

## OBSAH

1 ÚVOD .....	2
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	4
<b>2.1 Význam zeleniny</b> .....	4
<b>2.2 Chemické složení zeleniny a zdravotně významné obsahové látky</b> .....	5
<b>2.3 Produkce a spotřeba zeleniny v ČR</b> .....	7
<b>2.4 Dusík v půdě a jeho koloběh v přírodě</b> .....	9
2.4.1 Koloběh dusíku v přírodě .....	9
2.4.2 Formy dusíku v půdě .....	10
2.4.3 Koloběh dusíku v půdě .....	11
<b>2.5 Dusík v rostlině</b> .....	14
<b>2.6 Zdravotní rizika zeleniny</b> .....	17
2.6.1 Dusičnany a dusitany .....	18
<b>2.7 Faktory ovlivňující akumulaci a obsah nitrátů v zelenině</b> .....	19
2.7.1 Vliv druhu a odrůdy .....	20
2.7.2 Vliv ročníku, světelné, tepelné a vlhkostní poměry.....	23
2.7.3 Stanovištní podmínky .....	25
2.7.4 Vliv hnojení .....	25
2.7.5 Sklizeň .....	28
2.7.6 Uchování zeleniny .....	29
2.7.7 Způsob potravinářského a kuchyňského zpracování .....	30
<b>2.8 Omezení množství nitrátů v zelenině</b> .....	31
3 LEGISLATIVA .....	33
4 METODIKA .....	35
<b>4.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)</b> .....	35
<b>4.2 Výpočet koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ze stanovení pomocí ISE</b> .....	36
<b>4.3 Odběry vzorků</b> .....	37
5 VÝSLEDKY A DISKUSE .....	38
6 ZÁVĚR .....	59
7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY .....	61
8 PŘÍLOHY .....	70

# 1 ÚVOD

Z půdy, vody a ovzduší se do rostlinných produktů a tím do potravinového řetězce mohou dostávat látky, které jsou nežádoucí, a které ve svých důsledcích mohou ovlivňovat zdraví člověka.

Dusičnany jsou jako produkt metabolismu přirozenou součástí rostlinné hmoty. Nejsou tedy cizorodou látkou rostlinných pletiv a mohou být v dalších fázích vývoje rostliny přeměněny na organické látky. Při běžném obsahu nepůsobí škodlivě, ale jejich zvýšený obsah nad určitý limit je nežádoucí a stává se zdravotním rizikem.

První údaje o nitrátech byly publikovány již v roce 1885 a od roku 1907 se objevuje celá řada publikací, které se zabývají vnitřními i vnějšími podmínkami ovlivňujícími jejich obsah v rostlinných produktech (ŠINDELÁŘOVÁ 1985).

Dusičnany nejsou pro člověka samy o sobě nebezpečné, ale při určitých podmínkách se mohou v trávicím traktu přeměňovat na nebezpečné dusitany, které mohou vyvolat alimentární kojeneckou methemoglobinémii a pokles krevního tlaku. Za přispění několika faktorů se dusitany v lidském organismu mohou přeměňovat při reakci s aminy na nitrosaminy, u nichž je prokázáno, že mají karcinogenní účinky.

Akumulace nitrátů v zelenině závisí na mnoha faktorech. K vnějším faktorům patří půdní a klimatické podmínky stanoviště, průběh počasí, agrotechnika a stupeň poškození rostlin. K vnitřním faktorům patří především biologické vlastnosti odrůdy.

Spotřeba zeleniny v ČR v uplynulých letech pozvolna stoupala, nejvyšší úroveň dosáhla v roce 1999 (85,3 kg na osobu za rok), ale stále nedosahuje potřebné úrovně doporučované zdravotníky (100 - 110 kg na osobu za rok). V posledních pěti letech spotřeba zeleniny mírně poklesla. V průměru EU dosahuje spotřeba zeleniny vyšší úrovně (až 130 kg na osobu za rok).

Předpokládá se, že do roku 2010 se spotřeba zeleniny v ČR bude postupně přibližovat této hodnotě. Podíl zeleniny na celkovém příjmu potravin, který je dnes zhruba 10 %, se tak zvýší nejméně na 15 % (BARTOŠ a kol. 2000).

