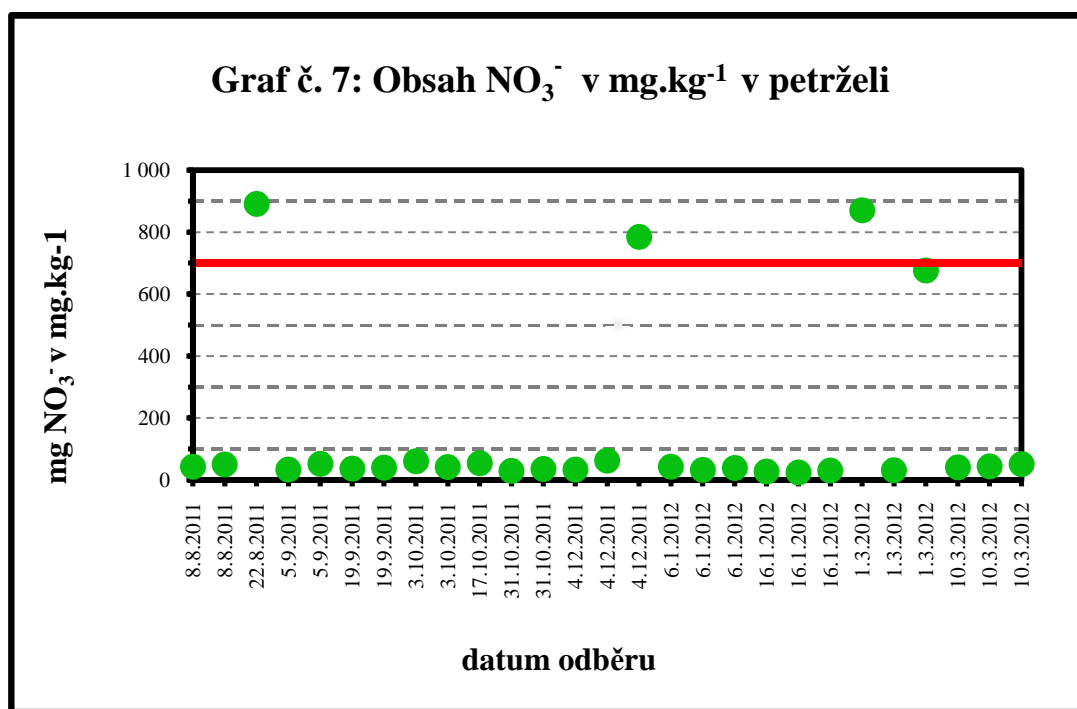
Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích mrkve zobrazuje graf č. 6.



7.3.2. Petržel

Na stanovení obsahu dusičnanů bylo odebráno celkem 27 vzorků. Byly zjištěny tři nevyhovující nálezy, které představují 11,11 % nevyhovujících z kontrovaného množství. V prvním případě šlo o vzorek č. 3 z 22. srpna 2011, jeho naměřená hodnota byla 891,27 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy došlo k překročení limitu o 191,27 mg NO₃⁻.kg⁻¹, což je o 27,32 %.Současně tato hodnota představuje maximální naměřené množství dusičnanů u petržele. Ve druhém z nevyhovujících vzorků, který byl odebrán 4. prosince 2011, se nacházelo 784,81 mg NO₃⁻.kg⁻¹, a v posledním z nevyhovujících byla zjištěna hodnota 870,39 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tento vzorek byl odebrán 1. března 2012. U vzorku č. 22 odebraného 16. ledna 2012 byla naměřena nejnižší hodnota, a to 24,98 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích petržele zobrazuje graf č. 7.



Z hlediska obsahu dusičnanů a jeho regulovatelnosti považují PRUGAR a PECHOVÁ (1989) petržel (polní) za částečně problematický, ale regulovatelný zeleninový druh.

V různých částech vegetačního období v jižní části Turecka byl spektrofotometricky sledován obsah nitrátů u petržele. Průměrná naměřená hodnota byla 1 070 mg.kg⁻¹ (MOR et al., 2010).

