

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Katedra biologických disciplín

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství - sp. využití a ochrana zem. krajiny

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Sledování a vyhodnocení obsahu nitrátů ve vybraných druzích
zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Plzně**

Vedoucí práce: Ing. Karel Suchý, Ph.D.

Autor: Petra Benedíková

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích 24. 4. 2007

.....

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Suchému, Ph.D., jehož cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení přispěly k vypracování této práce.

OBSAH

1 ÚVOD	3
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	4
2.1 Zdravotní význam zeleniny	4
2.2 Spotřeba zeleniny	5
2.3 Složení zeleniny	7
2.3.1 Hlavní obsahové látky	7
2.3.2 Rizikové obsahové látky	8
3 DUSÍK	10
3.1 Význam dusíku, projevy jeho nedostatku a nadbytku	10
3.2 Dusík v půdě	11
3.3 Příjem dusíku rostlinami	18
3.4 Dusík v rostlině	19
4 DUSIČNANY	22
4.1 Význam dusičnanů a nebezpečí plynoucích z jejich zvýšeného obsahu	22
4.2 Faktory ovlivňující obsah dusičnanů v zelenině	24
4.2.1 Obsah dusičnanů v závislosti na druhu, odrůdě a části rostliny	24
4.2.2 Akumulace dusičnanů v závislosti na stanovišti a způsobu pěstování	26
4.2.3 Obsah dusičnanů v rostlinách v závislosti na hnojení	27
4.2.4 Vegetačních podmínky, délka vegetace a jejich vliv na kumulaci dusičnanů	29
4.2.5 Vliv sklizně a skladování na obsah dusičnanů v zelenině	30
4.3 Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině	31
4.3.1 Agrotechnická opatření vedoucí k nižšímu obsahu nitrátů	31
4.3.2 Možnosti snížení obsahu nitrátů kuchyňskou úpravou	33
4.4 Limity dusičnanů v zelenině	35
5 METODIKA	37
5.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou	37
5.2 Odběr vzorků	37
5.3 Příprava vzorků pro měření	38
5.4 Vlastní měření vzorků	39
5.5 Výpočet koncentrace NO_3^- ze stanovení pomocí ISE	39
5.6 Vyhodnocení výsledků	40
6 VÝSLEDKY A DISKUSE	41
6.1 Brambory	45

6.2 Košťáloviny	47
6.3 Plodová zelenina	51
6.4 Listová zelenina	55
6.5 Kořenová zelenina	56
6.6 Cibulová zelenina	61
7 ZÁVĚR	63
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
9 PŘÍLOHY	69

1 ÚVOD

Zelenina je významnou součástí lidské výživy, v níž má nezastupitelné místo vzhledem k obsahu vitamínů, minerálních látek, vlákniny a dalších důležitých látek.

Za minimální hranici v konzumaci zeleniny je zdravotníky považováno 90 kg, za ideální stav potom 120 - 130 kg na osobu a rok (HLUŠEK 1996). Od roku 1992 se roční spotřeba zeleniny pozvolna zvyšovala, a to až do roku 1999, kdy dosáhla úrovně 85,3 kg na osobu. V současné době je situace opačná a množství konzumované zeleniny se rok od roku snižuje. V roce 2005 dosáhla celková spotřeba zeleniny v ČR úrovně 77,8 kg na osobu (BUCHTOVÁ 2006).

Potraviny jsou tématem, kterým se denně zabývá každý spotřebitel. Lidé již nesledují pouze množství a cenu konzumovaných potravin, prvořadou se stává kvalita a zdravotní nezávadnost.

Orgánem státního dozoru nad zdravotní nezávadností, jakostí a řádným označováním potravin je Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Pod pojmem kontrola zdravotní nezávadnosti je zahrnuta kontrola mikrobiologických požadavků a kontrola obsahu cizorodých látek. Mezi cizorodé látky jsou řazeny i dusičnany.

V zeleninových výpěstcích je však za cizorodé látky považovat nelze, protože jsou jedním z běžných asimilačních produktů všech rostlin. V rostlinných pletivech představují přirozenou anorganickou zásobu dusíku, jež by v dalších fázích vývoje rostliny mohla být přeměněna na organické látky a využita. Je-li jejich koncentrace ve sklizňové fázi nadměrná a přesahuje určitou přípustnou mez, stávají se dusičnany látkou nežádoucí.

Obsah práce je zaměřen zejména na jednotlivé faktory, které ovlivňují akumulaci dusičnanů v čerstvé zelenině. Ta je závislá především na druhu zeleniny, vegetačních podmínkách, hnojení, agrotechnice, době a způsobu sklizně. Obsah dusičnanů v konzumované zelenině může ovlivnit rovněž skladování a kuchyňská úprava zeleniny.

Cílem této práce bylo prostřednictvím zjišťování obsahu dusičnanů v běžných druzích zeleniny a v bramborách přispět ke sledování zdravotní nezávadnosti zeleniny distribuované do obchodní sítě města Plzně v letech 2005 - 2007.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Zdravotní význam zeleniny

Pro udržení dobrého zdravotní stavu lidského organismu je nezbytným předpokladem kvalitní výživa. Její součástí by mělo být dostatečné množství zeleniny, a to především díky vysoké biologické a nízké energetické hodnotě (HLUŠEK 1996).

Ve vyspělých zemích netrpí obyvatelstvo nedostatkem potravin, naopak energetický příjem u většiny obyvatel překračuje doporučené dávky a neodpovídá tak klesajícímu podílu fyzické práce a pohybu vůbec. Obezita a choroby, které s ní souvisejí, je toho dokladem. Zelenina jako produkt s nízkým obsahem energetických látek se poté jeví jako ideální prostředek ke snížení nadměrné hmotnosti (PEKÁRKOVÁ 1992).

Podle moderních poznatků potřebuje člověk získat v potravě denně 6 200 až 20 000 kJ. Energetická hodnota zeleniny v průměru všech druhů představuje hodnotu 107 kJ na 100 g čerstvé hmoty. 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 100 g (DOSTÁLOVÁ 1991, PEKÁRKOVÁ 1992).

Významnou úlohu ve stravě plní zelenina jako zásaditá součást potravin. Svým obsahem zásadotvorných prvků (draslíku, sodíku, hořčíku a železa) pomáhá kompenzovat kyselinotvorné složky obsažené v masité a moučné potravě (PEKÁRKOVÁ 2004 a 1992). Kromě toho získáváme ze zeleniny pro zdraví člověka nezbytné vitamíny, minerálie, vlákninu a aromatické složky v některých případech i léčivé povahy (PEKÁRKOVÁ 2001).

Velmi důležitá je tzv. hrubá vláknina, dnes nazývaná vlákninovým komplexem. Vláknina má nezastupitelný význam v podpoře peristaltiky a správné funkci trávicího ústrojí. Tuto látku lze považovat za preventivní ve vztahu k výskytu rakoviny tlustého střeva. Uvedené onemocnění se bohužel vyskytuje v ČR nejvíce na světě (POKLUDA 2006). Podle názoru různých odborníků by se příjem vlákniny u dospělého člověka měl pohybovat mezi 20 - 40 g.den⁻¹. FAO (Organizace OSN pro výživu a zemědělství) doporučuje 30 g na osobu a den (DOSTÁLOVÁ 1991).

Zvláštní místo patří tzv. „rezistentnímu“ škrobu, který zvyšuje příjem vlákniny. Jeho obsah se v uvařených hlízách brambor pohybuje v rozmezí 1 až 3 %. Příjem

ve výživě lidí se odhaduje v průměru na 3 až 6 g na osobu a den. Tento škrob nelze štěpit amylázami, dostává se nestrávený do tlustého střeva a zde slouží jako výživa pro mikroorganismy. Fyziologicky tento škrob představuje substrát pro látkovou výměnu střevních bakterií. Zároveň podporuje tvorbu máselnanů v tlustém střevě, které podněcují látkovou výměnu střevních buněk a mají vliv na pozvolné odumírání nádorových buněk (VOKÁL a kol. 2003).

Zeleninu jako skupinu užitkových rostlin oceňujeme nejen pro její složení, ale také proto, že se většina konzumuje v čerstvém stavu, bez tepelné úpravy, čímž zůstávají zachovány v plné hodnotě všechny cenné obsahové látky. Většinu z nich získává lidský organismus právě jen prostřednictvím konzumu zeleniny (PEKÁRKOVÁ 2001 a 2004).

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).

Zdravotní význam zeleniny je neoddiskutovatelný, přesto jsme ale v současnosti svědky nedostatečné úrovně roční spotřeby zeleniny nedosahující zdaleka doporučených sto kilogramů na osobu (POKLUDA 2006).

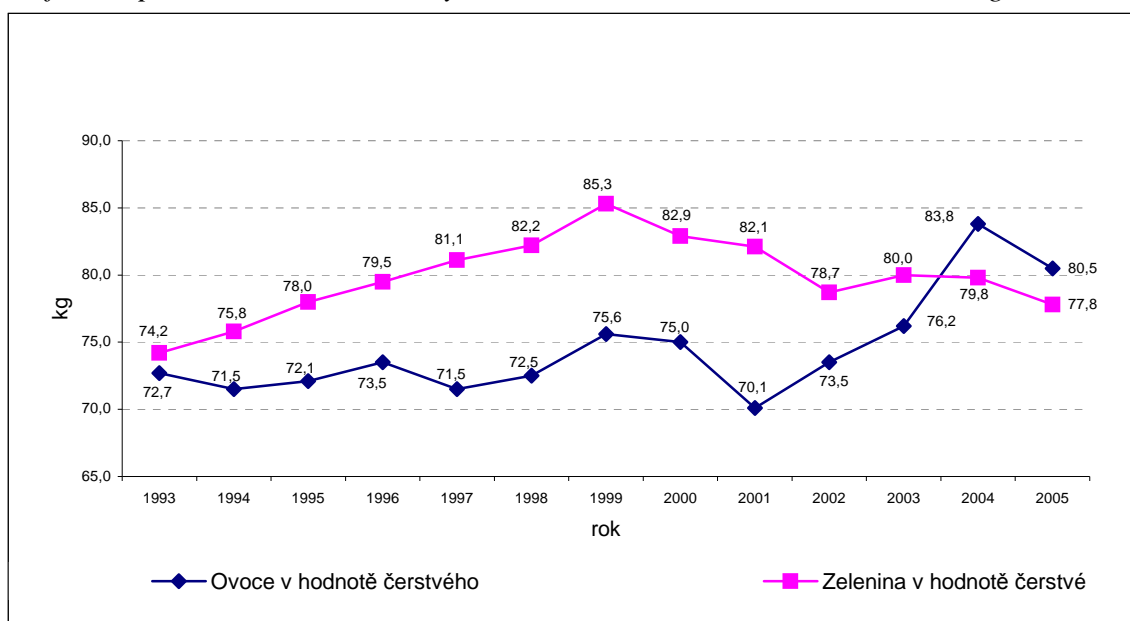
2.2 Spotřeba zeleniny

V roce 2005 dosáhla celková spotřeba zeleniny v ČR úrovně 77,8 kg na osobu (BUCHTOVÁ 2006). Za minimální hranici v konzumaci zeleniny je přitom zdravotníky považováno 90 kg, za ideální stav potom 120 - 130 kg na osobu a rok (HLUŠEK 1996).

Otázkou spotřeby ovoce a zeleniny se zabývá také Společnost pro výživu (občanské sdružení odborníků a pracovníků v oboru lidské výživy založené v roce 1945). Podle jejích doporučení by denní příjem zeleniny a ovoce měl dosahovat až 600 g, včetně zeleniny tepelně upravené, přičemž poměr zeleniny a ovoce by měl být cca 2 : 1 (DOSTÁLOVÁ, HRUBÝ, TUREK 2004).

Z výše uvedeného vyplývá zdravotnický podložená nutnost zvýšení konzumu zeleniny. V posledních zhruba šesti letech však dochází spíše k opačné situaci. Spotřebu ovoce a zeleniny v kg na osobu v letech 1993 - 2005 znázorňuje graf 2.1.

Graf 2.1: Spotřeba ovoce a zeleniny v hodnotě čerstvé v letech 1993-2005 v kg na osobu



Zdroj: ČSÚ

Z grafu 2.1 je dobře patrné mírné zvýšení průměrné spotřeby zeleniny v roce 2003. Největší nárůst spotřeby byl zaznamenán u rajčat, celeru, špenátu, hlávkového zelí a kedluben. Naopak k největšímu poklesu došlo u cibule, okurek, hlávkové kapusty, papriky a petržele (BUCHTOVÁ 2005). Vývoj roční spotřeby jednotlivých druhů zeleniny na jednoho obyvatele ČR zachycuje tabulka 9.1, která je součástí příloh.

V roce 2004 došlo k mírnému meziročnímu poklesu celkové spotřeby zeleniny, a to o 0,2 kg/os./rok. Výrazný propad nastal u spotřeby okurek, rajčat, melounů, petržele a papriky. Naproti tomu vzrostla spotřeba zejména cibule, hlávkového zelí, kapusty a květáku.

V roce 2005 nastal další pokles spotřeby zeleniny vlivem nízké domácí produkce a nižším dovozům některých druhů zeleniny. K nejvýraznějšímu poklesu spotřeby došlo

u hlávkového zelí, cibule, květáku a mrkve. Naproti tomu spotřeba melounů, rajčat, paprik a salátových okurek se výrazně zvýšila (BUCHTOVÁ 2006).

2.3 Složení zeleniny

2.3.1 Hlavní obsahové látky

Největší podíl na hmotnosti všech druhů zeleniny má voda (PELEŠKA 1992). Čerstvé zeleniny obsahují podle druhu 87 - 95 % vody (PEKÁRKOVÁ 2004).

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).

Sacharidy jsou energeticky nejdůležitější složkou zeleniny a často mají podstatný podíl na tvorbě jejich chuťových vlastností. Nejdůležitější jsou glukóza a fruktóza. Kondenzací monosacharidů vznikají disacharidy - např. sacharóza. Další biologickou kondenzací vznikají oligosacharidy a posléze polysacharidy různých forem. Nejběžnějšími polysacharidy jsou především škrob a celulóza (PELEŠKA 1992, POKLUDA 2006). Obsah cukrů značně závisí na podmínkách pěstování a na stupni zralosti sklizeného produktu (PEKÁRKOVÁ 1992). Průměrný obsah sacharidů v zelenině je 28 g.kg⁻¹ (POKLUDA 2006).

Po stránce energetického obsahu jsou bílkoviny stejně hodnotné jako cukry (PELEŠKA 1992). Bílkoviny přítomné v zelenině se v lidském těle využívají pouze částečně, v kombinaci s živočišnými bílkovinami se zvyšuje efektivnost jejich využití. Průměrný obsah bílkovin v zelenině je 18 g.kg⁻¹ (POKLUDA 2006).

Vláknina obsažená v zelenině se skládá z neškrobových polysacharidů, které nejsou rozložitelné trávicími enzymy v horní části trávicího traktu (celulóza, lignin, hemicelulózy, pektinové látky, gumy a slizy). Vláknina má nezastupitelný význam v podpoře peristaltiky střev a správné funkci trávicího ústrojí (POKLUDA 2006). Také se podílí na odstraňování škodlivých látek ze zažívacího ústrojí, především olova, rtuti, kadmia a dalších těžkých kovů (PEKÁRKOVÁ 1992). Všechny zeleniny jí obsahují spolu s vodou velké množství (PELEŠKA 1992). Průměrný obsah vlákniny v zelenině je 20 g.kg⁻¹ (POKLUDA 2006).

Vitamíny patří mezi biokatalyzátory syntetizované rostlinami (PELEŠKA 1992). Jsou obsaženy především v nejaktivnějších rostlinných orgánech, tj. v listech, rašících pupenech, mladých oplodích a někdy i v transportních orgánech (PEKÁRKOVÁ 1992).

Jejich nepřítomnost nebo nedostatek v potravě živočichů a člověka vede k hlubokým poruchám činnosti, jako jsou avitaminózy nebo hypovitaminózy (PELEŠKA 1992). K nejvýznamnějším vitamínům obsaženým v zelenině řadíme především vitamíny C a E. Oba tyto vitamíny náleží mezi velmi účinné antioxidanty (POKLUDA 2006). Podle FLOHROVÉ (1990) představují jednu z cest ochrany konzumenta proti nepříznivému zdravotnímu působení vyšších dávek nitrátů. Ochranný účinek obou vitamínů spočívá v tom, že zabraňují tvorbě nitrosaminů.

Všechny rostliny v sobě hromadí také minerální látky, které do svých pletiv přijímají z půdy prostřednictvím kořenů (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. Zelenina je jejich nejdůležitějším zdrojem a navíc se v ní vyskytují v lehce přijatelných sloučeninách (PEKÁRKOVÁ 1992).

Nezanedbatelný je i obsah organických kyselin, z nichž nejvíce je zastoupena kyselina jablečná a citronová, dále kyseliny 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 2003a).

2.3.2 Rizikové obsahové látky

Zelenina může obsahovat i některé nežádoucí látky, které nazýváme antinutričními. Některé z nich jsou přímými metabolity rostlin, jiné se do rostlin dostávají z prostředí. Tato druhá skupina jsou vlastně pro rostlinu cizorodé látky mezi něž patří především těžké kovy a jiné průmyslové emise a rezidua pesticidů (PEKÁRKOVÁ 1992).

Nejproblematictější látkou v listové zelenině je kyselina šťavelová (oxalová), která váže vápník na šťavelan vápenatý, a tím omezuje využití vápníku v těle. Její nepříznivý vliv lze neutralizovat požitím mléka (PEKÁRKOVÁ 2002).

Chuťově nepříjemnými se mohou stát některé přirozené složky obsažené v zeleninách. Jde především o siličnaté látky v ředkvi a v ředkvičkách (PEKÁRKOVÁ 2004). Košťáloviny obsahují strumigeny, tj. látky, které brzdí činnost štítné žlázy.

Mezi zdravotně nežádoucí látky patří také aflatoxiny nebo mykotoxiny v širším slova smyslu. Jsou to vysoce jedovaté látky, které vznikají v rostlinách a sklizených částech v důsledku napadení houbovými chorobami.

Významným anitnutričním faktorem v rostlinných produktech jsou dusičnany. Jejich obsah v rostlinách se pohybuje od stop do 20 000 mg.kg⁻¹ (PEKÁRKOVÁ 1992). Problematice dusičnanů bude věnována kapitola 4.

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, VOKÁL, PENK 1991). Celkové množství dusíku na naší planetě se odhaduje na $2,17 \cdot 10^{17}$ t.

Dusík patří k nejvýznamnějším živinám, a to nejen pro rostliny, ale pro všechny živé organismy. Patří k základním stavebním prvkům, které tvoří nejvýznamnější část živé hmoty - bílkoviny (VANĚK a kol. 2002). Z minerálních živin je v sušině rostlin zastoupen největším podílem 0,5 - 5,0 % (NEUBERG 1998). Ve výživě rostlin má nezastupitelné místo a v porovnání s ostatními živinami nejčastěji limituje úrodu (BÍZIK 1989). Pro svoji vysokou účinnost bývá nazýván „motorem růstu“.

Dusík je nejen podstatnou složkou bílkovin, ale i enzymů, chlorofylu, vitamínů apod. (NEUBERG 1998).

Vzhledem ke značné potřebě a velkému významu dusíku pro život rostlin jeho nedostatek působí silnou inhibici vegetativního růstu (VANĚK a kol. 2002). 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 a kol. 1998).

Při nedostatku dusíku dochází ve starších částech rostlin 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.

U některých plodin, zvláště okopanin a zelenin, je žádoucí, aby rostliny měly dostatek na počátku vegetace pro tvorbu biomasy, ale ke konci vegetace již omezené množství dusíku, které přispívá k fyziologickému dozrání, 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 a kol. 2002).

Podle TORMY (2005) vzniká nadbytek dusíku v rostlinách z relativně vyššího příjmu dusíku (vzhledem k jiným prvkům), který už rostlina není schopna zabudovat do bílkovinných sloučenin. Nadbytek dusíku má výrazný vliv na bujný růst rostlin. Pletiva listů a stonků jsou řídká. Listy jsou velké a vodnaté, tmavě zelené až namodralé barvy (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 sklízených plodů je nižší následkem vysokého obsahu dusičnanů a snížených skladovacích vlastností (NEUBERG 1998). Snižuje se i obsah cukrů a tuku. To má za následek snížení mrazuvzdornosti a chladuvzdornosti rostlin (TORMA 2005).

Působení nadbytku dusíku je rozdílné podle druhů rostlin a růstové fáze rostlin. Velmi citlivé na nadbytek dusíku v raných fázích vegetace, tzn. při vzcházení, jsou některé drobnosemenné zeleniny (květák, brukev, zelí, salát), řepa. V pozdějších fázích růstu působí nadbytek dusíku jeho hromadění v minerální formě v rostlinách. Při výrazném nadbytku jsou zjevné příznaky poškození okrajů listů - dochází k nekrotickým a zasychání okrajů listů, které může vést k úplnému zničení listu. Je to důsledek toho, že přijatý dusík je transportován až do okrajů listů, kde se hromadí, a když přesáhne jeho obsah toxickou hladinu, jsou poškozována pletiva (VANĚK a kol. 2002).