Nízká spotřeba zeleniny je u nás způsobena zejména pomalým překonáváním konzervativních potravních návyků a nízkým podílem zeleniny ve veřejném stravování. Dále také nedostatečně širokou, ale postupně se zlepšující nabídkou sortimentu a nerovnoměrností přísunu zeleniny na trh během roku. Spotřeba zeleniny je v neposlední řadě ovlivněna spotřebitelskou cenou.

Dnes se stává zelenina každodenní součástí našeho jídelníčku a je jedním ze základních prvků racionální výživy člověka. Obsahuje důležité vitamíny A, B, C, minerální látky a vlákninu. Nejvhodnější je konzum zeleniny čerstvé, ve které jsou všechny cenné látky zachovány v neporušeném stavu. V této formě má vliv na zvyšování funkce nervového systému, tvorbu krve, podporuje trávení a látkovou výměnu organismu. To by mělo být důvodem proto, aby se konzum zeleniny stal každodenním návykem člověka, a aby se zelenina vyznačovala vysokou kvalitou a nepřinášela zdravotní rizika.

Cílem této práce bylo zjišťování obsahu nitrátů v běžných druzích zeleniny a bramborách nabízených obchodní sítí města Rakovníka a tím přispět ke sledování zdravotní nezávadnosti zeleniny distribuované do této obchodní sítě v letech 2004 a 2005.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Význam zeleniny

Hlavní význam zeleniny spočívá v nízkém obsahu energie, vysokém obsahu vitamínů a minerálních látek, přiměřeném obsahu potravinové vlákniny a jiných zdraví podporujících látek. Nezastupitelnou roli mají jako zdroj zásadotvorných prvků (sodík, draslík, vápník, hořčík, železo), čímž vyrovnávají působení kyselinotvorných prvků (fosfor, chlor, síra aj.) a udržují tak acidobazickou rovnováhu v lidském těle. Antioxidanty obsažené v zelenině jsou pro člověka účinným prostředkem v prevenci rakoviny (PELIKÁN a SÁKOVÁ 2001).

Zeleninu jako skupinu užitkových rostlin oceňujeme nejen pro její složení, ale také proto, že se většina konzumuje v čerstvém stavu, bez tepelné úpravy. Její předností také je, že pěstovaných druhů je mnoho (v našich klimatických podmínkách se zeleniny pěstují asi ve 150 druzích, které patří do 12 botanických čeledí) a každý z nich vyniká jinou cennou vlastností. Užitkovou částí jsou různé části rostlin, které se liší svou funkcí i složením - podzemní kořeny a hlízy, nadzemní listy a stonky, rozmnožovací orgány (květy a plody). Zeleniny tradičně rozdělujeme na skupiny, a to na listové, kořenové, luskové, plodové, cibulové a košťáloviny (PEKÁRKOVÁ 2001).

Zdravotní význam zeleniny podle PEKÁRKOVÉ (1992) 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;
- zvyšuje odolnost organismu vůči škodlivým vlivům prostředí a stresům.

Zelenina zabezpečuje více jak polovinu potřebného příjmu vitamínu C a třetinu příjmu vitamínu A, téměř pětinu vitamínu B<sub>1</sub> a jen o trochu méně vitamínu B<sub>2</sub> (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985, PRUGAR 1987).

Poznatky o vlivu potravy na výskyt rakoviny dále ukazují, jak důležitá je pro zdraví pestrost stravy. Zelenina, která mezi ostatními plodinami představuje snad nejrůznorodější škálu chutí, barev, tvarů i složení, přispívá k látkové pestrosti velmi významně. Přitom je její chuťová pestrost přirozená, nevyžadující složitou kuchyňskou úpravu vařením ani silným kořeněním, které může být někdy i zdraví škodlivé. (PEKÁRKOVÁ 1992).

## **2.2 Chemické složení zeleniny a zdravotně významné obsahové látky**

Látkové složení zeleniny má význam pro nutriční a dietickou hodnotu, ale důležité je i pro posklizňové procesy, skladování a zpracování na nejrůznější výrobky. V živých plodinách, jakými jsou ovoce a zelenina, však bývají nalezené hodnoty látkového složení velmi variabilní. Jejich obsah je ovlivněn odrůdovými vlastnostmi, místem pěstování a agrotechnickými podmínkami. Kolísá v závislosti na půdě, klimatu, agrotechnice, hnojení, závlaze, ochraně porostů, popř. i způsobu výsadby (PELIKÁN a SÁKOVÁ 2001).