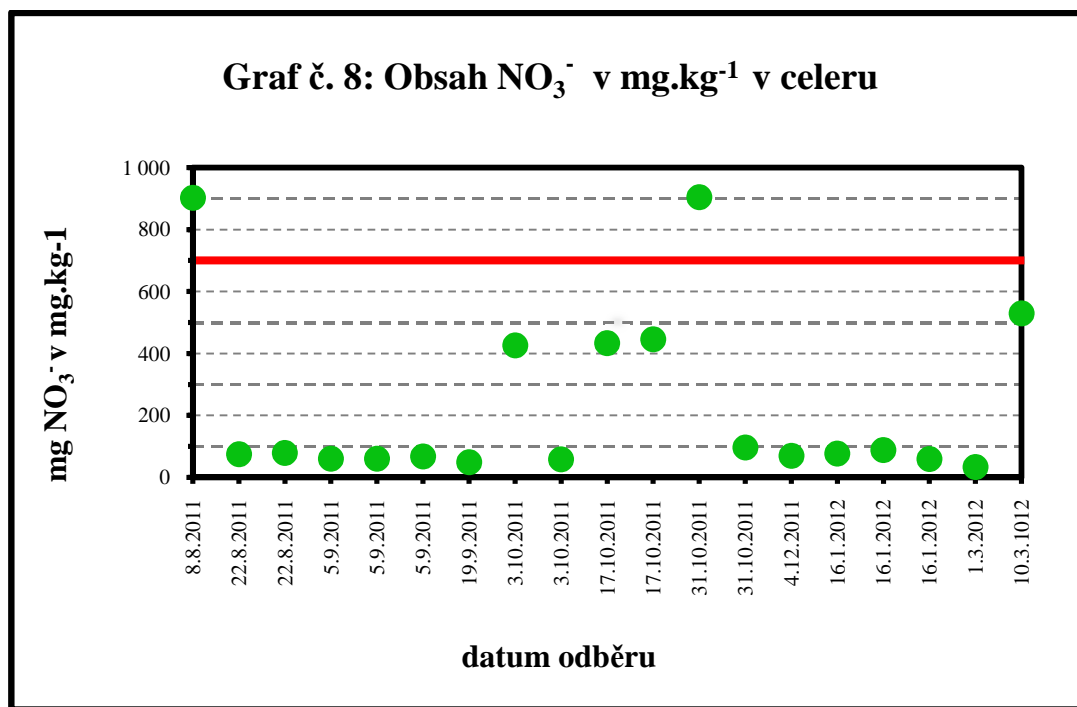
Obsah nitrátů ve skleníkově pěstované zelenině byl zjišťován v letech 2006 – 2008 také v Estonsku. Nejvyšší hodnota byla naměřena u petržele, a to 2 134 mg.kg⁻¹(TAMME et al., 2010).

7.3.3. Celer

Na stanovení obsahu dusičnanů bylo odebráno celkem 19 vzorků celeru. Hygienický limit byl překročen pouze dvakrát a to u vzorků z 8. srpna 2011 a 31. října 2011 s naměřenými hodnotami 902,26 a 904,81 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Nejvyšší přípustné množství dusičnanů bylo v prvním případě překročeno o 202,26 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 28,89 %, ve druhém případě o 204,81mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy

o 29,26 %. Nejmenší množství nitrátů 33,52 mg NO₃⁻.kg⁻¹ obsahuje vzorek, který byl odebrán 1. března 2012.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích celeru zobrazuje graf č. 8.