3.2 Dusík v půdě

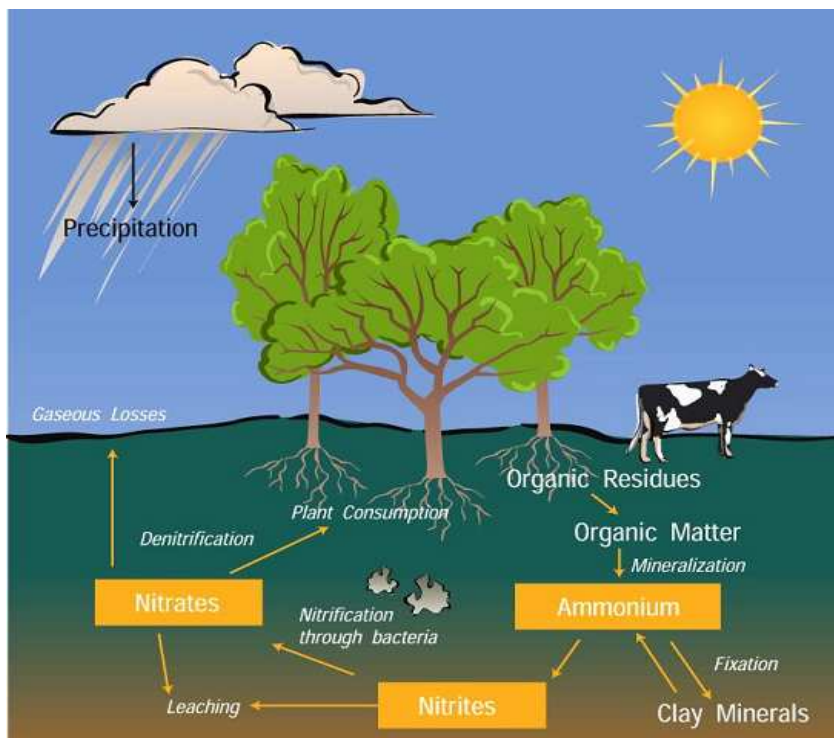
Dusík s uhlíkem představuje jeden z nejvýznamnějších prvků v koloběhu živin v přírodě.

Největší podíl dusíku v půdě tvoří dusík vázaný v organických sloučeninách, a to v množství 0,2 až 5 g.kg⁻¹ půdy (PROCHÁZKA a kol. 1998). Zdrojem organického dusíku, který tvoří 98 - 99 % dusíku v půdě, jsou rostlinné a živočišné zbytky, biomasa mikroorganismů a všechny druhy organických hnojiv. Zbytek půdního dusíku (1 - 2 %) představuje anorganický podíl, který je reprezentován dusičnanovými (NO₃⁻), amonnými (NH₄⁺) a dusitanovými (NO₂⁻) ionty.

Obohacování půdy o dusík může probíhat biologickou cestou. Touto cestou se do půdy dostává 30 - 45 kg N.ha⁻¹ zemědělské půdy. Mezi biologické pochody patří biologická fixace vzdušného dusíku volně žijícími nebo symbiotickými bakteriemi. K nebiologickým způsobům obohacování půdy dusíkem řadíme depozici vzdušného dusíku a hnojení půd. Ze vzduchu se do půdy depozicí dostane cca 10 - 30 kg dusíku, hnojivý samozřejmě podle intenzity hnojení.

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).

Obr. 3.1: Koloběh dusíku v přírodě



Zdroj: <http://www.celysvet.cz>

Mineralizace a imobilizace tvoří dva neoddělitelné procesy. Při mineralizaci dochází vlastně 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).

Mineralizace organické hmoty, jak uvádí TORMA (2005), se významnou měrou podílí na přísunu minerálního dusíku do půdy. Mineralizací jsou organické sloučeniny rozkládány na anorganické formy, a to rychlostí 142 až 814 kg.ha⁻¹ N za rok, což odpovídá přeměně 1,2 až 7,4 % veškerého organického dusíku (PROCHÁZKA a kol. 1998). Základními formami anorganického dusíku jsou dusík amoniakální (NH₄⁺) a dusičnanový (NO₃⁻), které jsou rozhodující pro výživu rostlin (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). KOLEK a kol. (1988) konstatují, že rostliny mohou obě dvě formy dusíku dobře přijímat i asimilovat, i když existuje druhová, ba dokonce genotypová specifita příjmu a využití kationového a anionového dusíku.

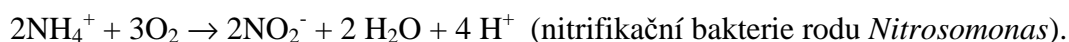
Mineralizace začíná amonifikací, kterou zabezpečuje mnoho různých heterotrofních organismů (PROCHÁZKA a kol. 1998). Podle BÍZIKA (1989) ionty NH₄⁺, uvolněné při amonifikaci, se mohou v půdě využít anebo přeměnit následujícími způsoby:

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 nepřístupných forem v mřížce expandujících sekundárních jílových minerálů.

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

Velmi významným procesem týkajícím se další přeměny mineralizovaného dusíku v půdě je nitrifikace (BÍZIK 1989). Podle NEUBERGA (1998) se ve vegetačním období dusík na ledkovou formu přemění poměrně rychle (za 14 - 21 dnů). PROCHÁZKA a kol. (1998) poukazují na malý počet druhů autotrofních bakterií účastnících se nitrifikace.

Amoniakální dusík se oxiduje mikrobiální cestou podle rovnic:



Konverzi dusitanů na dusičnany způsobuje druhá skupina autotrofních bakterií (*Nitrobacter*) $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$ (BÍZIK 1989).

Ročně se z půdní zásoby dusíku v podobě organických látek přemění až 3 % na nitráty. 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 NO₃-N byly zjištěny při teplotách 25 - 30 °C. Optimální průběh nitrifikace je při hodnotě pH 8,5, přičemž v půdě většinou probíhá v rozsahu pH 5,5 - 7,5 (BÍZIK 1989).

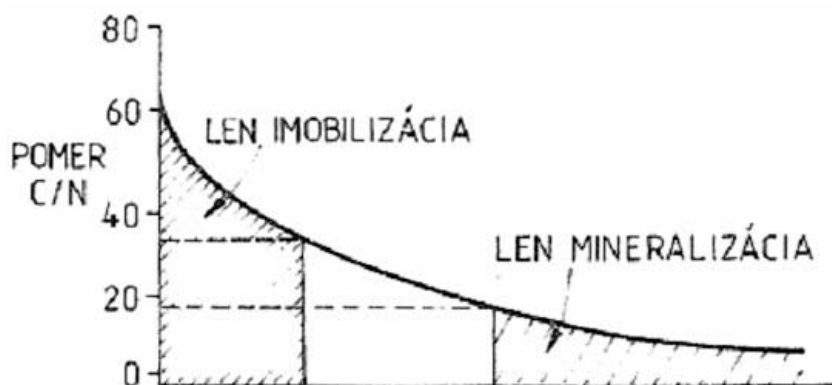
Podle PRUGARA a HADAČOVÉ (1995) rychlost mineralizace závisí na kvalitě půdní organické hmoty a je ovlivněna způsobem agronomického využití půdy a celým komplexem podmínek stanoviště, působením počasí a kultivačními opatřeními během vegetace.

Vliv klimatických podmínek se projevuje i v průběhu roku. V teplé půdě se živiny uvolňují rychleji, v chladné půdě se jejich uvolňování zpomaluje (FLOHROVÁ 1990). PRUGAR a HADAČOVÁ (1995) upozorňují na příliš vysoké teploty vedoucí k nadměrné mineralizaci.

RŮŽEK a KUSÁ (1999) poukazují na významný vliv zpracování půdy na využití dusíku z půdy i z hnojiv rostlinami. Při intenzivním kypření půdy se vytváří aerobní podmínky ve zpracované vrstvě půdy, a tak dochází k intenzivnějšímu uvolňování dusíku z půdní zásoby a jeho přeměně na nitráty. Při bezorebném a minimálním zpracování půdy probíhá mineralizace dusíku z půdní organické hmoty pozvolněji.

Významným činitelem favorizujícím převahu mineralizačních nebo imobilizačních procesů po zaorání organické hmoty do půdy je poměr C : N. Při vysoké hodnotě podílu C : N v organické hmotě se většinou uplatňuje imobilizace anorganického dusíku, při hodnotách pod 20 zase mineralizace. Průběh těchto procesů je zjevný z obrázku 2.2. Poměr C : N v stabilizované organické hmotě je okolo 10 : 1 (BÍZIK 1989).

Obr. 2.2: Průběh mineralizace a imobilizace v závislosti na poměru C : N



Zdroj: Bízík 1989

Ztráty dusíku z půdy představují vysoké hodnoty a dosahují různé výše - plynné ztráty 30 - 40 kg, vyplavování 7 - 10 kg, eroze půdy 5 - 10 kg a odběr dusíku pěstovanými rostlinami (v závislosti na výnosu) 60 - 70 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (TORMA 2005)

BÍZIK (1989) uvádí největší ztráty dusíku vyplavením koncem zimy až začátkem jara, kdy převládají srážky nad evapotranspirací a urychluje se migrace dusičnanů v půdě.

Ztráty dusíku z půdy mohou vznikat také volatilizací - uvolněním v plynné formě do atmosféry. To se týká zejména iontu NH₄⁺, který přechází na NH₃. Kromě toho 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 a kol. 1998).

Denitrifikační procesy způsobují bakterie, které z nitrátů získávají potřebný kyslík, je-li půda málo provzdušená a její teploty se pohybují mezi 5 - 10 °C (FLOHROVÁ 1990). Jedná se o některé mikroorganizmy rodů *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Bacillus*. Z autotrofních mají schopnost redukovat dusičnany zejména sírné bakterie *Thiobacillus denitrificans* a *Thiobacillus thioparus* (BÍZIK 1989).

BÍZIK (1989) uvádí ztráty dusíku v plynné formě od 9 - 87 kg.ha⁻¹, přičemž větší ztráty byly v ulehých půdách při vyšším obsahu vody.

Sezónní změny obsahu anorganického dusíku v půdě

Transformační procesy sloučenin dusíku v půdě vyúsťují do určité koncentrace iontu NO₃⁻ a NH₄⁺ v půdě.

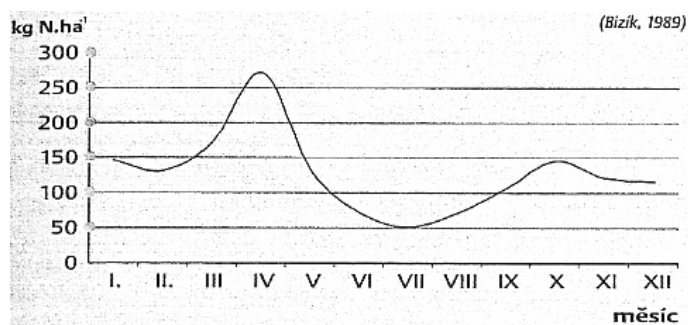
Křivky či hladiny N_{an} mají charakteristický průběh, který souvisí zejména s aktivitou mikroorganizmů a intenzitou odběru dusíku porostem (BÍZIK 1989). V průběhu roku dochází k značným změnám v obsahu anorganického dusíku v půdě. V jarním období v dubnu až květnu se v důsledku oteplování půdy zvyšuje činnost nitrifikačních bakterií a následně obsah anorganického dusíku dosahuje maximální hodnoty, tzv. jarní maximum. Odběrem dusíku pěstovanými rostlinami, jako i postupným snižováním intenzity nitrifikace, se obsah anorganického dusíku v půdě snižuje až na relativně stabilní hodnotu, která je těsně před sklizní a po sklizni - letní minimum (TORMA 2005). Po sklizni jsou zbytky rostlin mineralizovány. Biologická degradace zbytků předešlé plodiny v půdě a produkce nitrátů dosahuje maxima v říjnu a začátkem listopadu; pak dochází k jejich vymývání z půdy (FLOHROVÁ 1990). Při příznivých vlhkostních a teplotních podmínkách se v podzimním období začíná

obsah N_{an} v půdě zvyšovat (podzimní maximum) a následně před zimou opět klesá. V důsledku poklesu teplot se snižuje také nitrifikační aktivita mikroorganismů (TORMA 2005).

Koncentrační hladiny N_{an} ve vrstvě do 0,6 m zpravidla korespondují s úrovní hnojení, přičemž největší rozdíl se pozoruje na jaře při maximálním obsahu akumulovaného N_{an} a nejmenší v létě. V podzimním období větší diference v tvorbě N_{an} , způsobovaná předcházejícím hnojením, souvisí s mineralizací většího podílu labilně vázaného dusíku v půdě.

Na změnách obsahu N_{an} se podílí hlavně dusičnanový dusík. Hladina amoniakálního dusíku je vyrovnanější, s málo se měnícími hodnotami, které závisí na mineralizaci, rychlosti nitrifikace a na příjmu porostem (BÍZIK 1989).

Obr. 2.3: Změny obsahu anorganického dusíku v půdě v hloubce 0,0 - 0,6 m



Inhibitory nitrifikace

Přeměna dusíku v půdě může být účinně ovlivněna působením inhibitorů nitrifikace (IN).

Inhibitory nitrifikace jsou látky působící toxicky na mikroorganismy přeměňující dusík amoniakální na nitritový, případně až na nitrátový, které jsou však netoxické, nebo jen minimálně toxické, vůči ostatním organismům nebo enzymům v půdě, včetně rostlin.

Vlivem IN se po určitou dobu udržuje v půdě minerální dusík v amoniakální formě, která je vázána půdním sorpčním komplexem. Z toho důvodu se v té době v půdě nevytvářejí nově nitrity a následně nitráty, u nichž by docházelo k posunu do hlubších půdních vrstev nebo až k jejich ztrátám vyplavením.

Od používání IN se očekává především: zlepšení životního prostředí zabezpečením nízkého obsahu nitrátů v podzemních vodách, zdrojích pitné vody, krmných plodinách a zeleninách (LIŠŤANSKÁ, APLTAUER 1989).

Inhibitory nitrifikace se aplikují současně s hnojivy na začátku vegetační doby, konstatuje FLOHROVÁ (1990).

LIŠŤANSKÁ a APLTAUER (1989) došli k závěru, že inhibici nitrifikace může způsobit řada chemických látek. Jeden z nejznámějších a nejvíce prozkoušených IN je americký preparát N-Serve.

Z přirozených látek se mohou uplatnit např. fenolické produkty rozkladu ligninu, které vznikají při rozkladu dřevnatých organických látek v kompostu (ŠINDELÁŘOVÁ 1985 in FLOHROVÁ 1990).

Podle PRUGARA a HADAČOVÉ (1995) také ve statkových hnojivech jsou přítomny látky, které do určité míry plní funkci přirozených inhibitorů nitrifikace. Tyto látky se širokým poměrem C : N podporují rozvoj užitečné půdní mikroflóry, která dočasně imobilizuje přítomný dusík.

Jako přírodní inhibitor nitrifikace byla odzkoušována také sláma (PRUGAR, PECHOVÁ 1989). Aplikovaná sláma na rozdíl od dusíkatého hnojiva zásadně mění průběh dynamiky obsahů minerálního dusíku. Snižuje jeho koncentraci v prvních týdnech inkubace a podporuje jeho tvorbu v následném časovém období (MATÚŠKOVÁ 1989). Podle výsledků PRUGARA a PECHOVÉ (1989), chlévský hnůj s vyšším obsahem slámy zlepšil kvalitu pěstovaných zelenin.

Organické inhibitory nitrifikace mají ve srovnání s chemickými tu výhodu, že nezanechávají v půdě a v rostlinách žádná rezidua. Významné jsou zejména u kultur s krátkou vegetační dobou, mezi něž patří právě mnohé zeleninové druhy často pěstované ve sklenících nebo fóliovnících, kde při teplotách nad 15 °C a při optimální vlhkosti půdy jsou přímo ideální podmínky pro intenzivní mineralizaci (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995).

LIŠŤANSKÁ a APLTAUER (1989) při porovnávání působení IN na přeměnu dusíku DAM 390 v zemině hnědozemě při 28 °C během 14 týdnů došli k závěru, že všechny sledované IN (N-Serve, Didin) potlačily nitrifikaci minimálně v průběhu 5 týdnů. Inhibitory nitrifikace působí jen na minerální dusíkaté sloučeniny, nikoliv na mineralizaci organických látek, upozorňuje FLOHROVÁ (1990)

LIŠŤANSKÁ a APLTAUER (1989) zjistili závislost působení inhibitorů nitrifikace na půdně-klimatických podmínkách a na průběhu povětrnostních podmínek v jednotlivých letech. Vyšší teploty působení inhibitorů nitrifikace urychlují a nižší teploty naopak zpomalují (PEKÁRKOVÁ 1992).

3.3 Příjem dusíku rostlinami

Nitrátový dusík má pro výživu rostlin všeobecně největší význam (KOLEK a kol. 1988). Podle PROCHÁZKY a kol. (1998) jsou rostliny schopny přijímat dusík i ve formě NH_4^+ a některých organických sloučenin (aminokyseliny). TORMA (2005) považuje za základní formu dusíkaté výživy pro rostliny formy NO_3^- a NH_4^+ . O efektivním využití jednoho nebo druhého zdroje dusíku rostlinami rozhoduje celá řada faktorů, např. půdní reakce, teplota, vlhkost a provzdušněnost půdy, samotná rostlina apod.

Nejdůležitější rozdíl mezi příjmem nitrátového a amonného dusíku spatřují KOLEK a kol. (1988) v citlivosti na pH kořenového prostředí. TORMA (2005) poukazuje na převládající příjem aniontů NO_3^- při kyselé půdní reakci a intenzivnější příjem kationtů NH_4^+ v neutrálním a zásaditém prostředí. Při pH 6,8 se příjem NO_3^- a NH_4^+ v různých rostlinách může vyrovnat (KOLEK a kol. 1988).

Ročník, tj. průběh teplot a srážek po dobu vegetačního období, se významně projevuje v příjmu a ve spotřebě dusíku (BÍZIKA 1989). Za sucha trpí rostliny většinou nedostatkem všech živin. Naopak v letech s vyššími srážkami jsou potřebné vyšší dávky živin (HLUŠEK 1996). TORMA (2005) uvádí, že nižší teplota má za následek pokles příjmu N- NO_3^- a naopak stimuluje příjem N- NH_4^+ .

Podle BÍZIKA (1989) se v obdělávaných půdách, při vyšším obsahu vzduchu, nachází anorganický dusík většinou ve formě NO_3^- iontů.

Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy dusíku. Už netoxické koncentrace NH_4^+ v prostředí mohou inhibovat příjem i asimilaci nitrátu (KOLEK a kol. 1988).

Na základě svých pokusů došli RŮŽEK a KUSÁ (1999) k závěru, že rostliny přijímají větší část dusíku z půdní zásoby než z aplikovaných hnojiv. Zejména na úrodnější půdě je využití dusíku z hnojiv jen 20 až 30 %.

Podle BÍZIKA (1989) příjem určitého iontu není jen funkcí jeho koncentrace. Přijatelnost iontu z půdního roztoku třeba posuzovat také podle zastoupení ostatních iontů. Porušením určitých koncentračních rozsahů a poměrů živin se zvýrazňují antagonistické a synergické účinky, které mají často nepříznivý dopad na formování úrody. KOLEK a kol. (1988) poukazují na závislost rozsahu vstupu ve vodě rozpuštěných minerálních živin do kořene zejména na rychlosti transpirace listů výhonku a na stavu živin v rostlině.

Rostliny přijímají živiny z půdního roztoku, případně z adsorpčních center na kořenových vláscích a z volného prostoru (free space). Tento transport má dva mechanismy: aktivní a pasivní.

Aktivní příjem živin se realizuje proti koncentračnímu spádu na úkor energie, uvolňující se z makroergických vazeb z ATP. Kořeny přijímají NO_3^- převážně aktivně, ve směru elektrochemického gradientu. Při pasivním příjmu kationů dochází současně k vylučování anionů, čímž se omezuje také kumulace dusičnanů ve vnitřním roztoku. K pasivnímu příjmu dusičnanů dochází jen při velkém přebytku dusičnanů v půdním roztoku a při nízké koncentraci ve vnitřním roztoku (BÍZIK 1989).

3.4 Dusík v rostlině

Amonné soli spolu s dusičnanem ať už dodaným do půdy zvenku, anebo vniklým v půdě nitrifikačním procesem jsou výchozím materiálem pro syntézu aminokyselin a dalších sloučenin dusíku důležitých pro metabolismus rostliny (KOLEK a kol. 1988).

Dusík v rostlině podléhá okamžitým proměnám (TORMA 2005). Nitrát vstupující do cytozolu může být redukován na amonium, dočasně převeden do vakuoly, symplastem transportován do xylému nebo pasivně unikne zpět do kořenového substrátu (PROCHÁZKA a kol. 1998).

Anorganický dusík ve formě NO_3^- iontů se po přijetí, před zabudováním do organických sloučenin, nejprve redukuje na amoniak. Redukce NO_3^- probíhá ve dvou stupních. Počátečním enzymem redukujícím dusičnan na dusitan je nitrátreduktáza (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Redukce probíhá následujícím způsobem: $\text{NO}_3^- + 2e^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$.

Nitrátreduktáza (NR) je lokalizována v cytozolu, kde je patrně asociována s vnější stěnou vnější obalové membrány plastidů, a využívá elektrony především z NADH (PROCHÁZKA a kol. 1998).

KOLEK a kol. (1988) popisují nitrátreduktázu jako velmi nestabilní enzym, který je adaptivní a syntetizuje se jen v přítomnosti nitrátu v cytoplazmě.

Aktivita nitrátreduktázy je regulována působením mnoha faktorů, jako je genotyp, stáří rostliny, hladinou hormonů, světlem, minerální výživou, trofickými faktory (suchem apod.) (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

V kořeni je nejvyšší aktivita NR a NiR v rostoucí části. Ve vývinově starších pletivech se jejich aktivita snižuje (KOLEK a kol. 1988).

Ačkoliv aktivita nitrátreduktázy vykazuje v listech denní variabilitu a je pozitivně ovlivněna světlem, není světlo absolutním požadavkem pro vlastní indukci aktivity v zelené listové tkáni, pokud je přítomen dostatek dusičnanů. Osvětlení totiž zvýší příjem dusičnanů a takto stimulovaný příjem dusičnanů je odpovědný za stimulační efekt světla pro aktivitu nitrátreduktázy.

Inhibitory tvorby bílkovin snižují aktivitu enzymu, rovněž tak složky minerální výživy mohou mít inhibiční účinek. Nejvýrazněji se projevil vliv nedostatku vápníku (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Příliš vysoké teploty a příliš nízký příjem vody rostlinou inhibují aktivitu nitrátreduktázy (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995, FLOHROVÁ 1990).

Nitrity jsou pro buňky škodlivé, a proto jsou okamžitě redukovány (PROCHÁZKA a kol. 1998). Enzym katalyzující přeměnu vzniklého dusitanu na amoniak je nitritreduktáza (NiR) (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Redukce probíhá následovně: $\text{NO}_2^- + 6e^- + 7\text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ (PROCHÁZKA a kol. 1998).