Hlavní součástí zeleniny je voda (75 až 95 %). V ní jsou rozpuštěny organické a anorganické látky ve fyziologicky přijatelné formě. Z látek, které mají energetickou, tj. výživnou hodnotu, jsou v zelenině obsaženy bílkoviny (průměrně 1 %), cukry neboli sacharidy (5 %) a tuky (0, 2 %). Energetická hodnota zeleniny je tedy malá. V průměru všech druhů představuje hodnotu 107 kJ na 100 g čerstvé hmoty. Z dnešního hlediska není nízká energetická hodnota zeleniny jejím nedostatkem, nýbrž právě předností. Podle moderních poznatků potřebuje člověk získat v potravě denně 6 200 až 20 000 kJ. Zelenina tedy nemůže uspokojit energetickou potřebu člověka. Přitom svým objemem a složením podmiňuje žádoucí pocit nasycení, a proto je důležitou součástí redukční diety. Význam zeleniny jako nízkenergetické potraviny vyplývá zejména ze srovnání s vepřovým masem (900 kJ), moukou (1 400 kJ) nebo sádlem (3 700 kJ) ve 100 g.

Bílkovin je v zelenině málo a jsou to většinou bílkoviny neplnohodnotné. Nejbohatší na bílkoviny je hrášek, fazole, růžičková kapusta, kadeřávek, česnek a petržel.

Tuků je v zelenině ještě méně, ale podílejí se na vytváření chuti i vůně zeleniny tím, že jsou součástí některých aromatických složek.

Jednoduché cukry (monosacharidy), glukosa a fruktosa, jsou obsaženy téměř ve všech druzích zeleniny. Obsah cukrů značně závisí na podmínkách pěstování a na stupni zralosti sklizeného produktu. Mezi složené cukry (polysacharidy) patří inulin, obsažený v druzích čeledi hvězdnicovitých (např. topinambury). Je to látka podobná škrobu, vhodná především pro nemocné cukrovkou. Nejrozšířenější polysacharid škrob je obsažen v semenech zrajících luskovin a zásobních orgánech (hlízách brambor apod.).

Jednou z nejvýznamnějších obsahových složek zeleniny je vláknina. Je prokázáno, že nízká spotřeba vlákniny má souvislost s chorobami zažívacího traktu, ale i srdce a cév, s otylostí a se vznikem zhoubných nádorů. Význam vlákniny spočívá v tom, že škodliviny váže a urychluje jejich odvádění střevy, zkracuje dobu a snižuje intenzitu jejich vstřebávání (PEKÁRKOVÁ 1992).

Komplex vitaminů zeleniny chrání lidský organismus v mnoha směrech, zejména působí proti hypovitaminózám a avitaminózám, některé dokonce působí proti nádorovým onemocněním (tokoferol, kyselina askorbová,  $\beta$  - karoten). Vitamin A a C hrají významnou úlohu před agresivními účinky volných radikálů (PELIKÁN a SÁKOVÁ 2001).

Mrkev patří mezi zeleniny obsahující karoten (provitamin A), který příznivě ovlivňuje látkovou výměnu v těle, posiluje také odolnost těla proti infekčním chorobám. (BABIČKA a POUSTKOVÁ 2005).

Zelenina je bohatá na vitamíny skupiny B. Významný je thiamin (B1), riboflavin (B2), pyridoxin (B6), niacin (B7 = PP) a kyselina listová.

Vitamín C jehož hlavní součástí je kyselina L - askorbová, je důležitý pro prevenci kurdějí a jiných avitaminóz. Zasahuje do syntézy mnoha hormonů, ovlivňuje vstřebávání železa a aktivuje detoxikační systém, kterým se organismus zbavuje cizorodých látek. Účastní se i přeměny cholesterolu na žlučové kyseliny v játrech. Patří mezi ochranné protistresové látky, zvyšuje odolnost proti infekci a má proti kancerogenní účinky (PEKÁRKOVÁ 1992).

Plody papriky jsou ze všech zelenin nejbohatší na vitamin C. K dalším významným dodavatelům vitaminu C patří cibulová zelenina, zejména se vyskytuje v nati. Kromě toho cibule a česnek obsahují látky s významným účinkem proti bakteriím a plísním (PEKÁRKOVÁ a LIŠKA 1997).