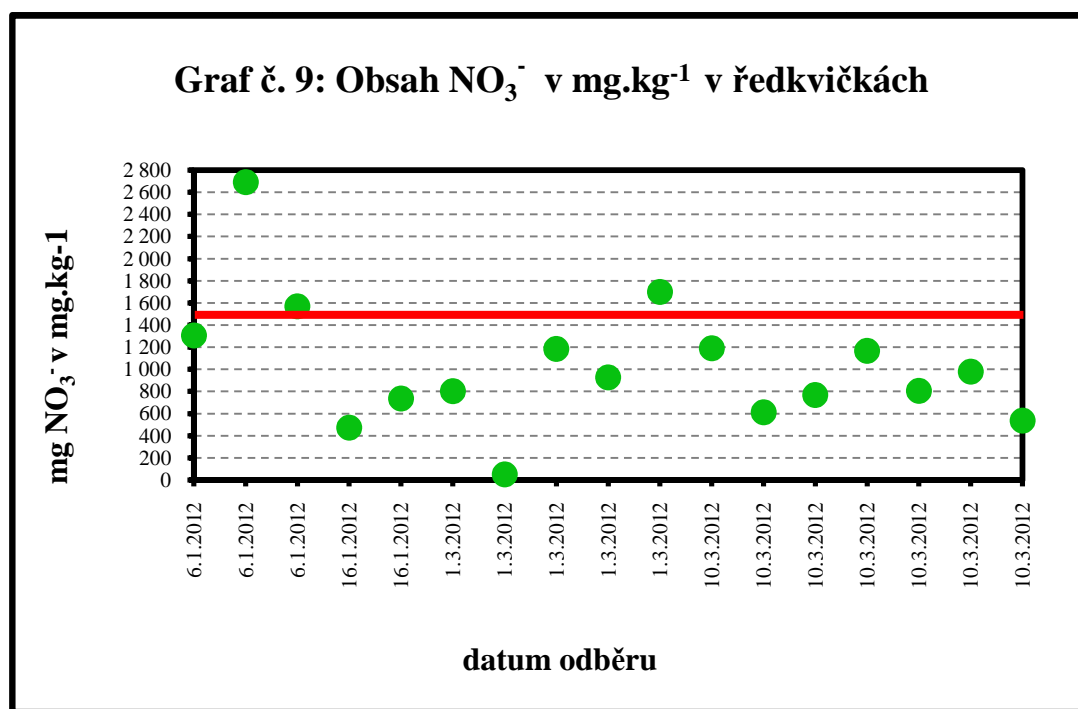
Celer se vyznačuje vysokým kumulačním potenciálem dusičnanů, jak ve svém sledování zjistili (ZHONG et al., 2002) v oblasti severní Číny. Ze všech sledovaných zelenin naměřili u celeru největší hodnoty.

7.3.4. Ředkvička

Obsah dusičnanů v ředkvičkách byl sledován celkem v 17 vzorcích, z nichž nevyhověly tři, což představuje 17,65 % z celkového sledovaného množství. Maximální hodnoty dosáhl vzorek z 6. ledna 2012, kde byla naměřena hodnota 2 693,04 mg NO₃⁻.kg⁻¹, došlo k překročení povoleného limitu o 1193,04mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 79,54 %. Naopak minimální hodnotu obsahovala ředkvička z 1. března 2012, a to 51,50 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

U ředkvičky vypěstované v západní části Turecka byly zjištěny maximální hodnoty nitrátů 4 653 mg.kg⁻¹ (OZDESTANA UREN, 2010).

Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v ředkvičkách jsou znázorněny v grafu č. 9.



7.4. Cibulová zelenina

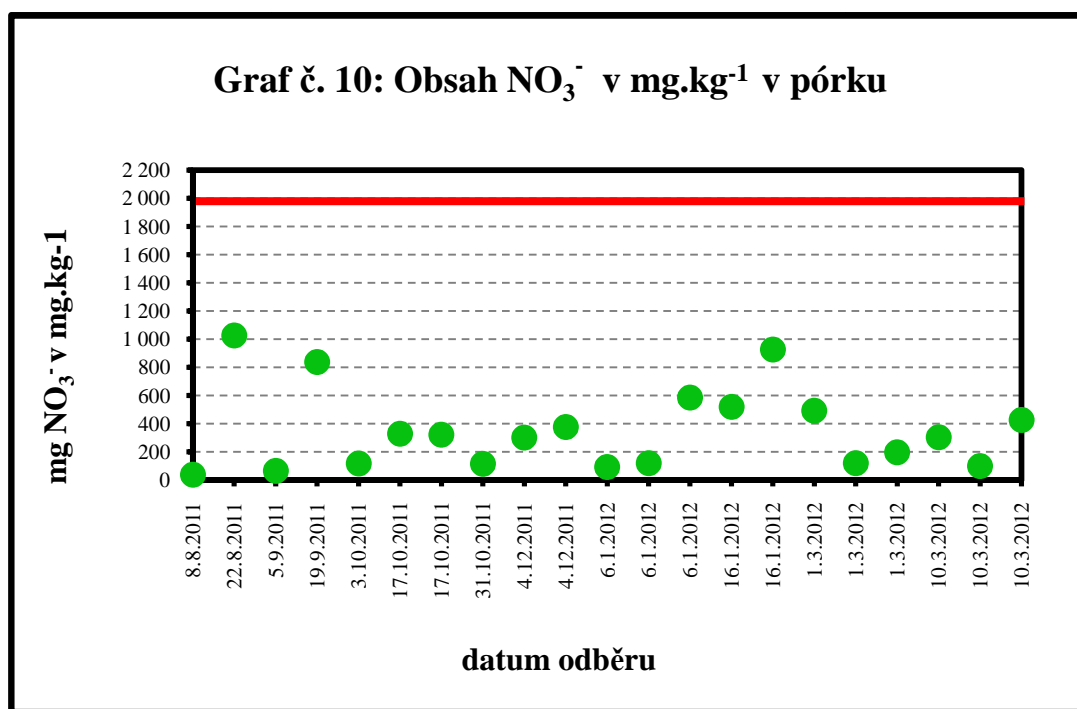
U cibulové zeleniny se obsah nitrátů nepovažuje za problematický, k překročení hygienického limitu ve většině případů nedochází. Jednak proto, že cibuloviny nekumulují nitráty (jako kořenové nebo košťálové zeleniny) a také proto, že se u cibulovin používají omezené dávky dusíkatého hnojení (MALÝ, 2003a).