Podle MÍČI, VOKÁLA a PENKA (1991) se dusitan zpracovává v chloroplastech zelených částí rostlin, kde je nitritreduktáza pevně spojena s fotosyntetickým aparátem buňky. NiR je lokalizovaná ve stromatu plastidů. Redukce nitritů využívá elektrony dodávané redukováným feredoxinem. Ve tmě probíhá redukce pomaleji. Je patrně limitována redukcí nitrátů vně plastidů (PROCHÁZKA a kol. 1998).

Konečným produktem redukce dusičnanů je amoniak, sloučenina, která je pro buňku toxická a jejíž toxicitě se rostlina brání tím, že ji vestaví do organických sloučenin.

Jako první dusíkaté organické sloučeniny v rostlinách vznikají z organických ketokyselin (kyseliny oxaloctové a α -ketoglutarové) a amoniaku aminokyseliny (kyselina asparagová a glutamová). Z nich se mohou syntetizovat další aminokyseliny, případně se vytváří asparagin a glutamin. Aminokyseliny jsou základní stavební jednotkou peptidů a polypeptidů (VANĚK a kol. 2002).

Redukce nitrátů může probíhat v kterémkoli orgánu rostliny, obsahuje-li dostatek sacharidů, které se využívají na zabezpečení tohoto procesu (TORMA 2005). Podle PROCHÁZKY a kol. (1998) dochází po vstupu NO_3^- do rostliny k jeho redukci buď ihned v kořenech, nebo až v listech.

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 (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

V kořenech probíhá redukce v cytoplazmě s hydrogenovaným koenzymem NADH jako redukčním agens. Tento proces je velmi náročný na energii (BÍZIK 1989).

Kapacita kořenů redukovat NO_3^- se nasytí při relativně nízkých koncentracích NO_3^- v kořenovém prostředí. Nitrát absorbovaný nad redukční kapacitu kořene a zásobní kapacitu kořenových vakuol se translokuje do nadzemní části, kde se redukuje (KOLEK a kol. 1988). V listech probíhající redukce dusičnanů je spojená s fotosyntézou a pro rostlinu je energeticky výhodnější (BÍZIK 1989).

Dusík přijímaný rostlinami v amoniakální formě se vřazuje do makromolekulárních vazeb, aniž by se před tím musel redukovat jako dusičnanový dusík. Rovněž tak dusík močoviny i aminokyselin rostliny lehko využívají (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Z tohoto důvodu se jeví příjem NH_4^+ jako energeticky méně náročný (TORMA 2005).

Pokud je přísun dusíku přiměřený, vzniká v rostlině rovněž přiměřený obsah nitrátů, které rostlina stačí využít pro svou potřebu (FLOHROVÁ 1990).

Čím je zásoba dusíku v půdním roztoku vyšší, tím méně je rostlina schopna obě formy dusíku využít ke stavbě bílkovinné molekuly a následně dochází k hromadění dusičnanů (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Obsah dusičnanů v rostlině je v podstatě dán poměrem mezi hodnotami jejich příjmu z prostředí a intenzitou jejich redukce (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

4 DUSIČNANY

4.1 Význam dusičnanů a nebezpečí plynoucí z jejich zvýšeného obsahu

Dusičnany jsou přirozenou součástí okolního prostředí. Jsou přítomny v půdě, ve vodě, v poživatinách rostlinného a živočišného původu, mohou být obsaženy i ve vzduchu a v atmosféře (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Každá rostlina je běžně syntetizuje jako výchozí sloučeniny pro svůj vlastní růst a vývoj.

V nepříznivých růstových podmínkách se však dusičnany v rostlině nadměrně akumulují, protože „čekají“ na dobu, kdy je bude rostlina moci využít (PEKÁRKOVÁ 2002). Pro rostliny samotné nepřinášejí vysoké koncentrace dusičnanového anionu žádná rizika, protože dusičnan je nejjistější a energeticky „nejlacinější“ formou utilizace přijatého dusíku (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

Dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělé jedince nebezpečné, neboť se relativně rychle vylučují močí. Za 4 až 12 hodin se vyloučí asi 80 % (u starších lidí 50 %) dusičnanů přijatých potravou. Zbytek zůstává v organismu (VELÍŠEK 2002). Podle doporučení světové zdravotnické organizace (WHO) nemá člověk s tělesnou hmotností 60 kg přijmout denně více než 219 mg těchto sloučenin (GABRIEL 1997). Podle VELÍŠKA (2002) nejsou samotné dusičnany, které se v rostlinách nutně nacházejí, zdraví škodlivé. Potenciální toxicita dusičnanů v potravinách však vyplývá z možnosti jejich redukce na dusitany.

K redukci dusičnanů dochází mikrobiální cestou působením nitrátreduktáz exogenně. Exogenní redukce nastává např. při dopravě, skladování i zpracování rostlinných surovin s vyšším obsahem dusičnanů.

Endogenně vznikají dusitany v zažívacím traktu, např. již v ústní dutině (až z 65 %). Vzniklé dusitany jsou již toxické (ZRŮST, VOKÁL 1998). VELÍŠEK (2002) upozorňuje na toxický účinek dusitanů, který po jejich vstřebání do krve spočívá v možnosti vyvolání methemoglobinemie. Její příčinou je oxidace červeného hemoglobinu (obsahuje Fe^{2+}) na tmavě hnědý methemoglobin (obsahuje Fe^{3+}), který není schopen přenášet kyslík. Za normálního fyziologického stavu činí množství methemoglobinu asi 2 %. Prvé symptomy methemoglobinemie se objevují při koncentraci 6 - 7 % methemoglobinu v krvi a projevují se modráním sliznic i některých částí těla, bolestmi hlavy, poklesem krevního tlaku, bušením srdce, zhoršeným dýcháním až ztrátou vědomí, přičemž methemoglobinemie představuje

životní riziko pro kojence do 2 - 4 měsíců jejich života (VELÍŠEK 2002, MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

U dospělého člověka vzniklý methemoglobin převádí zpět na hemoglobin reduktasa červených krvinek. Kojenci do 2 - 4 měsíců však nemají dostatečně vyvinutý příslušný enzymový systém. Plodový hemoglobin (označovaný názvem F hemoglobin, u novorozenců tvoří asi 85 % veškerého hemoglobinu) se snadněji oxiduje dusitany než hemoglobin dospělých (hemoglobin A). V žaludku kojenců je navíc nižší koncentrace kyselin (vyšší pH), proto se zde mohou vyskytovat a množit i nepatogenní mikroorganismy, které redukují přijaté dusičnany na dusitany dříve než se dusičnany stačí resorbovat (VELÍŠEK 2002).

Reakcí dusitanů se sekundárními nebo terciálními aminy vznikají N-nitrosloucheniny, u nichž byl prokázán karcinogenní účinek (ZRŮST, VOKÁL 1998). BAIER a BAIEROVÁ (1989) upozorňují na možnou syntézu nitrosaminů některými mikroorganismy. Podle autorů byly nitrosaminy dokázány ve tkáních některých druhů hub, kde se vyskytují jako produkty metabolismu. Z potravin jsou nejvíce ohroženy tvorbou nitrosaminů nakládaná masa, ryby, mléko a mléčné výrobky, ale v poslední době se objevují zprávy, sledující nitrosaminy v bramborách, v zelenině, ve všech produktech rostlinné výroby.

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

Vitamín C, který je ve vodě rozpustný, blokoval proces tvorby nitrosaminů dokonce z 98 %. Vitamín E, který je ve vodě méně rozpustný, měl účinek poněkud menší. V SRN na tomto základě propočítali účinek vitamínu C v zelenině a zjistili, že při poměru vitamínu C k dusičnanům 2 : 1 nedojde vůbec k syntéze obávaných nitrosaminů (PEKÁRKOVÁ 1992).

Nitráty však nemají na zdraví člověka pouze negativní vliv. LUNDBERG a kol. (2006) poukazují na existenci domněnky, že pozitivní efekt listové zeleniny, spojený s nižšími riziky vzniku určitých forem rakoviny a kardiovaskulárních chorob, je umožněn vysokým obsahem anorganických nitrátů, které jsou v dutině ústní přeměněny symbiotickými bakteriemi na nitrity, oxidy dusíku a druhotné reakční produkty, které způsobují rozšíření cév a mají ochranný vliv na tkáň.

4.2 Faktory ovlivňující obsah dusičnanů v zelenině

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

K hlavním faktorům patří zejména:

- biologické a genetické vlastnosti plodin charakterizující druh a užitkový směr pěstování, odrůdové rozdíly,
- vliv ročníku, především světelné poměry, dále 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, VOKÁL, PENK 1991).

4.2.1 Obsah dusičnanů v závislosti na druhu, odrůdě a části rostliny

Významné postavení v akumulaci nitrátů má i sama rostlina. Jsou rostliny, které velmi snadno hromadí nitráty. K takovým druhům patří obecně listová zelenina, dále některé kořenové zeleniny, ale i košťálová zelenina (VANĚK, TLUSTOŠ 1999).

Také VALŠÍKOVÁ (2006) připouští, že ne všechny druhy zelenin shromažďují ve svých orgánech dusičnany ve stejné míře. K největšímu hromadění dusičnanů dochází ve vegetativních orgánech rostlin, např. v listech, stoncích a kořenech. Méně dusičnanů je v generativních orgánech rostliny, v květech, plodech a semenech.

Podle schopnosti akumulovat dusičnany lze zeleniny a okopaniny rozdělit do tří skupin, a to na plodiny:

- s vysokým obsahem dusičnanů (nad 1000 mg.kg⁻¹), kam náleží salát, špenát, pekingské a čínské zelí, ředkev, ředkvička, celer, kukuřice cukrová.
- se středním obsahem dusičnanů (250 až 1000 mg.kg⁻¹), kam patří zelí, kapusta, květák, lilek, petržel, mrkev, brokolice, česnek, brambory
- s nízkým obsahem dusičnanů (pod 250 mg.kg⁻¹), kam se řadí růžičková kapusta, cibule, rajčata, hrách, artyčoky, chřest, okurky (VELÍŠEK 2002).

Pokud jde o vliv genotypu, zaznamenali PRUGAR a PECHOVÁ (1989) odrůdové rozdíly ve schopnosti hromadit dusičnany např. u papriky a mrkve. Současně ale mohli

konstatovat, že změny obsahu dusičnanů vlivem vnějších podmínek v průběhu vegetační periody jsou natolik intenzivní, že za určitých podmínek může také odrůda s minimální schopností akumulace obsahovat značné množství NO_3^- a naopak.

Rovněž PEKÁRKOVÁ (1992) připouští existenci určitých odrůdových rozdílů v celkové akumulaci dusičnanů. Většinou tyto rozdíly spojuje s morfologií odrůd. Tak např. odrůdy salátu s větším podílem listových žebířků jsou na dusičnany bohatší, stejně tak jako špenáty s větším podílem řapíku a s tmavými bublinatými listy.

Významnou roli hraje i vývojový charakter odrůdy. Nejsilněji dusičnany hromadí rané odrůdy s krátkou vegetací. Zatímco mohutnější pozdnější odrůdy dusičnany ve větší míře spotřebují (PEKÁRKOVÁ 1992). O skutečnosti, že odrůdy s kratší vegetační dobou inklinují k hromadění vyššího obsahu dusičnanů než odrůdy s delší vegetační dobou informují také MÍČA, VOKÁL a PENK (1991). Podle autorů to souvisí s fyziologií vývoje rostlin, kdy rostlina potřebuje určitý čas a podmínky k přeměně přijatých dusičnanů na další složky až bílkoviny.

Rané odrůdy salátu se většinou vyznačují schopností hromadit dusičnany především s využitím dusíku z hnojiv, zatímco u pozdějších odrůd se více uplatňuje dusík z půdní zásoby (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

U těžce plodiny, např. salátu, špenátu, je bez ohledu na odrůdu obsah dusičnanů při podzimním pěstování, které je méně světelné, vyšší než při pěstování jarním. Odrůda tedy není rozhodujícím faktorem ovlivňujícím konečný obsah dusičnanů. Na celkové proměnlivosti v obsahu dusičnanů se odrůdy podílejí jen asi 15 % (PEKÁRKOVÁ 1992).

Intenzita akumulace dusičnanů u těžce rostliny je různá a zpravidla zachovává pořadí semena < plody < hlízy < kořeny < listy. Z toho je zřejmé, že dusičnany se ukládají především v listech a ve vodivých tkáních, tedy ve stoncích a kořenech.

Také kolísání obsahu dusičnanů v rámci určitého orgánu je velmi široké. Zvláště v listech se vyskytují někdy extrémně rozdílné hodnoty (řapíky - čepele) (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994). Kořenové zeleniny mají jednoznačně vyšší obsah dusičnanů ve středové části. Při příčném dělení kořenových zelenin bývá vyšší akumulace dusičnanů ve vrchním segmentu. Vyšší obsah dusičnanů bývá v nati (PRUGAR, PECHOVÁ 1989).

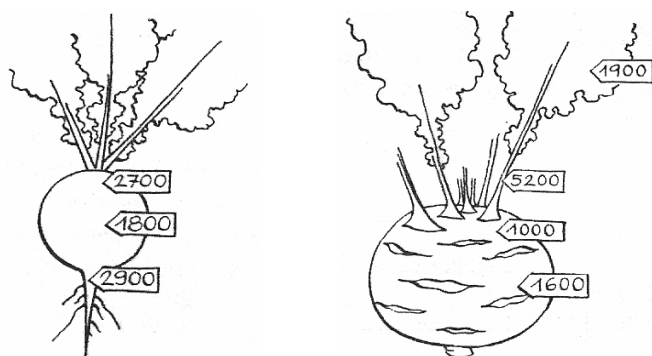
U brambor se obsah dusičnanů mění jak v závislosti na velikosti hlízy, tak i v závislosti na částech hlízy (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

Všeobecně platí, že nejvyšší koncentrace cizorodých látek se vyskytují v malých hlízách. Čím je hlíza větší, tím více koncentrace těchto látek klesá (ROP 2002).

U všech sledovaných velikostí hlíz se v bazální části hlíz nacházel vždy vyšší obsah dusičnanů. S velikostí hlíz poměr mezi obsahem dusičnanů mezi oběma částmi hlíz klesá. Zatímco u nejmenších hlíz je poměr mezi apikální a bazální částí v obsahu dusičnanů 1 : 1,7, pak u největších hlíz je tento poměr 1 : 1,3. Obsah dusičnanů se však mění i v různých vrstvách hlízy.

Nejvyšší obsah dusičnanů byl nalezen ve slupce hlíz. V další vrstvě hlízy, ve vaskulární části (v podstatě oblast svazků cévních) nastává oproti slupce pokles v obsahu dusičnanů, který je v srdéčku vystřídán nárůstem obsahu dusičnanů. Větší rozdíly se projeví u větších hlíz než u hlíz menších. Poměr mezi obsahem dusičnanů ve slupce a v dužnině je závislý na odrůdě a pohybuje se v rozmezí 1,5 - 3,6 (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

Obr. 4.1: Obsah dusičnanů v jednotlivých částech ředkvičky a kedlubny



Zdroj: Pekárková 1992

4.2.2 Akumulace dusičnanů v závislosti na stanovišti a způsobu pěstování

Výsledky ze tříletého období prokázaly významný vliv stanoviště na obsah dusičnanů v hlízách bramboru. Brambory vypěstované v nižších polohách obsahovaly více dusičnanů než brambory z vyšších poloh. Rozhodující vliv na vyšší obsah dusičnanů u brambor z nižších poloh měly zřejmě nižší úhrny srážek a vyšší průměrné teploty ve vegetačním období. Vyšší obsah dusičnanů na stanovištích nižších poloh však může do jisté míry souviset i s půdními podmínkami. Na hnědozemí a černozemí s vyšší půdní úrodností a biologickou činností v nižších polohách ve spojitosti s vyššími průměrnými teplotami se zřejmě v důsledku mineralizace hromadí více dusičnanů než na půdě vyšších poloh. V nižších polohách byl obsah dusičnanů vyšší o 26,8 % (HAMOUZ, MORAVA 2003).

DIVIŠ (2007) však u sledovaných odrůd (Marabel, Satina, Bionta) zjistil vyšší obsah dusičnanů na stanovišti s vyšší nadmořskou výškou (Pacovsko 620 m n. m.) než na stanovišti v nižších polohách (Volyňsko 460 m n. m.).

Obsah dusičnanů patří k ukazatelům, které jsou způsobem pěstování velmi silně ovlivněny. Porovnáme-li ekologický a konvenční způsob pěstování, nalezneme u ekologicky pěstovaných brambor nižší obsah dusičnanů než u konvenčně pěstovaných (VODIČKA, DIVIŠ 2001). Příčinou možného výskytu zvýšeného obsahu dusičnanů v hlízách ekologicky pěstovaných brambor může být předčasné odumírání natě v důsledku napadení plísní bramborovou (PRUGAR 2000).

Srovnání u hlávkového salátu pěstovaného biologickým a konvenčním způsobem ukazuje, že i v polním pěstování se mezi ranými i pozdními odrůdami dosahovalo převážně průkazně nižších hodnot obsahu $\text{NO}_3\text{-N}$ u salátu z biologického pěstování (FLOHROVÁ 1990).

Pěstováním pod fólií a stejně nebo ještě více při pěstování ve skleníku posouváme termín výsevu a výsadby do světelně méně příznivého období. Nejvýraznější je to u zimního a u časného jarního rychlení. Za nedostatku světla v dobře vyhnojené půdě pak rostliny nahromadí vysoká množství dusičnanů, připravených k využití v době světelně příznivější (PEKÁRKOVÁ 1992). Pokud jde o obsah dusičnanů, uvádí se, že např. salát pěstovaný pod fólií obsahoval kolem $1\,500\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$, zatímco salát z volného prostranství cca $950\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$ (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995)

4.2.3 Obsah dusičnanů v rostlinách v závislosti na hnojení

Na kumulaci dusičnanů v zelenině má významný vliv hnojení, a to zejména dusíkatými hnojivy. BARTOŠ a HOLÍK (1990) udávají, že obsah nitrátů v polní zelenině ze 62 - 92 % závisí na obsahu dusíku v půdě.

Podle STRADY (1989) se stoupající dávkou dusíku aplikovaného do půdy stoupá jeho obsah v půdě a zvyšuje se obsah dusičnanů v mrkvi. Avšak zjištěný obsah dusíku v půdě neodpovídá aplikovaným dávkám dusíku. Obsah dusíku v půdě nepochází jen z hnojení. Srážky, usazování prachu, stejně jako fixace N_2 a hlízkové bakterie obstarávají přísun dusíku z atmosféry (FLOHROVÁ 1990). Kromě toho se mineralizací organické hmoty do půdy ročně dostane více než $100\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (TORMA 2005).

Minerální hnojení je zásah, který má pěstitel plně v rukou. Tím důležitější je, aby hnojiva používal co nejuvážlivěji. Uvážlivé hnojení by se mělo zakládat na půdním rozboru (PEKÁRKOVÁ 1992).

Vedle dávky dusíkatého hnojiva má velký vliv i jeho forma. Ledková zpravidla způsobuje intenzivnější hromadění dusičnanů než amoniakální. PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) se domnívají, že vzhledem ke skutečnosti, že vyšší rostliny nemají schopnost dusičnan syntetizovat, by bylo možné zabránit hromadění dusičnanů v rostlinách výhradně amoniakální formou výživy. Také VALŠÍKOVÁ (2006) souhlasí s tím, že záměna nitratové formy výživy formou amoniakální vede k poklesu obsahu dusičnanů. Pokud však převýší v živném roztoku amoniakální forma dusičnanovou, může dojít ke snížení úrody. Proto je třeba uvažovat o zastoupení jednotlivých forem hnojiv v procentuálním poměru 50 : 50. Rovněž podle HLUŠKA (1996) se u většiny zelenin dosahuje velmi dobrých výsledků při použití dusíkatých hnojiv, která obsahují amonnou i nitratovou formu dusíku.

Organická výživa je z hlediska hromadění dusičnanů ve všech druzích zeleniny příznivá. To dokazuje také pokus, kdy se v jedné variantě praktikovalo minerální hnojení NPK ve formě průmyslových hnojiv od roku 1952 a od téhož roku na jiné variantě pouze organické hnojení (kompostovaný hnůj). Na trvale pouze organicky hnojené variantě byl zjištěn pouze poloviční obsah dusičnanů (PRUGAR 2000).

Nahrazení průmyslového hnojení hnojením organickým není ještě zárukou nižšího obsahu dusičnanů ve výpěstcích. Rozklad organické hmoty a mineralizace organicky vázaného dusíku závisí totiž na počasí, které člověk nemůže řídit. Může se proto stát, že se dusičnany uvolní v době, kdy je rostliny nemohou využít. Dokladem toho jsou pokusy s mrkví, které ukázaly, že na půdách s vysokým obsahem přirozeného humusu (1,5 až 2 %) jsou obsahy dusičnanů v kořenech i bez průmyslového hnojení značně vysoké (PEKÁRKOVÁ 1992).

VANĚK a TLUSTOŠ (1999) považují představy některých pracovníků, propagujících jen použití organických hnojiv a předpokládajících, že při hnojení těmito druhy hnojiv se sníží obsah nitrátů v produkci, za naivní.

Výhradně organické hnojení sice nezajišťuje nízké obsahy dusičnanů v zeleninách, ale v průměru je snižuje asi o 25 % v porovnání s hnojením minerálním (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995).

Hromadění dusičnanů nebo jejich omezená redukce jsou často spojené s nedostatkem mikroelementů, které tvoří součást enzymů. Při redukci $\text{NO}_3\text{-N}$ se uvádí zejména molybden a mangan a v menší míře také železo, měď a zinek (BÍZIK 1989).

4.2.4 Vegetační podmínky, délka vegetace a jejich vliv na kumulaci dusičnanů

Jak mnoho dusíku se v rostlině objeví ve formě dusičnanů, záleží i na vegetačních podmínkách (PEKÁRKOVÁ 1992). Rovněž VANĚK a TLUSTOŠ (1999) udávají, že značný vliv na hromadění nitrátů v rostlinách mají vnější podmínky, hlavně světelné a teplotní. Obecně špatné růstové podmínky zvyšují obsah nitrátů.