CIESLIK (1994) ve svých pokusech prokázal významnou korelační závislost mezi přirozeným obsahem kyseliny askorbové a úrovní nitrátů v bramborové hlíze. Vitamínu C v rostlinách přibývá až do konzumní zralosti, pak jeho obsah klesá.

Dále zelenina obsahuje vitamín E (tokoferol) a vitamín K (fylochinon).

Minerální látky, i když v malém množství, jsou pro lidský organismus nepostradatelné. Zelenina je jejich nejdůležitějším zdrojem a navíc se v ní vyskytují v lehce přijatelných sloučeninách. Zelenina obsahuje v největší míře draslík, dále vápník, hořčík a fosfor. Zelenina zajišťuje člověku také část nutných stopových prvků, především železa a mědi (PEKÁRKOVÁ 1992).

Organické kyseliny se v zelenině vyskytují v menší míře než v ovoci. Působí bakteriostaticky a dodávají plodům typickou chuť. Například v hlíze brambor je jejich průměrný obsah 0,6 % a převážnou část tvoří kyselina citrónová a jablečná (PELIKÁN a SÁKOVÁ 2001).

## 2.3 Produkce a spotřeba zeleniny v ČR

V posledních letech se u zeleniny objevuje vysoký podíl samozásobení. Zvyšuje se podíl zeleniny spotřebované v čerstvém stavu, při dokonalém ošetření a zabalení, z výrobků pak roste spotřeba šťáv, dření a salátů. Klesá spotřeba zeleniny konzervované.

V roce 2002 byla sklizeň zeleniny nejnižší za posledních deset let. Vrcholem rozkolísaného počasí byly povodně, kterými byla zničena či poškozena produkce zeleniny z celkové výměry 1 440 ha. Vlivem extrémního počasí klesla celková produkce o 21 % (BUCHTOVÁ 2003).

Také v roce 2003 měl vývoj počasí negativní vliv na produkci zeleniny. Dlouhotrvající suché a horké počasí způsobilo značné ztráty na výnosech téměř všech druhů zeleniny. Bylo sklizeno v porovnání s nízkou sklizní roku 2002 o 11 % méně (BUCHTOVÁ 2004).

Rok 2004 lze charakterizovat jako složitou sezónu pro pěstitele zeleniny nejen v ČR, ale téměř ve všech stávajících zemích EU. Sklízňové plochy některých druhů zeleniny se v tomto roce po několika nepříznivých letech významně zvýšily a v řadě zemí bylo, vzhledem k příznivému průběhu počasí, dosaženo zejména u košťálové, cibulové a kořenové zeleniny vysokých výnosů. Sklizeň oproti roku 2003 dosáhla nárůstu o 9 % (BUCHTOVÁ 2005).

V roce 2004 byly poměrně velmi příznivé podmínky pro pěstování brambor a to jak raných tak i pozdních konzumních brambor. Byly velmi vysoké výnosy i škrobnatost brambor. Z celkové sklizně brambor (rané a pozdní konzumní a průmyslové) 893,8 tis. t připadlo 580 tis. t na pozdní konzumní brambory a 139 tis. t na rané konzumní brambory. Při započítání produkce samozásobitelů se celková výroba zvýšila mírně nad úroveň 1 mil. t. Celková plocha brambor (rané a pozdní konzumní a průmyslové) dosáhla v roce 2004 v zemědělském sektoru 35 974 ha (SVOBODA 2004).

V návaznosti na problémy předchozího roku došlo v roce 2005 ve většině evropských státech ke snížení pěstebních ploch u nejrozšířenějších druhů zeleniny. V ČR poklesly osevní plochy o 28 % na 8 917 ha. Průběh počasí v roce 2005 byl celkem příznivý pro pěstování zeleniny, i když pozdní jarní mrazy v měsíci dubnu způsobily v některých zelinářských oblastech nemalé škody na porostech zejména raných druhů (BUCHTOVÁ 2005).

Spotřeba zeleniny se v roce 2002 snížila prakticky u všech druhů zeleniny, mírný nárůst spotřeby byl zaznamenán pouze u okurek, papriky, rajčat a salátu (BUCHTOVÁ 2003).

V roce 2003 se průměrná spotřeba zeleniny (včetně zeleninových výrobků) mírně zvýšila. Naopak v roce 2004 došlo k mírnému poklesu celkové spotřeby zeleniny vlivem nižší domácí produkce, poklesu zahraničních dodávek a naopak zvýšení vývozu některých druhů zeleniny (BUCHTOVÁ 2005).