Pórek a ostatní druhy cibulové zeleniny se dle vyhlášky č. 53/2002 Sb., v platném znění, zařazují do skupiny potravin B, pro něž platí limit $2\,000\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$.

7.4.1. Pórek

U tohoto druhu zeleniny bylo na analýzu odebráno celkem 21 vzorků. Překročení povoleného limitu nebylo zjištěno ani v jednom případě. Nejvyšší obsah nitrátů, $1\,027,54\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, obsahoval vzorek č. 2 z 22. srpna 2011. Vzorek č. 1, který byl odebrán 8. srpna 2011 obsahoval nejnižší množství a to $38,87\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$.

Zjištěný obsah nitrátů u jednotlivých vzorků pórku včetně nejvyššího přípustného množství znázorňuje graf č. 10.



PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) pro pórek uvádí zvýšení obsahu dusičnanů při stupňovaných dávkách N – hnojiv a jeho snižování s prodloužením vegetační doby.

Bílá ztluštělá koncová část u pórku má podle ŠINDELÁŘOVÉ (1985) mnohem vyšší obsah dusičnanů než část zeleně zbarvená.

7.5. Listová zelenina

Mezi listové zeleniny řadíme všechny druhy, u nichž se konzumují celé listy nebo jejich části, tedy čepele a řapíky (PEKÁRKOVÁ, 2002).

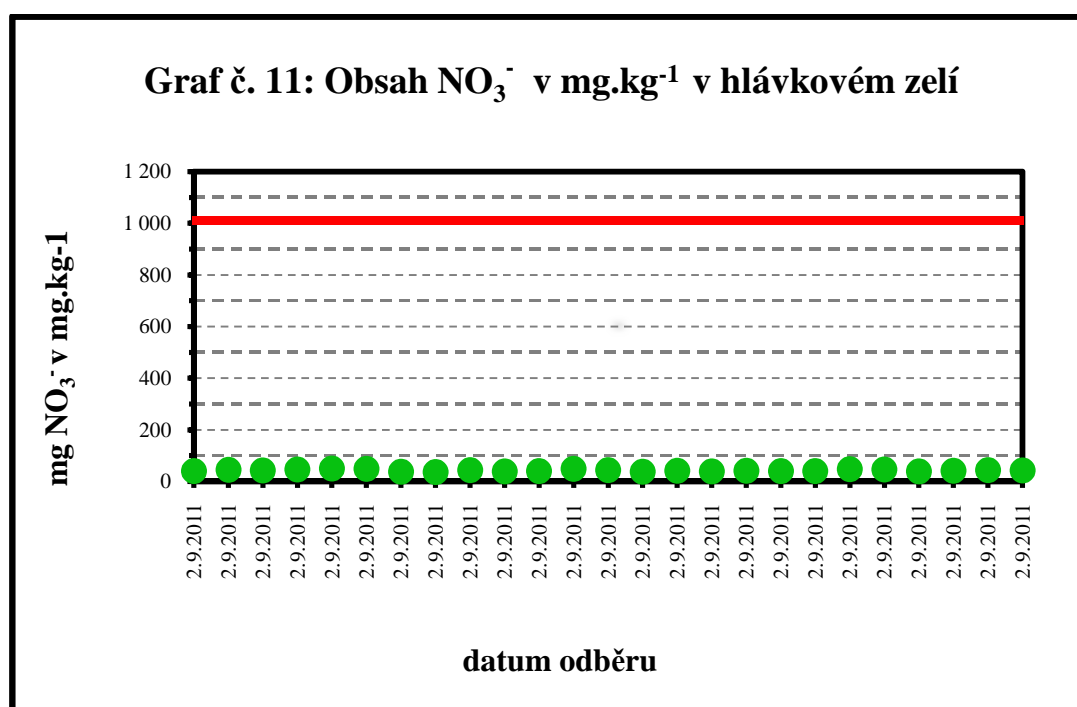
Dle PEKÁRKOVÉ (2004) spočívá příčina, proč právě v listových a kořenových zeleninách může dojít k nadměrné kumulaci dusičnanů v tom, že rostliny ukládají dusičnany především ve vodivých pletivech, tedy hlavně v listech, řapících, stoncích a kořenech.