Podle VELÍŠKA (2002) je větší hromadění dusičnanů v rostlinách způsobeno především nepříznivými teplotními, vlhkostními a světelnými podmínkami, které zapříčiňují nedostatek uhlíkatých sloučenin nezbytných pro přeměnu nahromaděných dusičnanů na aminokyseliny a v konečné fázi na bílkoviny.

Z vegetačních podmínek hlavně dostatek světla rozhodujícím způsobem snižuje obsah dusičnanů v rostlinách (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995). Právě splnění tohoto požadavku se velmi často podceňuje. Zapomíná se, že jarní a podzimní pěstování je pro listové druhy spojené s krátkým dnem a nižší intenzitou světla, a také na to, že každé pěstování v chráněném prostředí - pod netkanou textilií, pod fólií ve fóliovníku i pod sklem ve skleníku - využití světla snižuje (PEKÁRKOVÁ 2002). PELEŠKA (1992) udává snížení využití světla v důsledku částečného zastínění o 20 až 40 % - podle použitého materiálu. Velký vliv má znečištění skla nebo fólie, to může způsobovat další 50 až 70% ztráty. Další část ztrát světla jde na vrub kondenzace vodních par na skle nebo fólii. Na to je třeba pamatovat zejména při časném jarním rychlení ve skleníku (u karotky, ředkviček), kdy nedostatek světla zapříčiňuje vyšší obsah nitrátů v pěstované zelenině (PEKÁRKOVÁ 2004).

Světlo ovlivňuje obsah dusičnanů v rostlině buď přímo nebo nepřímo. Přímou v zelených listech prostřednictvím redukováného ferredoxinu v chloroplastech. Nepřímý vliv osvětlení na redukci dusičnanů spočívá v tom, že z uhlíkového skeletu a pro rostlinu škodlivého amoniaku vzniklého redukcí dusičnanů se syntetizují aminokyseliny a amidy anebo dojde k intenzivnímu růstu, zprostředkovanému a regulovanému fotosyntézou (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995).

BERÁNEK a KLEMENT (2001) označují závislost obsahu dusičnanů v bramborách na průměrné teplotě jako přímou (vyšší obsahy při vyšších teplotách). Příliš vysoké teploty vedou k nadměrné mineralizaci a inhibici nitrátoreduktázy, čímž se zvyšuje obsah dusičnanů v rostlinách (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995).

Dostatek srážek ve vegetačním období vytváří základní předpoklad pro nižší obsah dusičnanů v hlízách brambor. Je sice důležité i jejich rozložení, ale hodnota (v období IV. - IX.) kolem 500 mm by měla být zárukou přiměřeného (podlimitního) obsahu

dusičnanů v hlízách (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). U závislosti obsahu dusičnanů v hlízách brambor na množství srážek uvádějí BERÁNEK a KLEMENT (2001) nepřímou závislost (vyšší obsahy při malých srážkách a naopak). Podle PEKÁRKOVÉ (1992) však silnější srážky po suchém období výrazně zvyšují obsah dusičnanů v rostlinách. Také PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) udávají vyšší obsah dusičnanů v mrkvi při velkém množství srážek a za podmračených dnů. Rovněž nadměrná vlhkost může zvyšovat jejich obsah (PRUGAR, HADAČOVÁ 1995).

Hromadění dusičnanů závisí také na délce vegetační doby. Rané zeleniny hromadí více dusičnanů než pozdní (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

Obsah dusičnanů se u všech odrůd brambor v průběhu vegetace snižuje, ve fázi před sklizní nastává mírný vzestup způsobený zřejmě omezenou schopností rostliny (odumírající nať) v této fázi přeměnit přijatý dusík na další složky (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

STRADA (1989) pozoroval v průběhu vegetace změny v obsah dusičnanů u mrkve. Nejvyšší obsah byl v mladé mrkvi, na počátku vegetace. Postupem vegetace se jejich obsah snižoval. Také podle PEKÁRKOVÉ (2004) obsahují mladé, intenzivně rostoucí rostliny dusičnanů více než rostliny dorostlé.

PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) pozorovali snižující se obsah dusičnanů u všech sledovaných zeleninových druhů ve stadiu plné zralosti před sklizní, v ranějších fázích rostliny obsahovaly mnohem více nitrátů. U salátové řepy obsah dusičnanů podstatně klesal se stářím rostlin. Šedesátidenní rostliny oproti třicetidenním obsahovaly o 70 - 80 % méně dusičnanů.

4.2.5 Vliv sklizně a skladování na obsah dusičnanů v zelenině

Z hlediska obsahu dusičnanů je vhodnější sklízet zeleninu večer než ráno a za slunečného počasí než za podmračeného, protože po několika hodinách intenzivní asimilace za slunečního záření se dusičnany v rostlinách do značné míry spotřebují (PEKÁRKOVÁ 1992). Také podle PRUGARA a HADAČOVÉ (1995) je pro zajištění nízkého obsahu dusičnanů žádoucí provádět sklizeň po skončení světelné periody a během ní udržovat vysokou teplotu. Ráno, po tmavé noci, je koncentrace dusičnanů v rostlinách nejvyšší, večer nejnižší (GABRIEL 1997).

Na obsah nitrátů má značný vliv i způsob dalšího zacházení se sklizenou zeleninou, tedy podmínky při přepravě, skladování a při dalším zpracování.

Četné pokusy dokazují, že při uchovávání čerstvé zeleniny v teplotách odpovídajících pokojovým a při vyšších teplotách dochází ke zvýšení přeměny nitrátů na nitrity (FLOHROVÁ 1990). Proto je podle PEKÁRKOVÉ (1992) při krátkodobém uchovávání po dobu několika dnů až týdnů pro většinu druhů nejvhodnější zeleninu uložit do chladničky při teplotě 2 až 4 °C. Při uchování v ledničce po 2 dny zůstaly tyto hodnoty zhruba stejné. Při ošetření zeleniny mražením se obsah nitrátů prakticky nemění (FLOHROVÁ 1990). K tomuto závěru dospěli i KMIECIK, LISIEWSKA a SLUPSKI (2004) při pokusu s koprem, který byl mražen po dobu dvanácti měsíců při teplotě -20 a -30 °C.

V průběhu skladování dochází v hlízách brambor k poklesu obsahu dusičnanů, přičemž intenzita poklesu záleží do jisté míry na odrůdě a původní hodnotě obsahu dusičnanů nalezené při sklizni (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

V mrkvi dochází v průběhu skladování (během prvních 4 - 6 týdnů po naskladnění) ke zvýšení a teprve později k dalšímu poklesu obsahu dusičnanů (STRADA 1989).

4.3 Možnosti snížení obsahu dusičnanů v zelenině

4.3.1 Agrotechnická opatření vedoucí k nižšímu obsahu nitrátů

Pro dosažení nižší kumulace dusičnanů v rostlinách je podle PRUGARA a HADAČOVÉ (1994) nutno 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.

V řadě pokusů byla prokázána možnost regulace obsahu nitrátů u polní zeleniny 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, HOLÍK 1990). O možnosti dosažení nižšího obsahu dusičnanů v zelenině sníženou hustotou porostu informuje také VALŠÍKOVÁ (2006).

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. Na to je třeba pamatovat zejména při časném jarním rychlení ve skleníku (u karotky, ředkviček). Z téhož důvodu se zeleninové záhony

nemají umisťovat do stínu (PEKÁRKOVÁ 2004). GABRIEL (1997) uvádí možnost zesílení světla ve skleníku při použití biologických postřikových látek obsahujících křemičitany.

Po celou dobu vegetace je třeba systémem ochrany udržet asimilační aparát porostu brambor v plné výkonnosti, nepřipustit jeho předčasné zničení plísní bramborovou a v co nejvyšší míře se přiblížit stavu, kdy porost ukončí vegetaci fyziologickou cestou v době, která je charakteristická pro jednotlivé odrůdy (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

V průběhu vegetace se rostliny především nesmějí přehnojovat dusíkem, a to v průmyslových ani organických hnojivech (PEKÁRKOVÁ 2004 a 2002).

Důležité je sladit obsah dusíku v půdě s rozdílnou spotřebou v různých růstových fázích (HLUŠEK 1996). Dělená aplikace hnojiv u okurky ve srovnání s jednorázovou umožňuje snížit obsah dusičnanů, např. při dávce 200 kg N.ha⁻¹ o 20 %. Přihnojení by se však nemělo uskutečnit později než jeden až jeden a půl měsíce před sklizní.

U listové a naťové zeleniny a u druhů s velmi krátkou vegetační dobou je nutné mimokořenovou výživu dusíkem zcela vyloučit nebo omezit jen na kalamitní případy. Tento zásah totiž zpravidla způsobuje zvýšení obsahu dusičnanů ve vypěstovaných produktech (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994).

Podle PEKÁRKOVÉ (1992) mohou ke snížení dusičnanů v rostlinách 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.

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

Ve skleníku je možné přihnojování oxidem uhličitým, čímž se snižuje hladina dusičnanů, protože rostliny mají lepší možnost dusičnany využít (PEKÁRKOVÁ 1992).

Způsob a doba sklizně patří rovněž mezi faktory, které ovlivňují obsah nitrátů ve sklizené zelenině (FLOHROVÁ 1990).

Snížení obsahu nitrátů v zelenině lze částečně dosáhnout volbou doby sklizně se zaměřením na vyšší světelný požitek, 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, GABRIEL 1997).

Také způsob vlastní sklizně může za určitých podmínek příznivě ovlivnit konečný obsah dusičnanů v produktech. V praxi se např. doporučuje při sklizni špenátu ponechávat na poli větší zbytky rostlin, neboť v řapících listů je výrazně zvýšená koncentrace dusičnanů.

O způsobu sklizně kořenové zeleniny, který vede ke snížení obsahu dusičnanů, informují MANSS a MANSS (1989) in PRUGAR a HADAČOVÁ (1995). Metoda spočívá v tom, že u kořenové zeleniny (mrkev, řepa, celer, petržel) se ráno, nejméně 5 hodin před sklizní, podryjí nebo podorají kořeny, a tím se potrhají jemné povrchové kořínky zásobující rostliny vodou a živinami. Před vlastní sklizní stačí ještě zelená část rostliny dále asimilovat značné množství dusičnanů, které v kořeni (bulvě) zbyly. Při sklizni se oddělí nať, a tak se dosáhne redukce obsahu dusičnanů v kořeni až o 30 %.

Hodnoty dusičnanů sníží i důkladná záливka před sklizní. Musí to však být 10 až 14 dní před sklizní, nikoliv těsně před ní (PEKÁRKOVÁ 1992). Nejnižší akumulace dusičnanů je v podmínkách sucha, které před sběrem plodin omezuje příjem dusíku na minimum. Při vyhovujících světelných podmínkách je vliv sucha na zlepšení kvality produktů ještě markantnější (PRUGAR, PECHOVÁ 1989).

Významného snížení obsahu dusičnanů lze dosáhnout také postřikem 3% roztokem sacharózy. RICHTER (1990) in PRUGAR a HADAČOVÁ (1995) uvádí u rychleného salátu snížení obsahu dusičnanů o 500 resp. až o 1 450 mg při aplikaci sacharózy 6 dní před sklizní. Autor se domnívá, 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.

Sklizený produkt je třeba uchovávat při nízké teplotě, aby se zabránilo vadnutí a zapaření, které podporuje přeměnu dusičnanů v nežádoucí dusitany (PEKÁRKOVÁ 2002).

V bramborových hlízách dochází v průběhu skladování k poklesu obsahu dusičnanů, přičemž intenzita poklesu záleží do jisté míry na odrůdě a původní hodnotě obsahu dusičnanů nalezené při sklizni (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

4.3.2 Možnosti snížení obsahu nitrátů kuchyňskou úpravou

Při kuchyňské úpravě se můžeme vyhnout těm částem, které obsahují dusičnanů nejvíce: košťálům, stonkům, listovým žebřům. Tak např. u celeru je na dusičnany nejbohatší horní část bulvy u vegetačního vrcholu, u kedluben je obsah dusičnanů v horní části bulvy nejvyšší. U salátu jsou nejvyšší obsahy dusičnanů ve vnějších listech, potom ve středních listech a nejnižší v srdéčku hlávky (PEKÁRKOVÁ 1992). I podle VALŠÍKOVÉ (2006) se odstraněním částí zelenin s vysokým obsahem dusičnanů může výrazně zlepšit kvalita konzumované zeleniny. Přitom bychom měli vědět, že v listových stopkách špenátu je mnohem více nitrátů než v samotných listech. Mrkev,

petržel a pastinák mají nejvíce dusičnanů ve vrchní části pod listy, ve spodní části kořene a ve dřeni mrkve. Vnější část kořenového válce mrkve jich obsahuje nejméně. V ředkvičce a ředkvi je nejméně dusičnanů ve střední části bulvy. V horní a dolní části je dusičnanů největší množství. V bílé a světlezelené části póru bývá méně dusičnanů než v sytězelených vnějších listech.

Vyšší obsah dusičnanů mají také slupky. Proto loupání, např. u okurek a tykví, vede ke snížení obsahu dusičnanů v připraveném jídle (PEKÁRKOVÁ 1992).

Loupání je základní operace při prakticky všech dalších kuchyňských úpravách brambor. Poměr mezi obsahem dusičnanů ve slupce a v dužnině 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 a pohybují se kolem 34 - 43 % (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Podle ROPA (2002) se loupáním brambor snižuje obsah většiny cizorodých prvků až o 50 %.

Rovněž tepelnou úpravou je obsah dusičnanů v hlízách podstatně snižován (ZRŮST, VOKÁL 1998).

Při vaření brambor může docházet ke snížení obsahu dusičnanů dvěma způsoby, a to vyluhováním do okolního prostředí a oloupaním slupky a přilehlé části dužniny. Je samozřejmé, že v případě vaření oloupaných brambor ve vodě je největší předpoklad ztrát na obsahu dusičnanů. Naopak u brambor, které byly vařeny ve slupce a v páře, dochází k nejnižší ztrátě na obsahu dusičnanů (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Podle PEKÁRKOVÉ (1992) se dusičnany při vaření vyplavují ze 60 až 80 %

Ztráty dusičnanů vznikající při kuchyňské přípravě si můžeme dobře ukázat na příkladu výroby smažených hranolků. Pomineme-li ztráty dusičnanů loupáním, je dalším možným zdrojem ztrát krájení a praní, kdy se při praní v důsledku větší přístupnosti krájených ploch a zejména v důsledku poškození buněk, vyluhuje v závislosti na odrůdě od 3 do 14 % z původního obsahu dusičnanů.

Následné blanšírování a praní je dalším zdrojem ztrát při přípravě hranolků. Obecně se tomuto zpracovatelskému úseku přisuzuje ztráta kolem 15 - 17 %.

Konečným procesem je smažení. I zde dochází k dalšímu snížení obsahu dusičnanů, a to kolem 10 %. Obsah dusičnanů v hranolkách se oproti výchozí surovině snižuje v průměru o 45 % (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991).

ROP (2002) uvádí snížení obsahu škodlivých látek vařením nebo smažením o 30 - 40 %.

Na základě dosavadních poznatků bylo zjištěno, že jakákoliv kuchyňská úprava brambor snižuje obsah dusičnanů v hlízách. Nelze tedy při hodnocení nežádoucího přísunu dusičnanů ve stravě brát v úvahu obsah dusičnanů v syrových hlízách. Podle ROPA (2002) přirozený obsah cizorodých prvků v hlízách, jestliže jsou tyto oloupany a kuchyňsky připraveny, popř. jsou vyřazeny nejmenší hlízy, nepředstavuje žádnou hrozbu pro zdraví člověka.

4.4 Limity dusičnanů v zelenině

Konzumem zeleniny a brambor přijímá organismus z celkového příjmu dusičnanů 70 % (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). Přitom až 25 % denního příjmu dusičnanů v pevné stravě může pocházet z brambor v důsledku jejich relativně vysokého konzumu (BERÁNEK, KLEMENT 2001).

Z uvedených důvodů je obsah dusičnanů v zelenině a bramborách limitován. Limitní hodnoty pro nitráty v zelenině vycházejí z ADI (přijatelná denní dávka), jejíž hodnotu stanovila WHO (mezinárodní zdravotnická organizace) na $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti.

Pro stanovení limitní hodnoty pro jednotlivé druhy zeleniny je kromě obsahu nitrátů v určitém druhu zeleniny důležité i množství, kolik se tohoto druhu spotřebuje (FLOHROVÁ 1990, VELÍŠEK 2002).

Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnany pouze v listové zelenině a dětské výživě. Nařízení Komise (ES) č. 472/2002, kterým se mění nařízení (ES) č. 466/2001, jímž se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, je součástí příloh.

Přípustná množství dusičnanů v ostatních druzích zeleniny a v bramborách jsou uvedena v právních předpisech ČR, a to ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb., konkrétně v příloze č. 2 této vyhlášky. Přípustná množství dusičnanů ve vybraných druzích zeleniny uvádí tabulka 4.1. Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový iont NO_3^- .

Výklad pojmů

V tabulce 4.1 jsou vyznačeny hodnoty nejvyššího přípustného množství a přípustného množství pro jednotlivé druhy potravin.

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 ve sloupci přípustné hodnoty zlomkem n/M. Při překročení o více než 50 % přípustného množství se potravina pokládá za jinou než zdravotně nezávadnou.

Stanovené limitní hodnoty platí pro jedlý podíl potraviny. Jedlým podílem se rozumí potravina zbavená nejedlých částí, např. slupka (Státní zemědělská a potravinářská inspekce, www.szpi.gov.cz).

Tab. 4.1: Přípustná množství dusičnanů ve vybraných druzích zeleniny dle vyhlášky č. 53/2002 Sb.

Potravina	NPM mg.kg ⁻¹	PM mg.kg ⁻¹
		(5/2)*
zelenina plodová		400,0
zelenina kořenová		700,0
zelenina košťálová		700,0
Ředkvičky	1500,0	
červená řepa	3000,0	
Brambory		300,0
brambory rané (do 15.7.)		500,0
potraviny obecně B (cibulová zelenina)		2000,0

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

5 METODIKA

5.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)

Stanovení dusičnanů v rostlinném materiálu patří k nejčastěji prováděným analýzám pomocí iontově selektivních elektrod vůbec.

SEMLER a kol. (1990) spatřují přednosti analytických metod, využívajících iontově selektivních elektrod (ISE), především v nízké pořizovací ceně měřicího zařízení, rychlém získání potřebných údajů a v neposlední řadě i v jednoduchosti použité metodiky.

Při pečlivé kalibraci elektrody poskytuje metoda potenciometrického stanovení dusičnanů iontově selektivní dusičnanovou elektrodou (ISE) dobré a reprodukovatelné výsledky a umožňuje značné zjednodušení jak přípravy 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.

Pro stanovení dusičnanů byla použita komerční iontově selektivní elektroda s monokrystalickou membránou (výrobce Monokrystal Turnov) a upravená metoda přípravy vzorků podle metodik ministerstva zemědělství (JAVORSKÝ a kol. 1987)

Potenciometrické stanovení dusičnanů pomocí iontově selektivní elektrody využívá změny potenciálu elektrod způsobené změnami aktivity dusičnanových iontů v roztoku zfiltrovaného extraktu.

5.2 Odběr vzorků

Vzorky byly odebírány především v obchodním domě Kaufland v Plzni. Jen minimální počet vzorků pocházel od jiných prodejců (Interspar, Makro, Tesco). Obchodní dům Kaufland byl zvolen proto, že díky dostatečnému sortimentu nabízeného zboží o uspokojivé kvalitě a zejména příznivým cenám jej navštěvuje velký počet Plzeňanů i obyvatel blízkých obcí.

Od dubna 2005 do února 2007 bylo odebíráno přibližně ve čtrnáctidenních intervalech dvanáct druhů zeleniny a brambor. Jednalo se o sezónní i celoročně dostupné druhy zeleniny.

Zeleniny tradičně rozdělujeme na skupiny, a to na listové, kořenové, luskové, plodové, cibulové a košťáloviny (PEKÁRKOVÁ 2001). Při volbě odebíraných druhů bylo snahou získat zástupce jednotlivých skupin zeleniny. Plodovou zeleninu zastupují tři tradiční druhy, a sice okurka, paprika a rajče. Jako zástupce kořenové zeleniny byla zvolena mrkev, petržel, ředkvička a řepa. Košťáloviny reprezentuje kedluben, květák a zelí; listovou zeleninu salát ledový a pór cibuloviny.

U všech odebíraných druhů zeleniny byla také pravidelně zjišťována země původu.

Získané vzorky byly co nejrychleji pečlivě označeny a zmraženy na teplotu $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, při které byly uchovány až do následného vyhodnocení v laboratoři.

5.3 Příprava vzorků pro měření

Příprava vzorku pro vlastní měření představuje stejně jako předcházející fáze vzorkování, dopravy a skladování vzorku, nedílnou součást celého komplexu analytické práce.

Zelenina se pokrájí a promísí. Získáme tak reprezentativní vzorek, který má dle SEMLERA a kol. (1990) velký význam zejména v potravinářské analytice materiálů, u nichž je známo nerovnoměrné zastoupení analytu v jejich jednotlivých částech (např. obsah dusičnanů v listové zelenině).

Další operace prováděné se vzorkem vedou k převodu analytu do měřitelné formy v roztoku. Z připraveného průměrného vzorku se naváží 3 - 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a zhomogenizuje se v mixéru.

Otázka homogenity vzorku je jednou ze základních v analytice obecně a v analýze biologických materiálů zvláště. Přímo s ní souvisí přesnost stanovení, neboť u málo homogenního vzorku se zvětšuje hodnota směrodatné odchylky výsledku (SEMLER a kol. 1990).

Takto vzniklá stejnorodá směs se přelije do kádinky a nechá se sedimentovat 15 minut. Následně se extrakt filtruje přes řídkou gázu a jímá do kádinky o objemu 50 ml.

Příprava extrakčního roztoku:

V odměrné baňce 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 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a doplní se destilovanou vodou po rysku. V případě, že rostlinný materiál obsahuje malé 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. Tento roztok byl pro měření použit.

5.4 Vlastní měření vzorků

Filtrát se okamžitě měří ponořením dusičnanové ISE a referenční kalomelové elektrody s dvojitým solným mostem. Po ustálení elektrického potenciálu se na dostatečně citlivém mV-metru odečte potenciál v mV.