*Tab. č. 1: Spotřeba zeleniny v ČR v hodnotě čerstvé (kg/osoba/rok) podle BUCHTOVÉ (2004)*

Rok	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Spotřeba	74,2	75,8	78	79,5	81,1	82,2	85,3	82,9	82,1	78,7	80	79,8

Vývoj roční spotřeby zeleniny v hodnotě čerstvé (včetně výrobků) podle druhů na jednoho obyvatele v ČR uvádí příloha č. 1.



## 2.4 Dusík v půdě a jeho koloběh v přírodě

### 2.4.1 Koloběh dusíku v přírodě

Dusík je přirozenou součástí přírodního prostředí. Nachází se v atmosféře, v horninách, v půdě, v rostlinných a živočišných organismech (MÍČA, VOKÁL a PENK 1991).

Chemické sloučeniny z těchto abiotických prostředí se dostávají většinou pasivním transportem do rostliny, kde jsou zabudovány v metabolitech rostlin, a po odumření rostliny se zase zpět uvolňují dekompozičními pochody do abiotického prostředí nebo jsou do půdy vylučovány přímo živými kořeny rostlin. Chemické sloučeniny tak kolují mezi živou a neživou složkou biosféry, vznikají koloběhy látek (SLAVÍKOVÁ 1986).

V hydrosféře a v litosféře je zastoupen N velmi málo (0,002 %), zato tvoří 78,08 % troposféry. Vyskytuje se zde však v inertní molekulární formě (N<sub>2</sub>). V mnohem menším množství je v ovzduší přítomen ve velmi reaktivních formách (oxidy, amoniak, dusičnanové ionty). V biosféře je součástí organických látek (především bílkovin a nukleových kyselin). Dusík je často v prostředí limitující živinou. Organismy ho přijímají z prostředí ve formě dusičnanových, dusitanových nebo amonných iontů, ve formě organických látek postupuje potravními řetězci a poslední fázi je mineralizován činností půdních mikroorganismů. Tento proces je vyvážen uvolňováním dusíku a jeho sloučenin při rozkladných procesech (mikrobiální rozklad, denitrifikace) (ŠEBÁNEK 1983).

Rostliny a živočichové přijímají dusík ve formě anorganických (amoniak, dusitany, dusičnany) nebo organických sloučenin (močoviny, proteinů, nukleových kyselin). Anorganický dusík vázaný v tělech primárních producentů přijímají v organické formě konzumenti prvního řádu, z nich konzumenti druhého řádu, atd. Při metabolických procesech je část dusíku vrácena do koloběhu ve formě exkrementů, případně ve formě odumřelých organismů – z těl rostlin i živočichů. Půda obsahuje více než 90 % dusíku vázaného v organických sloučeninách – v humusu. Humus, odumřelá těla organismů i jejich exkrementy využívají heterotrofní bakterie, plísňe a houby, organicky vázaný dusík je mineralizován do formy amoniaku (amonifikace). Amoniak je oxidován nitrifikačními bakteriemi nejprve na dusičnany a posléze na dusitany (nitrifikace).

Při nedostatku kyslíku využívají některé bakterie a houby dusičnany jako zdroj kyslíku, a redukují dusičnany částečně na amoniak a částečně až na plynný dusík (denitrifikace). Procesy nitrifikace a denitrifikace jsou základem plné recirkulace dusíku mezi ovzduším a biotickou složkou ekosystému (RAJCHARD, BALOUNOVÁ, KVĚT, ŠANTRUČKOVÁ a VYSLOUŽIL 2002).

#### 2.4.2 Formy dusíku v půdě

Dusík je zastoupen v půdě jednak ve formě organické, jednak ve formě anorganické. Anorganický dusík se vyskytuje ve formě dusičnanového iontu nebo amonného iontu (ZELENÝ 1993).