Listová zelenina je podle PRUGARAA HADAČOVÉ (1994) silným akumulátorem dusičnanů, a je jí proto i z hlediska hnojení věnována značná pozornost. Hlavně se to týká dvou zástupců, salátu a špenátu.

7.5.1. Hlávkové zelí

Obsah dusičnanů byl zkoumán celkem u 25 vzorků, které byly odebrány ve stejný den a to 2. září 2011. Všechny vzorky vykazovaly téměř zanedbatelné množství obsahu dusičnanů, jejich naměřené hodnoty se pohybovaly velmi hluboko pod stanovenou normou, která je dle vyhlášky č. 53/2002 Sb., v platném znění, pro hlávkové zelí stanovena ve výši 1 000 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích znázorňuje graf č. 11



Podle PRUGARAA HADAČOVÉ (1994) obsah nitrátů v hlávkovém zelí závisí nejen na dávce dusíku, ale také na povětrnostních podmínkách, zejména před sklizní. Ke zvýšení obsahu nitrátů vedou nízká teplota a malá intenzita slunečního svitu.

Obsah nitrátů v hlávkovém zelí byl v Estonsku zjišťován v letech 2006 – 2008. Obsah nitrátů byl v zimním období o 22 – 24 % vyšší než v létě(TAMME et al., 2010).

7.6. Brambory

Pro analýzu bylo odebráno celkem 18 vzorků brambor. Z tohoto množství připadalo 72,22 % na brambory pozdní, jen pět analyzovaných vzorků přísluší skupině raných brambor.

7.6.1. Brambory rané

Vyhláškou č. 53/2002 Sb., v platném znění, pro rané brambory platí limit přípustného množství obsahu dusičnanů stanovený na 500 mg.kg^{-1} . Z celkem pěti odebraných vzorků nepřekročil maximální přípustné množství obsahu nitrátů ani jeden z nich. Nejnižší hodnota byla zjištěna u vzorku č. 5, který byl odebrán 22. srpna 2011, jeho naměřená hodnota byla $35,76 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$. Naproti tomu nejvyšší hodnotu z této skupiny brambor vykázal vzorek č. 2 z 8. srpna 2011, a to $460,31 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$.

7.6.2. Brambory pozdní

Vyhláškou č. 53/2002 Sb., v platném znění, platí pro skupiny pozdních brambor limit přípustného obsahu nitrátů, který je stanoven na 300 mg.kg^{-1} čerstvé hmoty.

Z celkem 13 odebraných a následně analyzovaných vzorků došlo k překročení povoleného limitu ve třech případech. U vzorků č. 11 z 3. října 2011 bylo povolené množství překročeno nejvíce, a to o $306,2 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$. Minimální obsah dusičnanů byl zjištěn u vzorku č. 7 z 5. září 2011, a to $36,56 \text{ mg.kg}^{-1}$. Ostatní naměřené hodnoty se pohybovaly v širokém rozmezí a to od $39,53 - 178,30 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$.

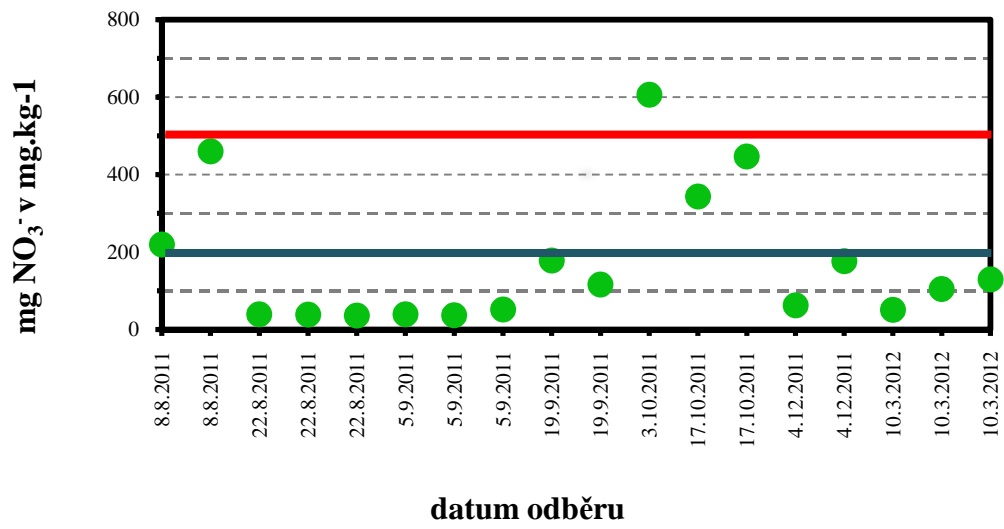
FLOHROVÁ (1990) považuje brambory za plodiny se středním obsahem dusičnanů, jako střední obsah udává hodnotu v rozmezí $200 - 600 \text{ mg.kg}^{-1}$.