Rychlost ustalování potenciálu iontově selektivních elektrod je závislá na mnoha faktorech. Jedním z nich je velikost tloušťky vrstvy, která je bez pohybu a kterou musí ionty projít, aby dosáhly povrchu membrány. Tato tloušťka vrstvy se začne zmenšovat při míchání roztoku. Tím dochází ke zrychlení odezvy elektrody (SEMLER a kol. 1990).

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

Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátů bylo u několika vzorků provedeno opakované měření téhož vzorku.

5.5 Výpočet koncentrace NO_3^- ze stanovení pomocí ISE

K výpočtu obsahu dusičnanů je vhodná metoda matematická, která vychází z logaritmické rovnice přímky. Výpočet byl realizován pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel. Nejdříve bylo potřebné zadat hodnoty naměřených standardů, navážku analyzovaného vzorku zeleniny 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: $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1} = (a.5)/z.10\ 000$

a vypočtená hodnota v ppm

z navážka vzorku v mg

5.6 Vyhodnocení výsledků

Ke statistickému vyhodnocení výsledků byl použit program Microsoft Excel.

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

V období od dubna 2005 do února 2007 bylo odebráno a následně vyhodnoceno celkem 539 vzorků dvanácti druhů zeleniny a brambor.

V tabulce 6.1 je uveden celkový počet analyzovaných vzorků u jednotlivých druhů zeleniny a počet vzorků, u nichž byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů. Ze všech analyzovaných vzorků byl pro jednotlivé druhy zeleniny vypočten průměr a směrodatná odchylka. Vypočtené hodnoty uvádí rovněž tabulka 6.1.

Tab. 6.1: Početní zastoupení analyzovaných vzorků a průměrné obsahy dusičnanů u jednotlivých druhů zelenin v letech 2005 - 2007

Komodita	n	N+	% N+	průměr	medián	min	max	s
Brambory rané	19	1	5	199	191	43	592	138
Brambory pozdní	29	7	24	190	159	30	471	124
Kedluben	44	26	59	1141	964	86	4610	955
Květák	38	0	0	91	68	21	459	80
Zelí bílé	45	6	13	331	207	17	1564	351
Okurka	46	2	4	129	109	24	485	94
Paprika	47	1	2	118	83	18	447	98
Rajče	46	1	2	81	55	18	529	86
Mrkev	46	0	0	145	89	22	552	130
Petržel	26	4	15	424	134	26	2239	623
Ředkvička	45	18	40	1420	1212	21	4291	980
Řepa červená	27	4	15	1571	1256	71	4977	1345
Salát ledový	38	2	5	1166	1003	89	2726	734
Pór	43	0	0	459	347	28	1656	361
Celkem	539	72	13					

n - počet analyzovaných vzorků, N+ - počet nadlimitních nálezů, %N+ - podíl nadlimitních nálezů v %, průměr - aritmetický průměr souboru výsledků, medián - střední hodnota souboru, min - nejnížší hodnota souboru výsledků, max - nejvyšší hodnota souboru výsledků, s - směrodatná odchylka

Z tabulky je zřejmé, že některé vypočtené průměry obsahu dusičnanů jsou vyšší než přípouští norma a rozpětí naměřených hodnot se pohybuje v širokém pásmu. Tzn. že obsah dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny je značně nevyrovnaný.

Monitoringem obsahu cizorodých látek v potravinách se na území České republiky zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI).

Měření obsahu nitrátů prováděná laboratořemi Státní zemědělské a potravinářské inspekce vykazují v posledních letech klesající tendenci. Možnou příčinu snížení

celkového počtu odebíraných vzorků v rámci monitoringu cizorodých látek lze spatřovat v tom, že po vstupu České republiky do EU se změnilo právní prostředí, kdy pro řadu kontaminantů nebyly stanoveny závazné limity. Limity uvedené v právních předpisech ČR se vztahují pouze na domácí produkci a komodity dovážené ze třetích zemí. V rámci EU v současné době dochází ke sběru dat a zjišťování obsahů u kontaminujících látek, které prohlásil Vědecký výbor pro potraviny za látky se zvýšeným rizikem pro lidské zdraví. Záměrem je přezkoumání stávajících limitů nebo stanovení nových maximálních limitů v zájmu zajištění ochrany veřejného zdraví. Z tohoto důvodu byla SZPI nucena přehodnotit výběr a rozsah sledovaných kontaminujících látek v rámci monitoringu cizorodých látek.

Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnany pouze v listové zelenině a dětské výživě. Nicméně SZPI provádí monitoring u dalších druhů zeleniny vnímavých ke kumulaci nitrátů. Z celkem 88 odebraných vzorků v roce 2005 byla přítomnost dusičnanů zjištěna u 82 vzorků. Vyšší obsah dusičnanů byl kromě salátu a špenátu zaznamenán u červené řepy, ředkve a ředkviček.

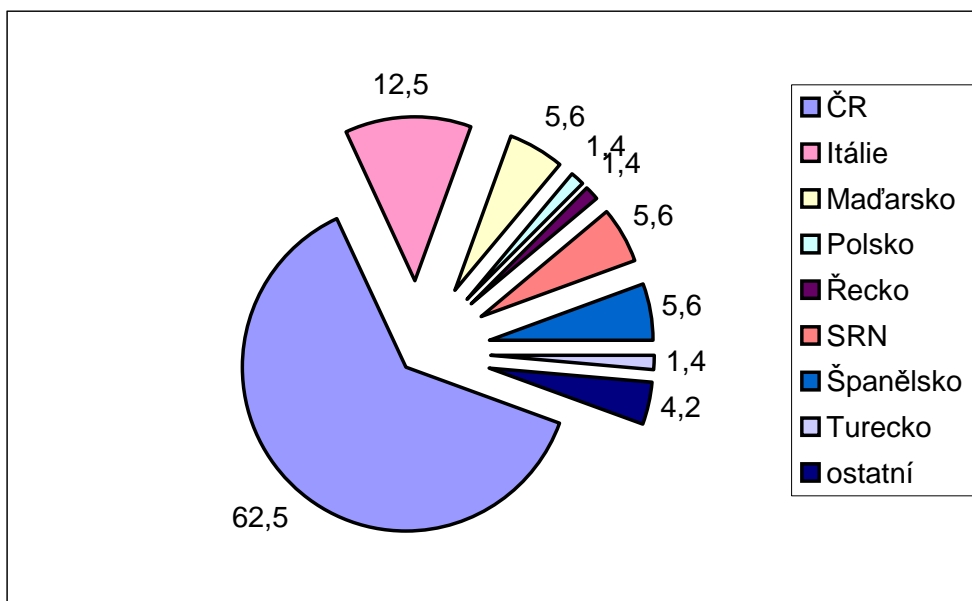
V roce 2004 bylo na stanovení obsahu dusičnanů odebráno celkem 116 vzorků zeleniny a brambor, u 110 vzorků byl zaznamenán pozitivní nález. Hygienický limit byl překročen u 3 vzorků ředkviček, ve 2 případech se jednalo o vzorky z Itálie, v jednom případě ze SR.

U jednotlivých druhů zeleniny byla dle možností zjišťována také země původu. Z celkového množství 539 odebraných vzorků pocházelo z tuzemska 40 % vzorků. Ze zemí EU bylo do ČR dovezeno 58 % a ze třetích zemí 2 % vzorků použitých k analýze. Přehled odebraných vzorků zeleniny na stanovení dusičnanů dle země původu v roce 2005 - 2007 je uveden v tabulce 9.2, která je součástí příloh.

Procentický podíl vzorků s nadlimitním obsahem dusičnanů dle země původu znázorňuje graf 6.1. Výchozí hodnoty k tomuto grafu jsou součástí příloh.

Z grafu 6.1 je patrné, že z tuzemska pocházelo nejvíce nevyhovujících vzorků z celkového počtu 72 vzorků s nadlimitním nálezem. U vzorků importovaných ze zemí EU došlo k překročení povoleného limitu u 36 % vzorků.

Graf 6.1: Procentický podíl nevyhovujících vzorků dle země původu v letech 2005 - 2007



Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátu bylo u několika vzorků provedeno opakované měření.

U vzorků pěti druhů zeleniny bylo provedeno pět opakovacích měření. Z odebraných vzorků zeleniny byly vytvořeny průměrné vzorky, ze kterých bylo odebráno pět vzorků laboratorních, u nichž se stanovil obsah dusičnanů dle dané metodiky. Všechny vzorky pocházely z jednoho odběru (18. února 2007). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.2.

Z tabulky 6.2 je patrné, že při opakovaném měření docházelo u jednotlivých vzorků ke kolísání hodnot. Příčinou zjištěných výkyvů naměřených hodnot může být přítomnost určitého množství pevných, nezfiltrovaných částic ve výluhu, které mohou ovlivňovat elektrochemický potenciál na membráně elektrody.

Na negativní vliv nečistot, jimiž jsou zpravidla kontaminovány měřené roztoky vzorků, upozorňují také SEMLER a kol. (1990). Dle autorů nečistoty mechanického charakteru poškozují membrány, čímž se zpravidla zhoršují funkční vlastnosti iontově selektivních elektrod.

I přes zjištěné odchylky lze použitou metodu měření pomocí ISE považovat za dobře použitelnou pro tento typ sledování.

Tab. 6.2: Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů při opakovaném měření vzorků v $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$

druh zeleniny	ředkvička					průměr	s	V
číslo vzorku	1	2	3	4	5	2030	220	11
mg NO₃⁻·kg⁻¹	2397	1729	1974	2106	1945			
druh zeleniny	brambor					průměr	s	V
číslo vzorku	1	2	3	4	5	213	34	16
mg NO₃⁻·kg⁻¹	217	196	276	197	177			
druh zeleniny	salát					průměr	s	V
číslo vzorku	1	2	3	4	5	1695	276	16
mg NO₃⁻·kg⁻¹	1861	1808	1913	1739	1155			
druh zeleniny	zelí					průměr	s	V
číslo vzorku	1	2	3	4	5	34	6	17
mg NO₃⁻·kg⁻¹	26	31	39	34	42			
druh zeleniny	kedlubn					průměr	s	V
číslo vzorku	1	2	3	4	5	152	83	54
mg NO₃⁻·kg⁻¹	97	126	141	312	83			

průměr - aritmetický průměr souboru výsledků, s - směrodatná odchylka, V - variační koeficient

6.1 Brambory

Od dubna 2005 do února 2007 bylo odebráno celkem 48 vzorků brambor. Z tohoto množství připadalo téměř 40 % na brambory rané.

Brambory rané

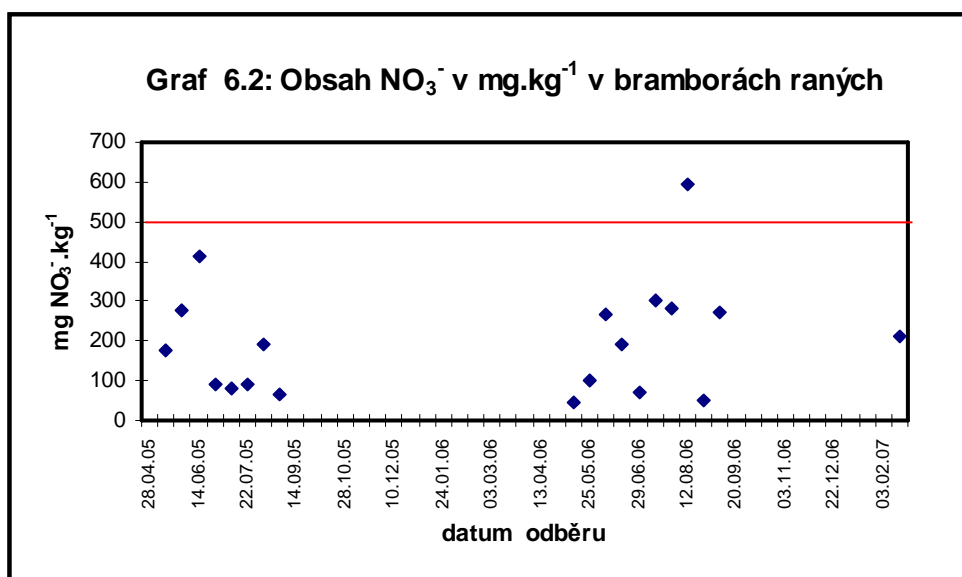
Pro rané brambory platí vyhláškou č. 53/2002 Sb. stanovený limit přípustného množství nitrátů, který je $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Z celkem 19 odebraných vzorků raných brambor bylo vyšší než přípustné množství dusičnanů nalezeno u 1 vzorku.

Nadlimitní a současně maximální obsah nitrátů obsahovala hlíza z Řecka odebraná 12. srpna 2006. V tomto vzorku bylo zjištěno 592 mg NO_3^- na kg čerstvé hmoty. Povolný limit byl překročen o více než 18 %. Nejnižší množství dusičnanů obsahovala hlíza od řeckého pěstitele odebraná 11. května 2006. V tomto vzorku se nacházelo $43 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Rané brambory se do České republiky často dovážejí, a to především mimo hlavní sezónu. V květnu a začátkem června je nejvýznamnějším dovozcem Řecko. Rané brambory však mohou být českým spotřebitelům k dispozici i v zimě, o čemž svědčí vzorek z Izraele odebraný 18. února 2007.

Hodnoty obsahu dusičnanů naměřené v jednotlivých vzorcích raných brambor znázorňuje graf 6.2. Červenou úsečkou je vyznačeno přípustné množství nitrátů v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.



V územní působnosti inspektorátu SZPI v Plzni byly v rozmezí let 2004 - 2006 odebrány 2 vzorky konzumních brambor raných. Oba vzorky pocházely od českého pěstitele. Zjištěný obsah dusičnanů v těchto hlízách byl 71,8 mg a 253 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

Brambory pozdní

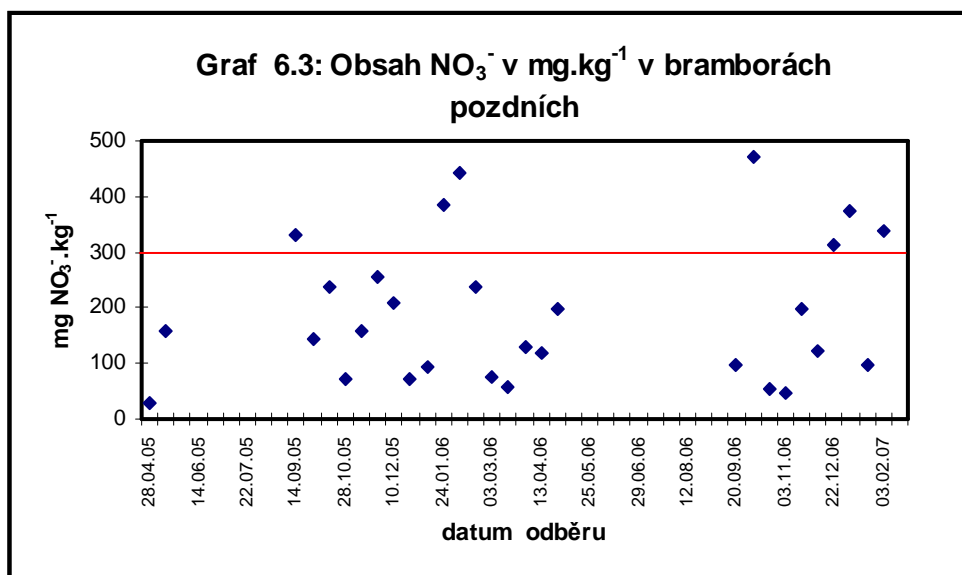
Pro brambory pozdní platí vyhláškou č. 53/2002 Sb. stanovený limit přípustného množství nitrátů, který je 300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (č. h.).

Z celkem 29 analyzovaných vzorků brambor bylo povolených 300 $\text{mg} \cdot \text{NO}_3^-$ překročeno u 7 vzorků, což představuje 24 % kontrolovaného množství.

V průměru hlízy obsahovaly 190 $\text{mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejvíce bylo povolené množství překročeno o 171 $\text{mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, tedy o 57 %, u hlízy odebrané 6. října 2006. Minimální obsah dusičnanů, 30 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, vykazoval vzorek z 28. dubna 2005. V obou případech se jednalo o brambory z České republiky.

Narozdíl od raných brambor, kde převládal dovoz nad domácí produkcí, pocházelo 83 % vzorků pozdních brambor od českých pěstitelů. Z tuzemska však také pocházelo 86 % hlíz s nadlimitním nálezem dusičnanů. Zbývajících 14 % nevyhovujících hlíz bylo dovezeno z Německa. Vzorky brambor importovaných z Francie (14 % kontrolovaných vzorků) vyhověly ve všech případech.

Obsahy dusičnanů nalezené v jednotlivých hlízách jsou zakresleny v grafu 6.3.



U komodity konzumní brambory pozdní bylo inspektorátem SZPI v Plzni v rozmezí let 2004 - 2006 odebráno 5 vzorků. Obsah 300 $\text{mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ a více byl zjištěn ve dvou případech.

FLOHROVÁ (1990) stejně jako VELÍŠEK (2002) přiřazují brambory k plodinám se středním obsahem dusičnanů. Zatímco Flohrová považuje za střední obsah nitrátů 200 až 600 mg, podle Velíška je to 250 až 1 000 mg.kg⁻¹.

SUSIN, KMECL a GREGORCIC (2006) prováděli monitoring obsahu nitrátů v zemědělských produktech v letech 1996 až 2002 ve Slovinsku. Autoři zjistili u brambor průměrný obsah nitrátu 158 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 konzumu brát v úvahu i podíl dusičnanů, který brambory v denní dávce zaujímají (MÍČA, VOKÁL, PENK 1991). BERÁNEK a KLEMENT (2001) udávají, že až 25 % denního příjmu dusičnanů v pevné stravě může pocházet z brambor.

6.2 Košťáloviny

Košťáloviny zaujímají v sortimentu zelenin téměř 40 % objemu tržní produkce. Nejvíce se pěstují zelí, květák, kapusta a kedlubny.

Košťáloviny patří mezi rostliny nitrofilní, což z praktického hlediska znamená, že dusík výrazně ovlivňuje jejich výnos, na druhé straně však vzniká nebezpečí zvýšeného obsahu nitrátů v konzumních orgánech (HLUŠEK 1996). Také MALÝ (2003a) poukazuje na možnost překročení hygienické normy obsahu nitrátů u košťálovin vzhledem k jejich větší citlivosti na kumulaci nitrátů při zvýšeném hnojení dusíkatými hnojivy.

V příloze 2 vyhlášky č. 53/2002 Sb. je uvedena hodnota nejvyššího přípustného množství dusičnanů pro košťálovou zeleninu 700 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Ve skupině košťálové zeleniny bylo odebráno 127 vzorků, z nichž 32 nevyhovělo danému limitu. Toto množství představuje 25 % nevyhovujících vzorků z kontrolovaného množství.

Kedluben

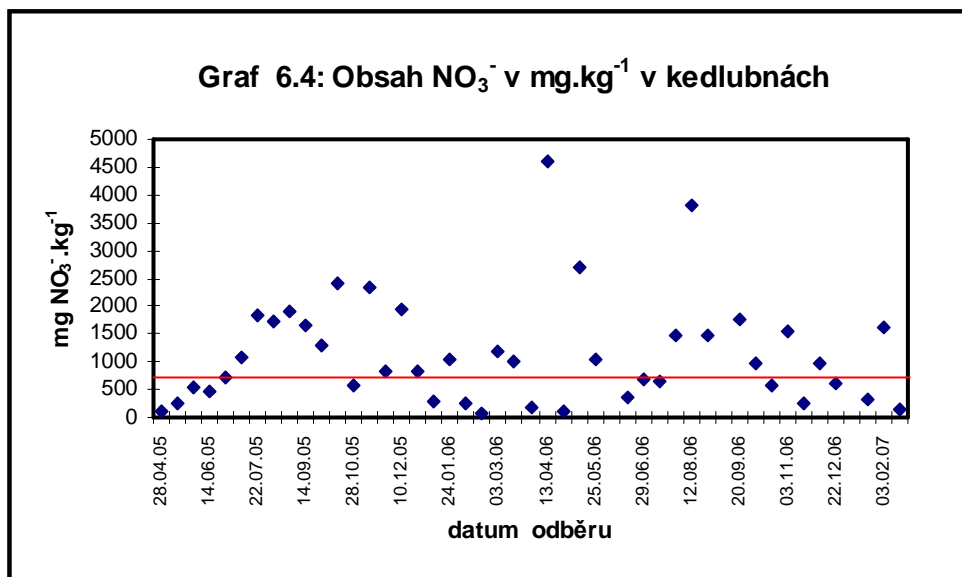
U kedlubny bylo odebráno celkem 44 vzorků. Povolnému limitu 700 mg NO₃⁻.kg⁻¹ nevyhovělo 26 vzorků, což představuje 59 %.

Průměrný obsah dusičnanů byl 1 144 mg.kg⁻¹. Maximální obsah nitrátů 4 610 mg.kg⁻¹ byl zjištěn 13. dubna 2006 u kedlubny dovezené z Itálie. V tomto případě

byl povolený limit překročen o 3 910 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 559 %. Minimální množství dusičnanů obsahovala kedlubna původem z ČR 17. února 2006, a to 86 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Většina (62 %) z celkem 26-ti vzorků, u nichž byl překročen povolený limit obsahu dusičnanů, pocházela z tuzemska, 19 % z Itálie, 12 % z Německa a zbývajících 8 % nevyhovujících vzorků bylo dovezeno z různých zemí EU.

Naměřená množství NO₃⁻ v mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty v kedlubnách včetně přípustného limitu, jenž znázorňuje červená úsečka, zobrazuje graf 6.4.



U kedlubny bílé byly inspektory SZPI na území města Plzně v roce 2006 odebrány 2 vzorky. V jednom případě se obsah dusičnanů nacházel pod 10 mg.kg⁻¹, ve druhém případě bylo nalezeno 681 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

VANĚK a TLUSTOŠ (1999) uvádějí, že na obsah nitrátů v zelenině má vliv mimo jiných faktorů i sluneční záření. U kedluben se mohou hodnoty za jasného slunečního počasí pohybovat od 205 do 1 685 mg NO₃⁻.kg⁻¹, ale je-li zataženo, hodnoty se pohybují obvykle v rozsahu 1 485 - 2 235 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Z výsledků tisíců analýz vzorků zeleniny vyplývá, že přehnojením dusíkem 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 mg.kg⁻¹, v plné konzumní zralosti 903 mg.kg⁻¹ (BARTOŠ, HOLÍK 1990).

HIPPE a MÜLLER (1985) in PRUGAR, HADAČOVÁ (1994) našli v brukvi zvyšující se obsah dusičnanů při stoupajících dávkách dusíku: při 0,75 g N na rostlinu byl obsah dusičnanů pouze 50 mg.kg⁻¹, při 6,0 g však už více než 3 000 mg NO₃⁻.kg⁻¹ č.h.

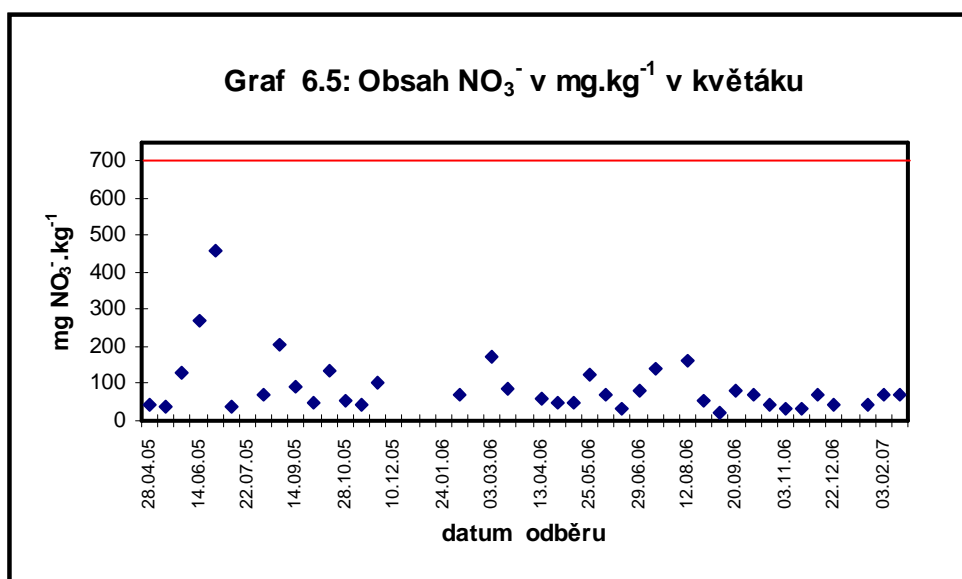
Květák

Z celkem 38 odebraných vzorků, nebylo povolené množství dusičnanů překročeno ani v jednom případě.

Průměrný obsah nitrátů se pohyboval hluboko pod přípustným množstvím a činil 91 mg NO₃⁻ na kg čerstvé hmoty. Maximální hodnota obsahu dusičnanů byla zjištěna 24. června 2005 u květáku z Itálie. Jednalo se o 459 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Minimum dusičnanů, pouhých 21 mg, se nacházelo v květáku od českého pěstitele 6. září 2006.

Květák je zeleninou do České republiky často dováženou. O tom svědčí také pouhých 8 vzorků pocházejících z tuzemska. Toto množství představuje 21 % českých vzorků z celkem 38 odebraných a analyzovaných. Většina (34 %) importovaných vzorků pocházela z Itálie, 24 % z Polska a 10,5 % z Německa. Dovoz z dalších zemí EU tvoří zbylých 10,5 %.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích květáku zobrazuje graf 6.5.



Tato komodita nebyla inspektorátem v Plzni v letech 2004 - 2006 hodnocena. V rámci ČR bylo v roce 2004 odebráno a analyzováno 5 vzorků květáku. Hygienický limit nebyl překročen. Průměrný obsah 134 mg NO₃⁻.kg⁻¹ stejně jako maximální množství 298 mg NO₃⁻.kg⁻¹ se nacházely hluboko pod povoleným limitem

PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) pozorovali u květáku při stupňovaném dusíkatém hnojení (0 - 400 kg N.ha⁻¹) vzestup obsahu dusičnanů z velmi nízkých hodnot (kolem 30 mg) až na 650 mg NO₃⁻.kg⁻¹ č.h. se značnými výkyvy.

KATHAN (1986) in PRUGAR, HADAČOVÁ (1994) podrobně sledoval dynamiku obsahu dusičnanů během růstu a vývoje. S časem narůstal obsah dusičnanů a přitom se

projevoval vliv roční doby, počasí, dávky a doby hnojení a formy hnojiva. Během zimy klesal poněkud obsah dusičnanů z 850 na 700 mg. Uprostřed března zase stoupl (cca na 1 350 mg) a koncem března klesl na 200 - 400 mg, zřejmě v důsledku spotřebování půdní zásoby dusíku.

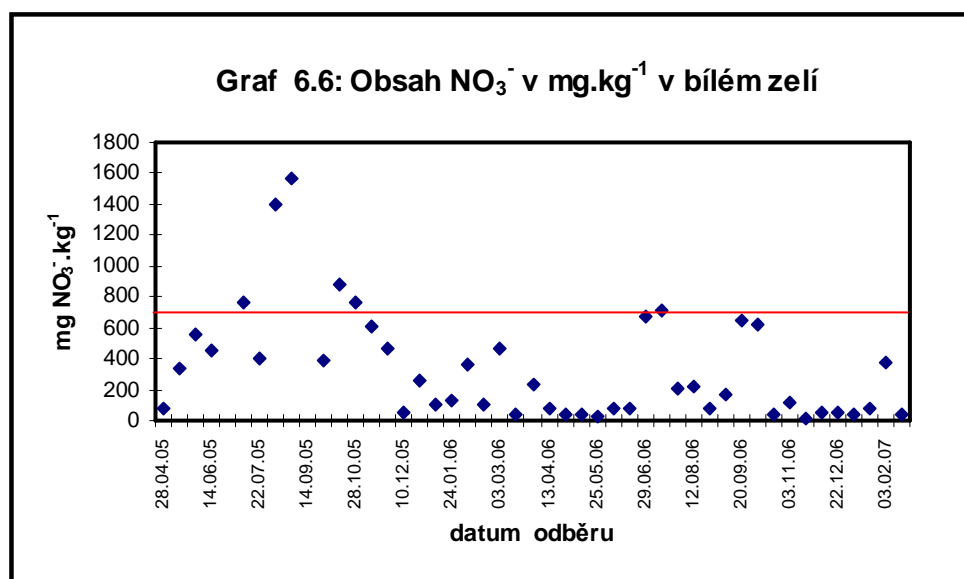
Zelí bílé

U zelí bylo analyzováno 45 vzorků. Nevyhovující hodnoty obsahu dusičnanů byly zjištěny u 6 vzorků, což představuje 13 % z kontrolovaného množství.

Průměrný obsah nitrátů byl 331 mg.kg^{-1} . Nejvíce byl povolený limit $700 \text{ mg NO}_3^- \text{.kg}^{-1}$ překročen 27. srpna 2005, a to více než dvakrát. Hodnota $1 564 \text{ mg NO}_3^- \text{.kg}^{-1}$ byla naměřena u hlávky z tuzemska. Nejnižší hodnota, $17 \text{ mg NO}_3^- \text{.kg}^{-1}$, byla zjištěna 17. listopadu 2006 u zelí pocházejícího též z České republiky.

Od českých pěstitelů pocházelo 91 % odebraných vzorků zelí. Ze zemí EU, a to především z Nizozemí (4 %) a z Polska (2 %), bylo dovezeno pouhých 9 % hlávek. Všechny nevyhovující vzorky byly zjištěny u zelí z tuzemska.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích bílého zelí zobrazuje graf 6.6.



V územní působnosti inspektorátu SZPI v Plzni byl v rozmezí let 2004 - 2006 kontrolován 1 vzorek komodity zelí bílé hlávkové. Tento vzorek odebraný 19. srpna 2006 obsahoval $676 \text{ mg NO}_3^- \text{.kg}^{-1}$ a pocházel z ČR.

V letech 1996 až 2002 analyzovali SUSIN, KMECL a GREGORCIC (2006) celkem 924 vzorků 14-ti různých zemědělských produktů. K druhům, u nichž byl zjištěn nejvyšší průměrný obsah nitrátů, patřilo také zelí s 881 mg NO_3^- na kg.

K podobným výsledkům dospěli YORIFUJI a kol. (2005) v Japonsku. Pomocí iontové chromatografie určili obsah nitrátů u 189 vzorků zelí pocházejících z obchodní sítě. Průměrný obsah NO_3^- stanovili 679 mg.kg^{-1} .

Obsah nitrátů v zelí závisí nejen na dávce dusíku, ale také na povětrnostních podmínkách, zejména před sklizní, o čemž svědčí údaje z polních pokusů s raným i podzimním zelím. Nízká teplota a malá intenzita slunečního svitu v době sklizně vedly ke zvýšení obsahu NO_3^- z 420 mg na 870 mg.kg^{-1} (PRUGAR, HADAČOVÁ 1994)

Z hlediska obsahu dusičnanů v zelí je důležitá výživa dusíkem. TURAN a SEVIMLI (2005) považují za nejvhodnější hnojivo pro hnojení zelí z hlediska nízkého obsahu nitrátů a minimálního rizika pro lidskou výživu síran amonný v dávce 250 kg N na ha.

6.3 Plodová zelenina

Současný podíl plodových zelenin ve spotřebě zeleniny stále roste. Celková spotřeba zeleniny na osobu a rok činí asi 83 kg , z toho plodové zeleniny, především tradiční okurky, rajčata a paprika, zahrnují 34% .

Výhodou plodových zelenin je, že se jejich plody jedí většinou v čerstvém stavu, proto se v nich zachovávají všechny biologické hodnoty. Navíc je lze konzumovat ve značném množství. Ze všech zelenin jsou nejchudší na dusičnany. Rostliny je totiž hromadí především 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) zastávají názor, že plodová zelenina obsahuje všeobecně málo dusičnanů a jeví malou závislost na výši dodaných dusíkatých hnojiv.

Maximální povolené množství dusičnanů pro plodovou zeleninu je dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. stanoveno na 400 mg.kg^{-1} čerstvé hmoty.

Ve skupině plodové zeleniny bylo analyzováno celkem 139 vzorků. Obsah dusičnanů vyšší než $400 \text{ mg NO}_3^-.\text{kg}^{-1}$ byl nalezen u 4 vzorků, což představuje necelá 3% vzorků s nadlimitní koncentrací.

Okurka

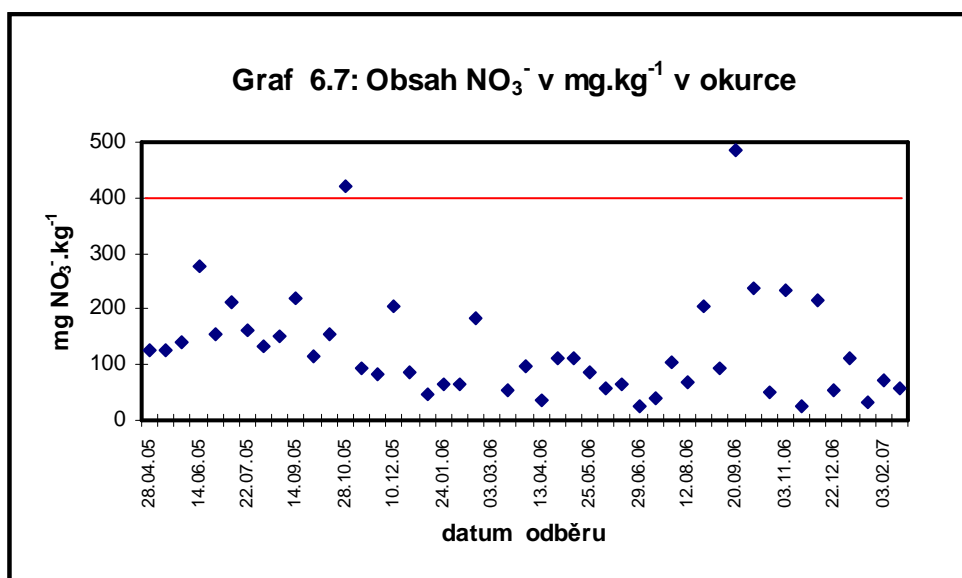
Na stanovení obsahu dusičnanů bylo odebráno celkem 46 vzorků. Hygienický limit $400 \text{ mg NO}_3^-.\text{kg}^{-1}$ byl překročen dvakrát. V obou případech se jednalo o vzorky dovezené ze Španělska. V prvním případě bylo nejvyšší přípustné množství dusičnanů

překročeno o 21 mg, což činí 5 %, u vzorku odebraného 28. října 2005. V druhém nevyhovujícím vzorku se nacházelo 485 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Tato hodnota byla zjištěna 20. září 2006 a současně představuje maximální naměřené množství dusičnanů u okurky. Minimální hodnota, 24 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, byla zjištěna 29. června 2006.

Až na uvedené výjimky se okurka z hlediska kumulace nitrátů jeví jako bezproblémový druh, u něhož se průměrná koncentrace dusičnanů pohybovala kolem 129 mg. kg^{-1} .

Okurka je jedním ze dvou druhů zeleniny, jejichž zástupci byli odebíráni a u nichž všechny odebrané vzorky pocházely z dovozu. Nejčastějším dovozcem bylo Španělsko, odkud pocházelo 93 % kontrolovaných vzorků.

Zjištěné hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích okurky zobrazuje graf 6.7.



Ve Slovinsku se monitoringem obsahu dusičnanů v zemědělských produktech zabývali SUSIN, KMECL a GREGORCIC (2006). V průběhu šesti let analyzovali 924 vzorků 14-ti různých zemědělských produktů. Na základě svých výsledků zařadili okurku mezi produkty, u nichž byl zjištěn střední průměrný obsah nitrátů, a to 93 mg. kg^{-1} .

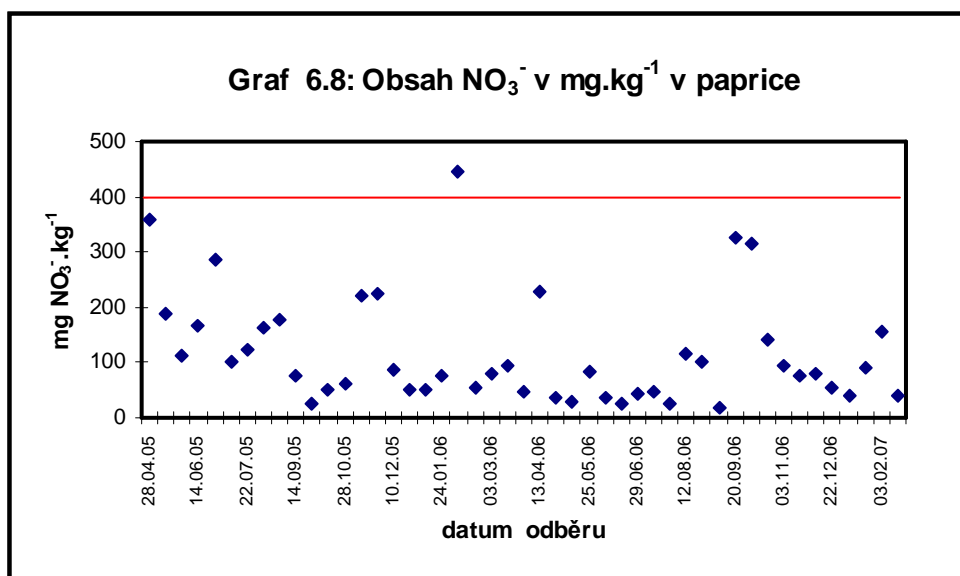
Podle PRUGARA a PECHOVÉ (1989) patří okurka salátová (polní) podle obsahu dusičnanů a jeho ovlivnitelnosti do skupiny neproblematických zeleninových druhů. V případě, že se jedná o okurku z fóliovníku, řadí ji mezi částečně problematické, ale regulovatelné zeleninové druhy.

Paprika

U papriky byl nadlimitní nález zjištěn pouze jednou, což představuje 2 % ze 47 kontrolovaných vzorků. Nejvyšší povolené množství bylo překročeno o 47 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, tedy o necelých 12 %, u papriky z Turecka odebrané 9. února 2006. Naopak nejnižší množství dusičnanů obsahovala paprika od maďarského pěstitele odebraná 6. září 2006. V tomto plodu bylo nalezeno pouhých 18 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Paprika je stejně jako ostatní druhy plodové zeleniny do České republiky dovážena ve velkém rozsahu. O tom, že výjimka potvrzuje pravidlo, svědčí jeden vzorek tohoto druhu zeleniny pocházející z tuzemska. Největším dodavatelem je Řecko s 38 % analyzovaných vzorků. Následují Maďarsko 19 %, Turecko 13 % a Maroko s 11 % odebraných vzorků.

Naměřené hodnoty nitrátů u jednotlivých vzorků papriky zobrazuje graf 6.8.



Na základě širšího průzkumu zařazují PRUGAR a PECHOVÁ (1989) papriky mezi neproblematické zeleninové druhy, avšak pouze pokud se jedná o papriky vypěstované v polních podmínkách. Pokud jde o papriky z fóliovníku, ty již řadí k částečně problematickým, ale regulovatelným zeleninovým druhům.

Podle VELÍŠKA (2002) může obsah dusičnanů v paprikách kolísat od 4 mg do 330 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

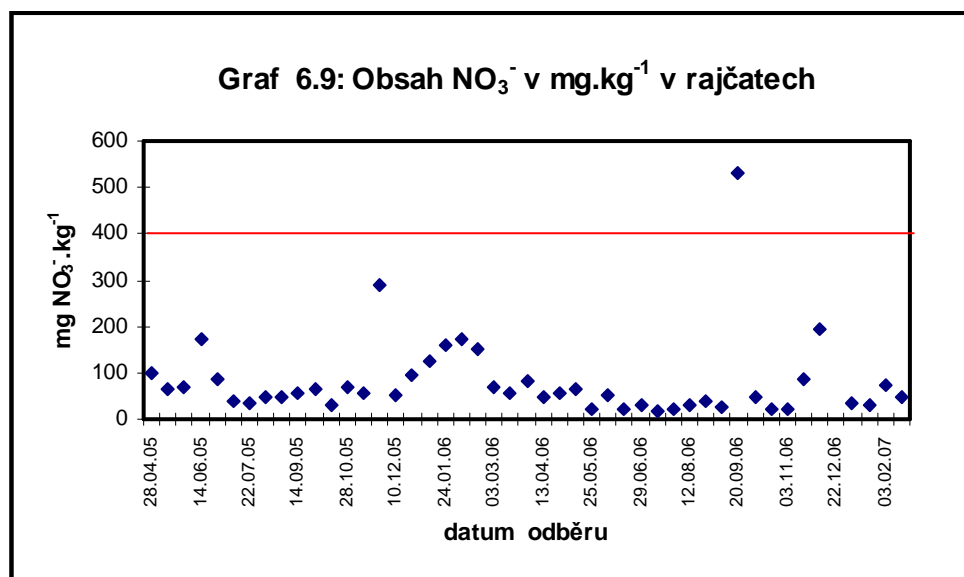
Rajče

U 46 odebraných vzorků rajčete byl povolený limit $400 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ překročen pouze v jednom případě. Nadlimitní a současně maximální obsah nitrátů byl naměřen u rajčete z Polska odebraného 20. září 2006. V tomto vzorku bylo zjištěno 529 mg NO_3^- na kg čerstvé hmoty. Nejvyšší přípustné množství tak bylo překročeno o 32 %.

U většiny zbývajících analyzovaných vzorků se naměřené hodnoty pohybovaly hluboko pod červenou úsečkou, která v grafu 6.9 značí nejvyšší přípustné množství nitrátů, s průměrnou koncentrací $81 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ č. h. Minimální obsah dusičnanů, $18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, byl naměřen u vzorku odebraného 17. července 2006 a pocházejícího z Holandska.

Rajče je druhým druhem zeleniny, u kterého všechny odebrané vzorky pocházely z dovozu. Největším dovozcem bylo stejně jako u okurky Španělsko. V tomto případě však import ze Španělska představoval necelých 59 %. Významnější místo zaujímal také dovoz z Polska (15 %) a Holandska (15 %).

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích rajčete znázorňuje graf 6.9.



Z hlediska nebezpečí zvýšeného obsahu dusičnanů v plodech se rajče jeví jako bezproblémový druh zeleniny také podle výsledků SUSINA, KMECLA a GREGORCICA (2006). Na základě provedených analýz zařazují autoři rajče mezi druhy s nízkým průměrným obsahem nitrátů, pohybujícím se i pod $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Rovněž podle PRUGARA a PECHOVÉ (1989) patří rajčata (polní, fóliovníková i skleníková) mezi neproblematické zeleninové druhy.

6.4 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.

PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) považují listovou zeleninu za silný akumulátor dusičnanů. Také HLUŠEK (2000b) upozorňuje na skutečnost, že při hnojení listových zelenin je třeba respektovat jejich zařazení do skupiny zelenin nadlimitně kumulujících nitráty.

V listové zelenině stanovuje limity pro dusičnany současná evropská legislativa, která pro ledový salát povoluje maximální limit 2 500 mg NO₃⁻ na kg.