I když brambory v porovnání s jinými potravinami rostlinného původu jsou z hlediska obsahu dusičnanů relativně příznivé, je nutno v důsledku objemu jejich konzumace brát v úvahu i podíl dusičnanů, který brambory v denní dávce zaujímají (MÍČA et al., 1991). JŮZL et al., (2008) uvádějí, že denní příjem dusičnanů může až ze 24 % pocházet z brambor.

Podle CHANA (2011) obsah nitrátů výrazně snižuje oloupaní hlíz.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných hlízách, včetně vyznačení maximálního přípustného množství nitrátů (červená úsečka znázorňuje limit obsahu dusičnanů pro brambory rané, modrá pro odrůdy brambor pozdních) vykazuje graf č. 12

Graf č. 12: Obsah NO₃⁻ v mg.kg⁻¹ v bramborách



8 ZÁVĚR

Měření obsahu nitrátů prováděná oblastními laboratořemi Státní zemědělské a potravinářské inspekce nevykazují v posledních letech příliš velkou frekvenci. Příčinou toho, je především nedostatečná legislativa v dané oblasti. Vzhledem k tomu se v některých regionech neprovádí vůbec. Limity pro dusičnany stanovuje současná evropská legislativa pouze v listové zelenině a dětské výživě. Maximální přípustné množství dusičnanů v ostatních druzích zeleniny a v bramborách udává vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb., v platném znění.

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu dusičnanů v běžných a běžně dostupných druzích zeleniny a v bramborách, nabízených v obchodní síti města Prachatice. Obsah nitrátů v zelenině byl zjišťován v průběhu let 2011 – 2012 a byl stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou.

Z celkem 241 odebraných a analyzovaných vzorků zeleniny a brambor nevyhovělo stanoveným limitům 20 vzorků, které představují 8,2 % z kontrolovaného množství.

Z naměřených výsledků, uvedených v tabulce č. 4 vyplývá, že v letech 2011 – 2012 v obchodní síti města Prachatice bylo nejvíce vzorků s nadlimitním nálezem zjištěno u okurek. Maximálnímu povolenému limitu nevyhovělo 25 % kontrolovaných vzorků. Také u ředkviček, celeru, petržele, brokolice a kedluben byl zjištěn větší počet nevyhovujících vzorků. U ředkviček nevyhovělo 17,6 %, u celeru 10,5 %, u petržele 11,1 %, u kedluben 12,5 % a u brokolice 6,6 %. Naměřené výsledky u brambor (raných i pozdních) ukazují, že stanovený limit překročilo 22,2 % z celkového kontrolovaného množství.

Jako zcela bezproblémové druhy zeleniny se naopak jevily hlávkové zelí, kde byl zjištěn jen minimální obsah dusičnanů, dále pak vzorky květáku, papriky, mrkve a póru. Ani u jednoho z analyzovaných vzorků v těchto druzích zeleniny nedošlo k překročení povoleného limitu, a to i přesto, že mrkev i květák většina autorů řadí k částečně problematickým druhům.

Vzhledem k obsahu látek (vitaminů, minerálií, vlákniny apod.), které omezují redukci nitrátů na nitrity, a tím zabraňují jejich nepříznivému působení, považuje FLOHROVÁ (1990) zeleninu za velice významnou a nutričně cennou součást lidské výživy.