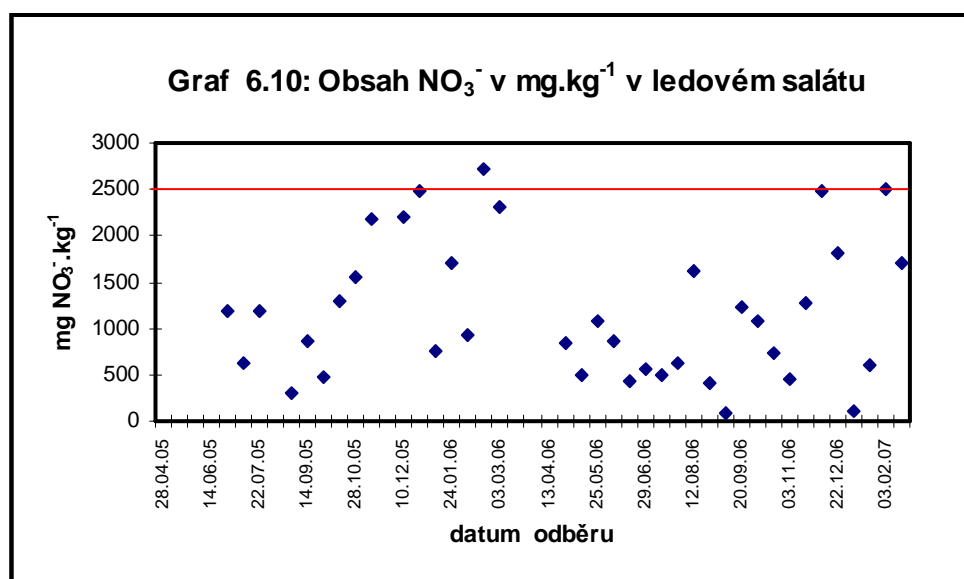
Salát ledový

Z 38 odebraných vzorků ledového salátu byl povolený limit 2 500 mg NO₃⁻.kg⁻¹ překročen ve dvou případech, což představuje 5 % nevyhovujících vzorků. Nadlimitní koncentrace dusičnanů 2 726 mg a 2 501 mg byly zjištěny u vzorků odebraných 17. února 2006 a 3. února 2007. Oba nevyhovující vzorky pocházely ze Španělska.

Průměrný obsah dusičnanů byl 1 166 mg.kg⁻¹. Nejmenší množství dusičnanů obsahoval salát odebraný 6. září 2006. V této hlávce bylo nalezeno pouhých 89 mg NO₃⁻.kg⁻¹ č. h.

Ledový salát je zeleninou do České republiky často dováženou. Nejvíce vzorků bylo odebráno ze salátů dovezených ze Španělska (55 %). Z tuzemska pocházelo 11 % analyzovaných vzorků.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích salátu znázorňuje graf 6.10.



Vzorek ledového salátu byl inspektory SZPI v Plzni odebrán 4. dubna 2006. Salát pocházel ze Španělska a obsahoval $484 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

FLOHROVÁ (1990) řadí salát ke kulturám, které mají zpravidla vysoký obsah nitrátů, přičemž za vysoký obsah považuje $600 - 4\,000 \text{ mg NO}_3^-$ na kg čerstvé hmoty.

Podle GABRIEL (1997) není při pěstování salátu pod sklem nijak výjimečný obsah dusičnanů $2\,000$ až $2\,800 \text{ mg}$ v 1 kg vypěstovaného salátu.

6.5 Kořenová zelenina

Kořenové zeleniny si po mnoho let zachovávají stabilní podíl na spotřebě zeleniny. Vedle košťálovin mají rozhodující význam pro plynulé zásobování zeleninou v období zimy a časného jara.

Po listových a řapíkatých zeleninách je u kořenových zelenin největší nebezpečí vysokého obsahu dusičnanů (PEKÁRKOVÁ 2004).

Maximální povolené množství dusičnanů pro kořenovou zeleninu (mrkev, petržel) je dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. stanoveno na $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. U červené řepy je povolený limit $3\,000 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ a u ředkvičky $1\,500 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

V rámci této skupiny bylo odebráno dohromady 144 vzorků mrkve, petržele, ředkviček a červené řepy. Nadlimitní obsah dusičnanů byl zjištěn u 26 vzorků, což představuje 18 % nevyhovujících vzorků.

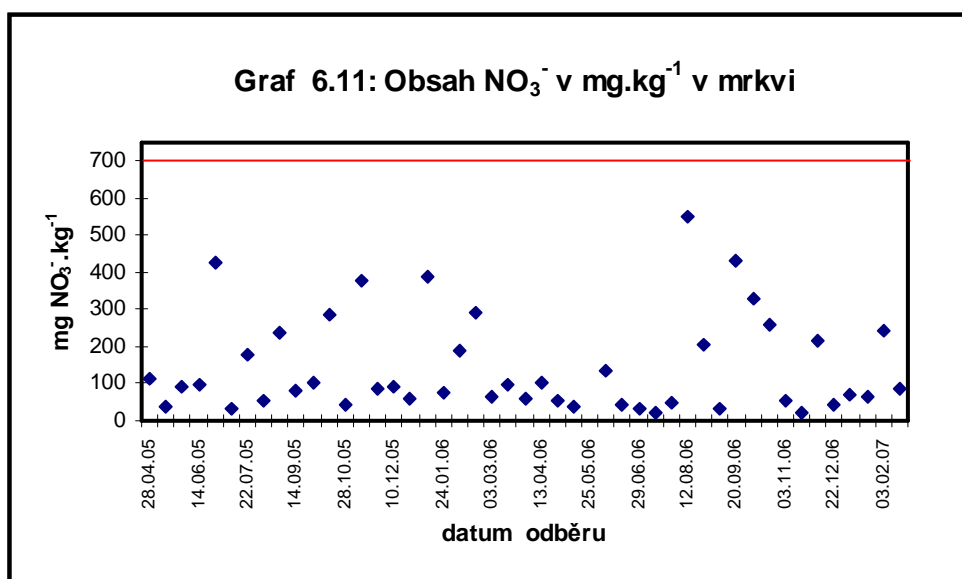
Mrkev

Z celkem 46 odebraných vzorků, nebylo povolené množství dusičnanů překročeno ani v jednom případě. Průměrný obsah nitrátů se pohyboval hluboko pod přípustným množstvím a činil 145 mg NO₃⁻ na kg čerstvé hmoty.

Maximální hodnota obsahu dusičnanů byla zjištěna 12. srpna 2006 u vzorku od českého pěstitele. Jednalo se o 552 mg NO₃⁻. Minimum dusičnanů, pouhých 22 mg.kg⁻¹, bylo zjištěno ve dvou vzorcích. Poprvé se zmíněné množství nitrátů nacházelo v mrkvi dovezené z Řecka 17. července 2006, po druhé to bylo 17. listopadu 2006 ve vzorku z tuzemska.

Nadpoloviční většina odebraných vzorků (61 %) pocházela z mrkve vypěstované v České republice. Zbývajících 39 % bylo dovezeno ze zemí EU, a to především z Holandska (17 %) a Itálie (11 %).

Naměřené hodnoty nitrátů u jednotlivých vzorků mrkve zobrazuje graf 6.11.



V roce 2004 odebrali inspektoři SZPI na území města Plzně 2 vzorky mrkve. V těchto vzorcích, pocházejících z Nizozemí, bylo nalezeno 45 mg a 205 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Podle schopnosti akumulovat dusičnany zařazuje VELÍŠEK (2002) mrkev mezi plodiny se středním obsahem dusičnanů (250 až 1000 mg.kg⁻¹).

Ke skupině rostlin, která vykazuje i při přiměřeném N-hnojení střední obsah NO₃⁻, přiřazuje mrkev také FLOHROVÁ (1990). Za střední obsah však považuje množství 200 - 600 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

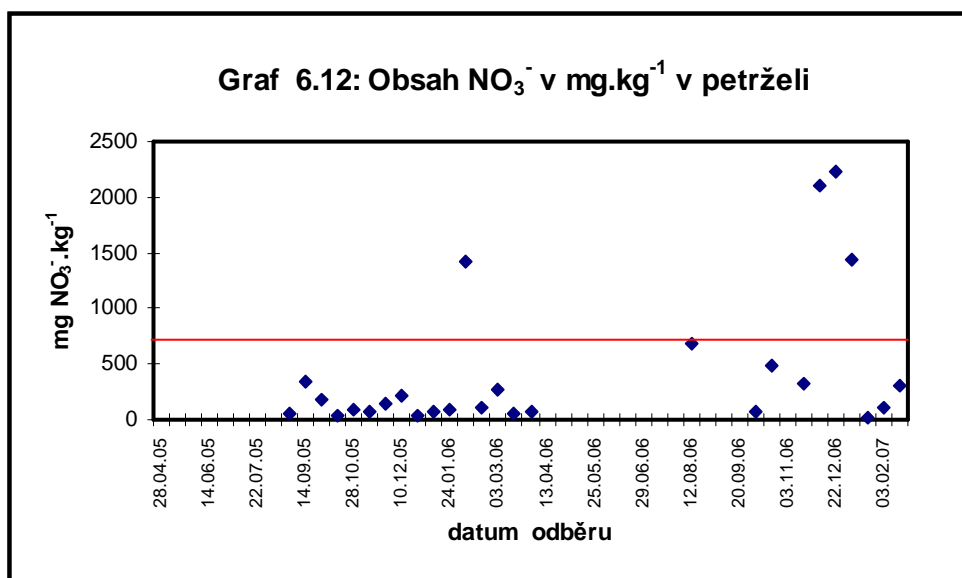
Petržel

U petržele bylo odebráno a následně analyzováno 26 vzorků. Nevyhovující hodnoty obsahu dusičnanů byly zjištěny u 4 vzorků, což představuje 15 % z kontrolovaného množství. Průměrný obsah nitrátů byl 424 mg.kg^{-1} .

Nejvíce byl povolený limit $700 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ překročen 22. prosince 2006, a to více než třikrát. Hodnota $2\,239 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$ byla naměřena u vzorku z tuzemska. Nejnižší hodnota, $26 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$, byla zjištěna 18. ledna 2007 u petržele pocházející rovněž z České republiky.

Většina (69 %) odebraných vzorků petržele pocházela od českých pěstitelů. Ze zemí EU, a to z Itálie (23 %) a z Polska (8 %), bylo dovezeno zbývajících 31 %. Všechny nevyhovující vzorky pocházely z tuzemska.

Naměřené hodnoty nitrátů v analyzovaných vzorcích petržele zobrazuje graf 6.12.



V územní působnosti inspektorátu SZPI v Plzni byly v rozmezí let 2004 - 2006 odebrány 4 vzorky petržele. Ani v jednom případě nebyl zjištěn obsah dusičnanů vyšší než $700 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$.

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

Podle VELÍŠKA (2002) může obsah dusičnanů v petrželi kolísat od 0 do $5\,400 \text{ mg NO}_3^-. \text{kg}^{-1}$.

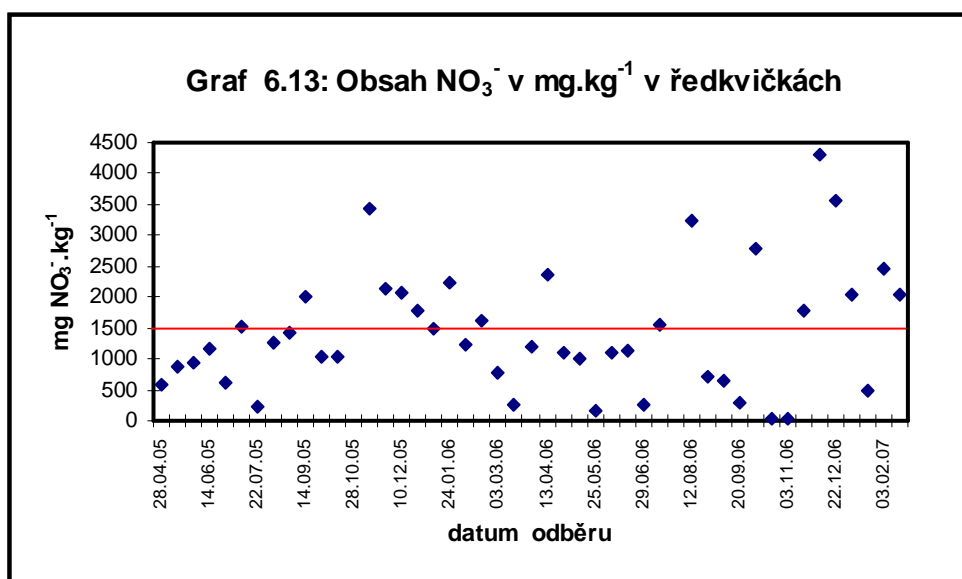
Ředkvička

U ředkvičky bylo odebráno celkem 45 vzorků. Povolenému limitu 1 500 mg NO₃⁻.kg⁻¹ nevyhovělo 18 vzorků, což představuje 40 %. Průměrný obsah dusičnanů byl 1 420 mg.kg⁻¹.

Maximální obsah nitrátů 4 291 mg.kg⁻¹ byl zjištěn 1. prosince 2006 u ředkvičky vypěstované v ČR. V tomto případě došlo k překročení povoleného limitu o 2 791 mg NO₃⁻.kg⁻¹, tedy o 186 %. Minimální množství dusičnanů obsahovala ředkvička původem z tuzemska 21. října 2006, a to 21 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Většina (56 %) z celkem 18-ti vzorků, u nichž bylo překročeno povolené množství dusičnanů, pocházela z tuzemska, 22 % z Itálie a 22 % z Maďarska, přičemž z celkem 5 vzorků pocházejících z maďarských ředkviček nevyhověly 4 vzorky.

Z grafu 6.13 jsou patrná naměřená množství NO₃⁻ v mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty u ředkviček.



V roce 2006 byly inspektory SZPI na území města Plzně odebrány 2 vzorky ředkvičky. Ve vzorku z Itálie odebraném 4. dubna 2006 bylo nalezeno 1 669 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Vzorek z 18. července 2006 obsahoval 1 463 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Podle schopnosti akumulovat dusičnany zařazuje VELÍŠEK (2002) ředkvičku do skupiny zelenin s vysokým obsahem dusičnanů (nad 1 000 mg.kg⁻¹).

CHUNG a kol. (2003) analyzovali pomocí iontové chromatografie na 600 vzorků patnácti druhů zeleniny. U ředkvičky dospěli k průměrnému obsahu 1 878 NO₃⁻.kg⁻¹.

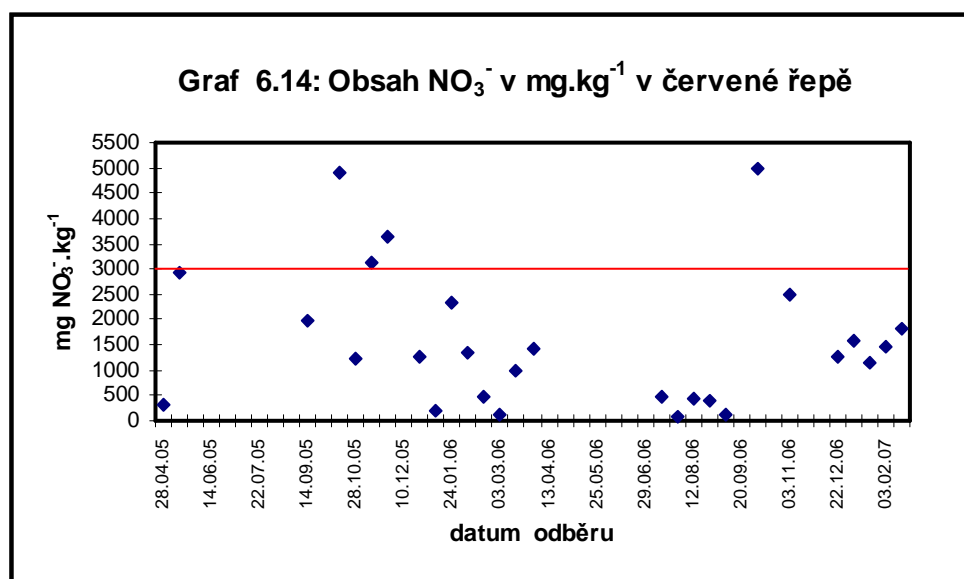
Červená řepa

U tohoto druhu zeleniny bylo na analýzu odebráno celkem 27 vzorků. Hygienický limit $3\,000\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$ byl překročen čtyřikrát. Ve všech případech, kdy byl zjištěn nevyhovující obsah nitrátů, byly vzorky odebrány během října a listopadu. Průměrný obsah dusičnanů byl $1\,571\text{ mg}$ na kg .

Maximální množství dusičnanů obsahoval vzorek z 6. října 2006. V této bulvě bylo nalezeno $4\,977\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$, čímž došlo k překročení povoleného limitu o 66 %. Minimum nitrátů, $71\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, bylo zjištěno v řepě původem z Polska 1. srpna 2006.

Tři čtvrtiny vzorků s nadlimitním nálezem pocházely z tuzemska odkud bylo celkem 70 % z analyzovaných vzorků. Dovoz z Polska představoval 26 % z celkového množství vzorků. U jednoho vzorku se nepodařilo zjistit konkrétní zemi původu, jelikož v přepravce byly namíchaný společně bulvy z ČR a z Polska.

Naměřené obsahy nitrátů u jednotlivých vzorků řepy zobrazuje v grafu 6.14.



Autoři VELÍŠEK (2002), FLOHROVÁ (1990), PRUGAR a PECHOVÁ (1989), PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) se shodují na tom, že salátová řepa patří k rostlinám, které ve velké míře hromadí dusičnany.

Podle VELÍŠKA (2002) může obsah nitrátů v červené řepě kolísat v rozmezí 45 až $4\,700\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$.

6.6 Cibulová zelenina

Cibulová zeleniny představuje druhy různého rozsahu pěstování a využití. Z objemu tržní produkce zaujímá 17 % (HLUŠEK 2000a).

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

Dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. se pórek a ostatní druhy cibulové zeleniny zařazují mezi potraviny obecně B, pro něž platí limit $2\,000\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$.

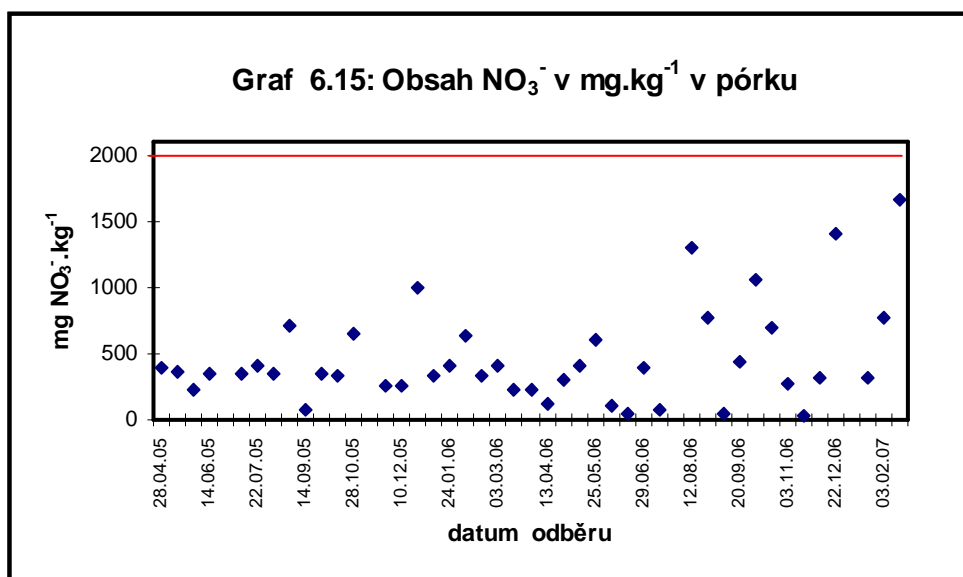
Pór

U póru bylo odebráno a následně analyzováno celkem 43 vzorků. Ani v jednom případě nebylo zjištěno překročení povoleného limitu. Průměrná hodnota $459\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$ se pohybovala hluboko pod přípustným množstvím.

Nejvyšší obsah dusičnanů, $1\,656\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ č. h., obsahoval vzorek z Belgie odebraný 18. února 2007. Minimální hodnota byla zjištěna 17. listopadu 2006 u póru z Polska, a to $28\text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$.

U póru všechny odebrané vzorky pocházely pouze ze tří zemí. Většina (51 %) vzorků byla dovezena z Belgie, 23 % z Polska a 21 % vzorků pocházelo od českých pěstitelů.

Naměřený obsah nitrátů u jednotlivých vzorků póru včetně nejvyššího přípustného množství znázorňuje graf 6.15.



FLOHROVÁ (1990) uvádí obsah nitrátů ve sklizeném produktu u póru jako velmi nízký; i při velmi vysokých dávkách dusíku zřídka překročí hranici 550 mg.kg^{-1} . K jinému zjištění dospěli YORIFUJI a kol. (2005), kteří ve 20 vzorcích póru odebraných z obchodní sítě zjistili průměrný obsah dusičnanů $1\,780 \text{ mg NO}_3^-.\text{kg}^{-1}$ s odchylkou $\pm 567 \text{ mg}$.

Podle VELÍŠKA (2002) může obsah dusičnanů v póru kolísat od 30 mg do $2\,159 \text{ mg NO}_3^-.\text{kg}^{-1}$.

7 ZÁVĚR

Měření obsahu nitrátů prováděná oblastními laboratořemi Státní zemědělské a potravinářské inspekce vykazují v posledních letech klesající tendenci, což je způsobeno především nedostatečnou legislativou v dané oblasti. Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnany pouze v listové zelenině a dětské výživě. Přípustná množství dusičnanů v ostatních druzích zeleniny a v bramborách jsou uvedena ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. Limity uvedené v právních předpisech ČR se však vztahují pouze na domácí produkci a komodity dovážené ze třetích zemí.

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu dusičnanů v běžných druzích zeleniny a v bramborách nabízených v obchodní síti města Plzně. Obsah nitrátů byl zjišťován v průběhu let 2005 - 2007 a byl stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou.

Z celkového množství 539 odebraných a analyzovaných vzorků došlo k překročení přípustného množství nitrátů u 72 vzorků, které tvoří 13 % kontrolovaného množství.

Z naměřených výsledků, které vychází z tabulky 6.1, vyplývá, že největší množství vzorků s nadlimitním nálezem nitrátů bylo zjištěno u kedluben. Povolnému limitu nevyhovělo 59 % analyzovaných vzorků. Větší počet nevyhovujících vzorků byl zjištěn také u ředkviček 40 %, brambor (rané i pozdní) 16,7 %, petržele 15,4 %, červené řepy 14,8 % a bílého zelí 13,3 %.

Koncentrace dusičnanů naměřené ve vzorcích sledované zeleniny odpovídají údajům udávaným v literatuře (FLOHROVÁ 1990, PRUGAR a HADAČOVÁ 1994 a 1995, VELÍŠEK 2002).

Jako zcela bezproblémové druhy zeleniny se z hlediska kumulace nitrátů jeví květák, mrkev a pór, u nichž ani v jednom případě nedošlo k překročení vyhláškou stanoveného nejvyššího přípustného množství, a to i přesto, že mrkev i květák většina autorů řadí k částečně problematickým druhům.