Ale vyšší obsah nitrátů v zelenině nemusí vždy působit jen nepříznivě. Současná epidemiologická studie navrhuje využít kardioprotektivních účinků listové zeleniny. Předpokládá se, že tento příznivý účinek je spojen s vysokým obsahem anorganických nitrátů, které se v součinnosti se symbiotickými bakteriemi ústní dutiny transformují na dusitany, oxid dusnatý a sekundární reakční produkty, které způsobují rozšíření cév a mají ochranný vliv na tkáň (LUNDBERG et al., 2006).

Širší obecné závěry z výsledků této práce vyvozovat nelze, neboť údaje o původu zeleniny se ne vždy podařilo zjistit, a to z důvodu časté nedostatečné informovanosti prodávajících o dodavatelích a prodávané zelenině nebo jejich neochota tyto informace poskytnout.

Závěrem lze říci, že z uvedených skutečností je možné konstatovat, že obsah kyseliny askorbové a vlákniny v zelenině hraje významnější roli, než negativní působení dusičnanů na lidský organismus.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BARTOŠ J., HOLÍK K. (1990): Technologie výroby polní zeleniny s ohledem na životní prostředí. Praha, (studie VTR), ÚZPI, 60 s.
2. BIELEK P. et al., (1986): Kumuláciadusičnanov v zeleninách (příčiny a východiská). Bratislava, pobočka ČSVTS při VÚPVR, 96 s.
3. BÍZIK J. (1989): Podmienkyoptimalizácie výživy rastlínusíkom. Bratislava, VEDA, 189 s.
4. BUCHTOVÁ I. (2011): Situační a výhledová zpráva. Zelenina. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 73 s.
5. CAUDROVÁ J., KUŠTA J. (1992). K problematice dusičnanů v pektinu. *Průmysl potravin*, 43: 10 s.
6. DOSTÁLOVÁ J. (1991): Výživová doporučení u nás a ve světě. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 52 s.
7. DUDÁŠ F., PELIKÁN M. (1989): Využití produktů rostlinné výroby. Brno, Vysoká škola zemědělská v Brně, 247 s.
8. FLOHROVÁ A. (1990): Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Praha, ÚVTIZ, 83 s.
9. FOREJT M. (2008). Dusičnany v potravinách. *Medicína pro praxi*, 5: 333-334.
10. HLUŠEK J. (1996): Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 48 s.
11. http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/Cizorode_latky_final.pdf „staženo dne 03.03.2012“
12. <http://www.eufic.org/article/cs/expid/Spotreba-ovoce-a-zeleniny-Evropa/> „staženo dne 21.04.2012“
13. <http://www.zelinarskaunie.cz/Portals/0/ceny09/SZPI%20-%20Pokora%202012.pdf> „staženo dne 12.04.2012“
14. CHAN T.Y.K. (2011). Vegetable-bornnitrate and nitrite and the risk ofmethaemoglobinaemia. *Toxicologyletters*, 1: 107-108.
15. CHETTY A.A., PRASAD S. (2009). Flowinjectionanalysisofnitrate N – determination in rootvegetables: Study oftheeffectsofcooking. *Food chemistry*, 2: 561 - 566.

16. JAVORSKÝ P. et al., (1987): Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. Praha, Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 405 s.
17. JÚZL F. et al. (2008): Rizikové látky v bramboru. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 139 s.
18. KALACĚ P., MÍKA V. (1988): Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. České Budějovice, Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 212 s.
19. KALAVSKÁ D., HOLOUBEK I. (1989): Analýza vod. Bratislava, Alfa, 262 s.
20. KOLEK J., KOZINKA V. (1988): Fyziologickořeňového systému rostlín. Bratislava, VEDA, 381 s.
21. LESZCZYŃSKA T., FILIPIAK – FLORKIEWICZ A., CIÉSLIK E., SIKORA E. (2009). Effectsof someprocessingmethods on nitrate and nitrite ganges in cruciferousvegetables. *Journalof food composition and analysis*, 22: 315 – 321.
22. LUNDBERG J.O., FEELISCH M., BJORNE H., JANSSON E.A., WEITZBERG E. (2006). Cardioprotectiveeffectsofvegetables: Isnitratetheanswer? *Nitric oxide – biology and chemistry*, 4: 359 – 362.
23. MALÝ I. et al. (1998): Polní zelinářství. Praha, Agrospoj, 196 s.
24. MALÝ I. (2003a): Pěstujeme cibuli, česnek, hrách a další cibulové a luskové zeleniny. Praha, Grada, 83 s.
25. MALÝ I. (2003b): Pěstujeme květák, zelí a další košťálové zeleniny. Praha, Grada, 87 s.
26. MELICHAR M. et al. (1997): Zelinářství. Praha, Český zahrádkářský svaz, 165 s.
27. MÍČA B. et al. (1991): Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 75 s.
28. MOR F., SAHINDOKUYUCU F., ERDOGAN N. (2010). Nitrate and Nitrite contentsof somevegetablesconsumed in southprovinceofTurkey. *Journalof animal and veterinaryadvances*, 15: 2013-2016.
29. NAM P.H., ALEJANDRA B., FREDERIC H., DIDIER B., OLIVIER S., ANDRE P. (2008). A newquantitative and low-costdeterminationmethodofnitrate in vegetables, based on deconvolutionof UV spectra. *Talanta*, 4: 936-940.

30. NEUBERG J. (1998): Hnojení a výživa rostlin na zahradě. Praha, Grada, 149 s.
31. NOVAES H.B., VAITSMAN D.S., DUTRA P.B., PEREZ D.V. (2009). Determination of nitrate in lettuce by ion chromatography after microwave water extraction. *Quimica nova*, 6: 1647-1650.
32. OZDESTAN O., UREN A. (2010). Development of a Cost-Effective method for nitrate and nitrite determination in leafy plants and nitrate contents of some green leafy vegetables grown in the Aegean region of Turkey. *Journal of agricultural and food chemistry*, 9: 5235-5240.
33. PEKÁRKOVÁ E. (1992): Pěstujeme zdravou zeleninu. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 143 s.
34. PEKÁRKOVÁ E. (2002): Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Praha, Grada, 90 s.
35. PEKÁRKOVÁ E. (2004): Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenové zeleniny. Praha, Grada, 97 s.
36. PEKÁRKOVÁ, E. (2000): Pěstujeme zeleninu. Praha, Grada, 150 s.
37. PEKÁRKOVÁ, E. (2001): Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Praha, Grada, 68 s.
38. PELEŠKA S. (1992): Pěstujeme zeleninu. Praha, Mona, 89 s.
39. POKLUDA R. (2006). Význam a nutriční hodnota zeleniny. *Zahradnictví*, 6: 18-19.
40. PROCHÁZKA S. et al. (1998): Fyziologie rostlin. Praha, Academia, 484 s.
41. PRUGAR J., HADAČOVÁ V. (1994): Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. Praha, studijní zpráva ÚZPI, 59 s.
42. PRUGAR J., HADAČOVÁ V. (1995): Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách. Praha, (studijní zpráva), ÚZPI, 52 s.
43. PRUGAR J., PRUGAROVÁ A. (1985): Dusičnany v zelenině. Bratislava, Příroda, 15 s.
44. Příloha č. 2 k vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č.53/2002 Sb.
45. SEMLER M. (1990): Iontově selektivní a jejich využití v potravinářské a zemědělské praxi. Praha, Středisko technických informací potravinářského průmyslu, 214 s.

46. SUN – JU K., GENSHO I. (2007). Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad. *Journal of the science of food and agriculture*, 87: 966 – 973.
47. ŠINDELÁŘOVÁ J. (1985): Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 64 s.
48. ŠVUBOVÁ J., ZAJÍCOVÁ M. (1986). Sledování obsahu dusičnanů v zelenině v návaznosti na kulinářské úpravě. *Československá hygiena*, 7: 417-420.
49. TAIZ L., ZEIGER E. (2002): Plant physiology. Sunderland, Sinauer associates, 690 s.
50. TAMME T., REINIK M., ROASTO M., MEREMAE K., KIISS A. (2010). Nitrate in leafy vegetables, culinary herbs, and cucumber grown under cover in Estonia: content and intake. *Food additives & contaminants Part B surveillance*, 2: 108-113.
51. TORMA S. (2005). Dusík. Nenahraditelný prvek v půdě a rostlině. *Agro*, 10: 27-29.
52. ULRICH R., SEIFERT J. (1978): Nitrifikace – producent nitrátového dusíku půd. *Rostlinná výroba*, 25: 1157 – 1161.
53. VANĚK V. et al., (2002): Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Praha, Ing. Martin Sedláček, 132 s.
54. VELÍŠEK J. (2002): Chemie potravin 3. Tábor, OSSIS, 343 s.
55. VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J. (2009): Chemie potravin 2. Tábor, OSSIS, 595 s.
56. ZHONG W.K., HU C.M., WANG M.J. (2002). Nitrate and nitrite in vegetables from north China: content and intake. *Food additives and contaminants*, 12: 1125-1129.

PŘÍLOHY