I přes občasný vyšší výskyt dusičnanů v zelenině, nepředstavuje konzum zeleniny pro člověka zdravotní riziko. Naopak při její konzumaci převládají pozitivní účinky na lidské zdraví. Mezi nitráty přijatými v zelenině a ohrožením zdraví byla zjištěna záporná korelace, tzn. čím větší byla konzumace zeleniny, tím menší byla úmrtnost na některé druhy rakoviny, např. žaludku (FLOHROVÁ 1990).

Zelenina představuje významnou, nutričně cennou součást lidské výživy - vzhledem k obsahu vitamínů, minerálních látek, vlákniny apod. Navíc tyto látky omezují redukci nitrátů na nitrity, a tím brání jejich nepříznivému působení.

Ani vyšší obsah nitrátů nemusí mít vždy pouze negativní vliv. LUNDBERG a kol. (2006) poukazují na existenci domněnky, že pozitivní efekt listové zeleniny, spojený s nižšími riziky vzniku určitých forem rakoviny a kardiovaskulárních chorob, je umožněn vysokým obsahem anorganických nitrátů, které jsou v dutině ústní přeměněny symbiotickými bakteriemi na nitrity, oxidy dusíku a druhotné reakční produkty, které způsobují rozšíření cév a mají ochranný vliv na tkáň.

Přestože více než 13 % vzorků překročilo povolený limit dusičnanů, obecně lze říci, že předpokládaný pozitivní vliv spotřeby zeleniny hraje významnější roli než potenciální rizika plynoucí z možného předávkování dusičnany. Zelenina proto i nadále představuje významnou složku lidské výživy a nebylo by správné její příjem omezovat.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BAIER, J., BAIEROVÁ, V.: Dusík a dusičnany. Sborník referátů z odborné akce Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci. České Budějovice, Jihočeské biologické centrum ČSAV, 1989, s. 117.
2. BARTOŠ, J., HOLÍK, K.: Technologie výroby polní zeleniny s ohledem na životní prostředí. Studie VTR. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1990, s. 60.
3. BERÁNEK, K., KLEMENT, V.: Dusičnany v bramborách v období 1991-2000. Agro, 6, 2001, s. 28-29.
4. BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, Veda, 1989, s. 189.
5. BUCHTOVÁ, I.: Situační a výhledová zpráva. Zelenina. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2006.
6. BUCHTOVÁ, I.: Situační a výhledová zpráva. Zelenina. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2005.
7. DIVÍŠ, J.: V bramborové hlíze není jen škrob. Úroda, 1, 2007, s. 22-23.
8. DOSTÁLOVÁ, J.: Výživová doporučení u nás a ve světě. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1991, s. 52.
9. DOSTÁLOVÁ, J., HRUBÝ, S., TUREK, B.: Výživová doporučení pro obyvatelstvo ČR, Praha, 2004, www.spolvyziva.cz
10. FLOHROVÁ, A.: Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Praha, ÚVTIZ, 1990, s. 83.
11. GABRIEL, I.: Zelenina pod sklem a fólií: Ekologicky pěstovat a sklízet po celý rok. Praha, Brázda, 1997, s. 128.
12. HAMOUZ, K., MORAVA, J.: Jakost konzumních brambor v rozdílných stanovištních podmínkách. Úroda, 3, 2003, s. 48-49.
13. HIPPE, J., MÜLLER, K.: Einfluss differenzierter Stickstoffgaben auf die Gehalte an nitrosierenden und nitrosierbaren Inhaltsstoffen in Kartoffeln, Kohlrabi, Kopfsalat und Tomaten. In Prugar, J., Hadačová, V.: Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině: (studijní zpráva). Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1994, s. 59.
14. HLUŠEK, J.: Výživa a hnojení cibulové zeleniny. Agro, 1, 2000a, s. 32-33.
15. HLUŠEK, J.: Výživa a hnojení listové zeleniny. Agro, 4, 2000b, s. 42-43.
16. HLUŠEK, J.: Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1996, s. 48.
17. CHUNG, S. a kol.: Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. Food additives and contaminants, 20, č. 7, 2003, s. 621-628.

18. JAVORSKÝ, P. a kol.: Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. Praha, Ministerstvo zemědělství a výživy ČR, 1987, s. 287.
19. KATHAN, J. G.: Einfluss der Düngung auf die Nitrataufnahme. In Prugar, J., Hadačová, V.: Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině: (studijní zpráva). Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1994, s. 59.
20. KMIECIK, W., LISIEWSKA, Z., SLUPSKI, J.: Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill (*Anethum graveolens* L.). *Food Chemistry*, 86 (1), 2004, s. 105-111.
21. KOLEK, J. a kol.: Fyziológia koreňového systému rastlín. Bratislava, Veda, 1988, s. 381.
22. LIŠŤANSKÁ, J., APLTAUER, J.: Působení inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku v půdě. Sborník referátů z odborné akce Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci. České Budějovice, Jihočeské biologické centrum ČSAV, 1989, s. 117.
23. LUNDBERG, J. a kol.: Cardioprotective effects of vegetables: Is nitrate the answer?. *Nitric Oxide*, 15, č. 4, 2006, s. 359-62.
24. MALÝ, I.: Pěstujeme květák, zelí a další košťálové zeleniny. Praha, Grada, 2003a, s. 87.
25. MALÝ, I.: Pěstujeme cibuli, česnek, hrách a další cibulové a luskové zeleniny. Praha, Grada, 2003b, s. 83.
26. MANSS, H., MANSS, F.: Absenkung des Nitratgehaltes in Wurzelgemüse. In: Prugar, J., Hadačová, V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách: (studijní zpráva), Praha, ÚZPI, 1995, s. 52.
27. MATUŠKOVÁ, L.: Interakcia podneho a hnojivového dusíka. Sborník referátů z odborné akce Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci. České Budějovice, Jihočeské biologické centrum ČSAV, 1989, s. 117.
28. MÍČA, B., VOKÁL, B., PENK, J.: Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 1991, s. 75.
29. NEUBERG, J.: Hnojení a výživa rostlin na zahradě. Praha, Grada, 1998, s. 149.
30. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenové zeleniny. Praha, Grada, 2004, s. 97.
31. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. Praha, Grada, 2002, s. 90.
32. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Praha, Grada, 2001, s. 68.
33. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme zdravou zeleninu. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1992, s. 143.
34. PELEŠKA, S.: Pěstujeme zeleninu. Praha, Mona, 1992, s. 89.
35. POKLUDA, R.: Význam a nutriční hodnota zeleniny. *Zahradnictví*, 6, 2006, s. 18-19.
36. PROCHÁZKA, S. a kol.: Fyziologie rostlin. Praha, Academia, 1998, s. 484.

37. PRUGAR, J.: Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství: (studijní zpráva). Praha, ÚZPI, 2000, s. 79.
38. PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách: (studijní zpráva), Praha, ÚZPI, 1995, s. 52.
39. PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.: Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině: (studijní zpráva). Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1994, s. 59.
40. PRUGAR, J., PECHOVÁ, B.: Výskum problematiky dusičnanov v zeleninách na Ústave podoznaectva a výživy rastlín VCPÚ v Bratislave (1981 - 1989). Sborník referátů z odborné akce Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci. České Budějovice, Jihočeské biologické centrum ČSAV, 1989, s. 117.
41. RICHTER, R.: Regulace obsahu nitrátů ve vybraných zeleninách. In: Prugar, J., Hadačová, V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách: (studijní zpráva), Praha, ÚZPI, 1995, s. 52.
42. ROP, O.: Výskyt cizorodých prvků v bramborách. Farmář. 8. ročník, 5, 2002, s. 26.
43. RŮŽEK, P., KUSÁ, H.: Hnojení dusíkem při různém zpracování půdy. Úroda, 2, 1999, s. 32-33.
44. SEMLER, M. a kol.: Iontově selektivní elektrody a jejich využití v potravinářské a zemědělské praxi. Praha, Středisko technických informací potravinářského průmyslu, 1990, s. 214.
45. STRADA, J.: Úloha dusíkatého, sodíkatého a draselného hnojení v procesu kumulace a utilizace dusičnanů v mrkvi. Sborník referátů z odborné akce Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci. České Budějovice, Jihočeské biologické centrum ČSAV, 1989, s. 117.
46. SUSIN, J., KMECL, V., GREGORCIC, A.: A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996-2002. Food additives and contaminants, 23, č. 4, 2006, s. 385-390.
47. ŠINDELÁŘOVÁ, J.: Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině. In: Flohrová, A.: Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Praha, ÚVTIZ, 1990, s. 83.
48. TORMA, S.: Dusík. Nenahraditelný prvek v půdě a rostlině. Agro, 10. ročník, 1, 2005, s. 27-29.
49. TURAN, M., SEVIMLI, F.: Influence of different nitrogen sources and levels on ion content of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). New Zealand journal of crop and horticultural science, 33, č. 3, 2005, s. 241-249.
50. VALŠÍKOVÁ, M.: O dusičnanech v zelenině. Zahradnictví, 6, 2006, s. 20.
51. VELÍŠEK, J.: Chemie potravin 3. Tábor, Osis, 2002, s. 343.
52. VANĚK, V. a kol.: Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Praha, Ing. Martin Sedláček, 2002, s. 132.
53. VANĚK, V., TLUSTOŠ, P.: Nitráty v rostlinách. Farmář, 5. ročník, 6, 1999, s. 24-25.

54. VODIČKA, J., DIVIŠ, J.: Kvalita biobrambor z ekologického zemědělství. *Úroda*, 2, 2001, s. 33-34.
55. VOKÁL, B. a kol.: *Pěstujeme brambory*. Praha, Grada, 2003, s. 103.
56. www.celysvet.cz
57. www.szpi.gov.cz
58. YORIFUJI, T. a kol.: Survey of nitrate concentrations in domestic vegetables on the market. *Journal of the Japanese society for food science and technology-nippon shokuhin kagaku kogaku kaishi*, 52, č. 12, 2005, s. 605-609.
59. ZRŮST, J., VOKÁL, B.: České bramborářství a kvalitní konzumní brambory. *Úroda*, tematická příloha *Brambory*, 11, 1998, s. 6-7.

PŘÍLOHY

Tab. 9.1: Vývoj roční spotřeby zeleniny v hodnotě čerstvé (včetně výrobků) podle druhů na jednoho obyvatele ČR v kg

Druh zeleniny	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Celer	2,1	2,0	2,1	2,1	2,3	2,3	2,1	1,7	1,3	1,5	1,6	1,5
Cibule	10,2	11,2	11,4	10,6	11,6	11,0	10,6	11,2	9,9	8,8	11,5	9,3
Česnek	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	0,8	0,9	1,0	0,8
Fazolové lusky	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Hrachové lusky•	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,7	0,5	0,7	0,6
Kapusta	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,2	0,8	0,7	0,8	0,7
Kedlubny	1,9	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5	2,2	1,8	1,9	1,9	2,0
Květák	5,1	4,9	4,3	4,3	4,4	4,1	3,9	3,4	3,2	3,2	3,6	2,5
Melouny	2,3	3,4	3,1	3,4	3,9	5,3	4,9	5,7	7,3	7,7	5,8	8,8
Mrkev	7,7	8,1	9,0	8,6	8,7	8,8	7,4	6,9	6,6	6,1	6,5	6,2
Okurky naklád.	4,5	4,3	4,3	4,2	3,7	3,8	2,9	3,1	3,3	2,7	1,8	2,2
Okurky salátové	4,4	4,3	6,4	6,5	6,0	6,6	6,1	5,5	5,7	5,5	4,6	6,4
Paprika zelenin.	3,5	3,8	3,2	3,3	3,8	4,0	4,0	4,3	5,1	4,8	4,6	5,1
Petržel	1,6	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,1	1,0	0,9	0,9
Rajčata	6,9	8,2	6,8	6,8	7,4	8,9	8,9	9,4	9,7	12,6	9,3	10,3
Salát hlávkový	1,3	1,4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
Špenát	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7
Zelí hlávk. bílé a červené	12,4	12,3	12,8	14,0	14,4	14,1	14,5	12,7	10,5	11,0	14,0	8,3
Ostatní zelenina	-	4,0	4,8	6,3	5,1	4,9	6,7	7,9	7,5	7,0	7,0	8,1

Zdroj: ČSÚ

Poznámka: • - vyloučená hrachová zrna

Tab. 9.2: Přehled odebraných vzorků zeleniny na stanovení obsahu dusičnanů dle země původu v letech 2005 - 2007

Země původu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	celkem	%
ČR	6	24	26	8	28	x	1	18	11	x	29	19	4	41	215	39,9
Belgie	x	x	x	x	x	x	x	x	22	3	x	x	2	x	27	5,0
Francie	x	4	x	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7	1,3
Holandsko	x	x	x	1	8	2	x	x	x	7	x	x	x	x	18	3,3
Itálie	x	x	9	13	5	x	x	6	x	x	9	x	x	x	42	7,8
Izrael	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0,2
Maďarsko	x	x	x	x	x	x	9	x	x	x	5	x	x	x	14	2,6
Maroko	x	x	x	x	x	x	5	x	x	x	x	x	x	x	5	0,9
Nizozemí	x	x	x	x	x	1	1	x	x	1	x	x	x	2	5	0,9
Polsko	x	x	x	9	x	x	x	2	10	7	x	7	x	1	36	6,7
Řecko	11	x	x	x	4	x	18	x	x	x	x	x	x	x	33	6,1
SRN	x	1	5	4	x	x	1	x	x	x	1	x	4	x	16	3,0
Španělsko	1	x	x	x	x	43	4	x	x	27	x	x	21	x	96	17,8
Turecko	x	x	x	x	x	x	6	x	x	x	x	x	x	x	6	1,1
Ostatní	x	x	4	1	x	x	2	x	x	1	1	1	7	1	18	3,3
Celkem	19	29	44	38	46	46	47	26	43	46	45	27	38	45	539	100

Tab. 9.3: Vzorky s nadlimitním obsahem dusičnanů dle země původu

Země původu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	celkem	%*	%**
ČR	x	6	16	x	x	x	x	4	x	x	10	3	x	6	45	20,9	62,5
Belgie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Francie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Holandsko	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Itálie	x	x	5	x	x	x	x	x	x	x	4	x	x	x	9	21,4	12,5
Izrael	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Maďarsko	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	x	x	x	4	28,6	5,6
Maroko	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Nizozemí	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0,0	0
Polsko	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	1	2,8	1,4
Řecko	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	3,0	1,4
SRN	x	1	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	25,0	5,6
Španělsko	x	x	x	x	x	2	x	x	x	x	x	x	2	x	4	4,2	5,6
Turecko	x	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	x	x	x	1	16,7	1,4
ostatní	x	x	2	x	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	3	16,7	4,2
celkem	1	7	26	0	0	2	1	4	0	1	18	4	2	6	72	13,4	100

* procentický podíl nevyhovujících vzorků z celkového počtu odebraných vzorků dle země původu

** procentický podíl nevyhovujících vzorků z celkového počtu vzorků s nadlimitním nálezem

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1 brambory rané | 8 petržel |
| 2 brambory pozdní | 9 pór |
| 3 kedluben | 10 rajče |
| 4 květák | 11 ředkvička |
| 5 mrkev | 12 řepa červená |
| 6 okurka | 13 salát ledový |
| 7 paprika | 14 zelí bílé |

Nariadení Komise (ES) č. 472/2002, ktorým sa mení nariadení (ES) č. 466/2001, jímž sa stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách

ANHANG

Anhang I Abschnitt 1 der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 betreffend Nitrate wird durch folgenden Wortlaut ersetzt:

Erzeugnis	Höchstgehalt (mg NO ₃ /kg)	Probenahmeverfahren	Referenzana- lyseverfahren
„1.1. Frischer Spinat (*) (Spinacia oleracea)	Ernte vom 1. November bis 31. März 3 000 Ernte vom 1. April bis 31. Oktober 2 500	Richtlinie 79/700/EWG der Kommission (2)	
1.2. Haltbar gemachter, tiefgefrorener oder gefrorener Spinat	2 000	Richtlinie 79/700/EWG	
1.3. Frischer Kopfsalat (Lactuca sativa L.) (unter Glas angebauter Salat und Freilandsalat), ausgenommen Kopfsalat gemäß Nr. 1.4	Ernte vom 1. Oktober bis 31. März: — unter Glas angebauter Salat 4 500 (3) — Freilandsalat 4 000 (3) Ernte vom 1. April bis 30. September: — unter Glas angebauter Salat 3 500 (3) — Freilandsalat 2 500 (3)	Richtlinie 79/700/EWG, jedoch beträgt die Mindestanzahl der Einheiten pro Laborprobe 10	
1.4. Eissalat (*)	unter Glas angebauter Salat 2 500 (3) Freilandsalat 2 000 (3)	Richtlinie 79/700/EWG, jedoch beträgt die Mindestanzahl der Einheiten pro Laborprobe 10	

(1) Die Höchstwerte für frischen Spinat gelten nicht für frischen Spinat, der zur Verarbeitung bestimmt ist und lose direkt vom Feld zum Verarbeitungsbetrieb befördert wird.

(2) ABl. L 207 vom 15.8.1979, S. 26.

(3) Fehlt eine entsprechende Kennzeichnung, aus der das Produktionsverfahren hervorgeht, so gilt der für Freilandsalat festgesetzte Höchstwert.

(4) Beschrieben in der Verordnung (EG) Nr. 1543/2001 der Kommission vom 27. Juli 2001 zur Festlegung der Vermarktungsnorm für Salate, krause Endivie und Eskariol (ABl. L 203 vom 28.7.2001, S. 9).“

Zdroj: http://www.europa.eu.int/eur-lex/cs/search/search_lif.html

Naměřené obsahy dusičnanů v letech 2005 - 2007 část 1

datum	28.04.05	12.05.05	01.06.05	14.06.05	24.06.05	09.07.05	22.07.05	03.08.05	27.08.05	14.09.05	30.09.05	14.10.05	28.10.05
číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
brambory pozdní	30	159								331	143	238	71
brambory rané		175	275	414	89	83	92	191	67				
kedluben	100	265	545	478	710	1080	1843	1733	1919	1647	1294	2413	558
květák	42	37	128	272	459	38		68	203	91	48	137	54
karotka	116	36	90	96	427	35	179	55	235	82	101	287	44
okurka	125	126	139	276	154	214	162	134	150	221	116	154	421
paprika	358	190	112	166	287	101	125	164	177	76	24	50	60
petržel									49	337	185	38	92
pór	389	358	229	347		347	405	345	704	78	349	329	649
rajče	100	64	70	171	86	40	34	48	48	54	64	30	67
ředkvička	572	863	947	1163	602	1531	222	1260	1429	1997	1024	1028	
řepa	300	2916								1970		4905	1227
salát ledový					1190	634	1182		307	858	482	1297	1547
zelí bílé	80	337	563	452		770	397	1396	1564		385	886	758

Naměřené obsahy dusičnanů v letech 2005 - 2007 část 2

datum	12.11.05	25.11.05	10.12.05	23.12.05	06.01.06	24.01.06	09.02.06	17.02.06	03.03.06	16.03.06	31.03.06	13.04.06	29.04.06
číslo vzorku	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
brambory pozdní	159	254	208	71	95	384	442	236	75	58	128	120	197
brambory rané													
kedluben	2326	845	1937	815	291	1042	265	86	1182	994	184	4610	97
květák	43	101					71		171	87		61	46
karotka	376	88	91	57	389	75	191	289	64	98	62	105	55
okurka	93	81	206	88	47	64	63	184		55	96	37	111
paprika	221	225	87	52	50	76	447	54	78	95	47	229	35
petržel	68	152	215	33	65	91	1423	110	269	49	75		
pór		262	262	1000	338	414	627	327	413	226	229	124	305
rajče	57	289	52	96	127	160	171	152	68	56	84	46	57
ředkvička	3437	2140	2064	1786	1478	2248	1238	1624	787	260	1212	2363	1111
řepa	3115	3644		1250	217	2340	1342	486	110	994	1414		
salát ledový	2179		2211	2482	762	1700	934	2726	2316				835
zelí bílé	613	467	57	265	102	128	361	100	467	44	230	79	43

Naměřené obsahy dusičnanů v letech 2005 - 2007 část 3

datum	11.05.06	25.05.06	07.06.06	20.06.06	29.06.06	17.07.06	01.08.06	12.08.06	26.08.06	06.09.06	20.09.06	06.10.06	21.10.06
číslo vzorku	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
brambory pozdní											96	471	55
brambory rané	43	103	267	193	71	302	284	592	52	274			
kedluben	2693	1043		351	698	655	1465	3806	1476		1746	969	561
květák	48	125	68	30	82	141		163	53	21	83	72	43
karotka	37		134	44	31	22	51	552	206	33	434	330	260
okurka	111	87	57	66	24	40	106	69	205	93	485	237	52
paprika	30	83	36	25	45	47	27	115	103	18	326	314	141
petržel								691				70	479
pór	408	607	100	47	388	78		1302	771	41	437	1052	697
rajče	66	23	52	21	31	18	21	32	37	25	529	48	22
ředkvička	989	152	1107	1133	252	1538		3251	703	632	304	2795	21
řepa						486	71	419	403	104		4977	
salát ledový	506	1087	861	439	558	489	621	1616	403	89	1230	1071	737
zelí bílé	41	29	79	81	672	718	207	225	84	163	642	619	37

Naměřené obsahy dusičnanů v letech 2005 - 2007 část 4

datum	03.11.06	17.11.06	01.12.06	22.12.06	04.01.07	18.01.07	03.02.07	18.02.07
číslo vzorku	40	41	42	43	44	45	46	47
brambory pozdní	48	197	123	313	374	98	337	
brambory rané								213
kedluben	1555	236	959	626		310	1624	152
květák	31	34	68	41		45	68	68
karotka	53	22	217	45	68	67	245	86
okurka	234	25	216	53	113	32	71	56
paprika	96	76	81	56	39	89	156	40
petržel		319	2101	2239	1437	26	116	302
pór	276	28	317	1402		312	772	1656
rajče	21	87	194		34	32	74	48
ředkvička	26	1778	4291	3546	2032	501	2453	2030
řepa	2485			1256	1588	1129	1473	1806
salát ledový	448	1284	2481	1816	101	614	2501	1695
zelí bílé	117	17	53	55	36	74	375	34