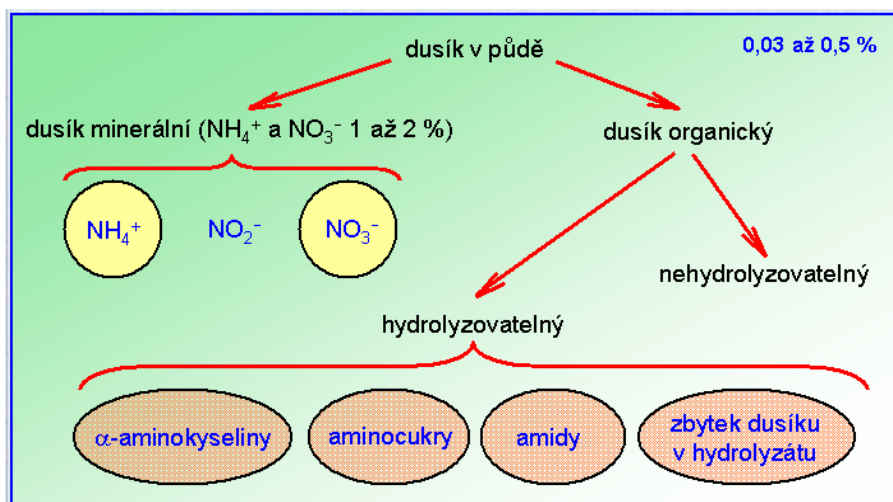
Amonný iont je v půdě zadržovaný sorpčním komplexem půdy. Dusičnanový iont je naopak ve vodě velmi dobře rozpustný a proto se velmi lehko vyplavuje (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Přijatelné formy minerálního dusíku ( $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$ ) ve srovnání s celkovým obsahem dusíku v půdě tvoří pouze nepatrný zlomek (1-2 %). Hlavní část dusíku v půdě je součástí organické hmoty, která je základem biologické aktivity půdy, podléhá neustálé transformaci činností půdní mikroflóry.

Problematika výživy rostlin dusíkem v polních podmínkách je proto neoddělitelná od procesů přeměn organické půdní hmoty, která je hlavním zdrojem (zásobárnou) půdního dusíku (MATULA 1997).

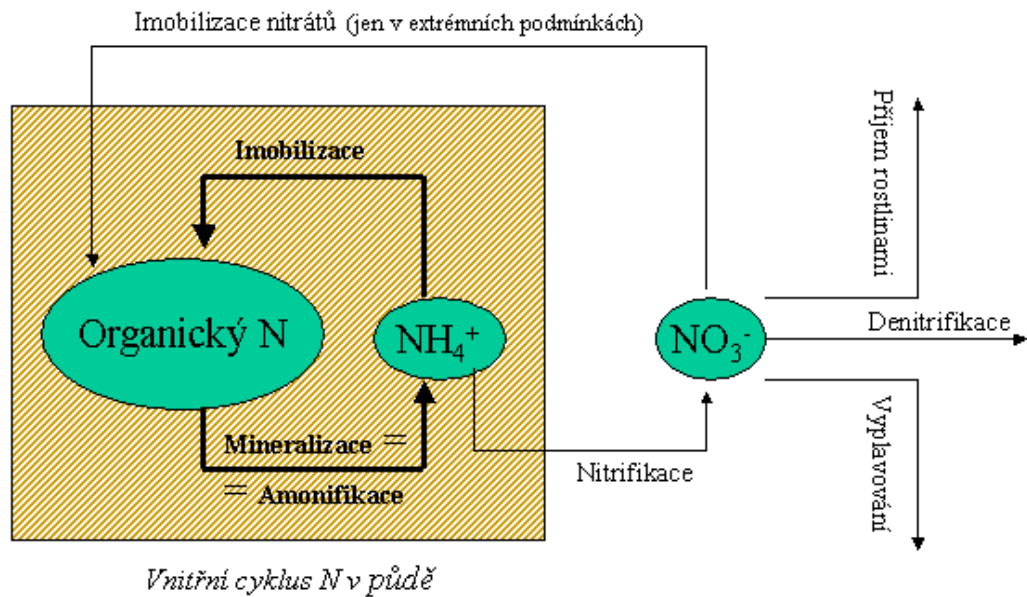
Z hlediska přijatelnosti rostlinami se jeví jako nejsnáze uvolnitelná část N vázaná na aminocukry a dále část N uvolněná ve formě  $\text{NH}_3$  během hydrolyzy (TESAŘ a VANĚK 1992).

Obr. č. 1: Dusík v půdě (podle HEJTMÁNKOVÉ 2003)



### 2.4.3 Koloběh dusíku v půdě

Obr. č. 2: Schéma základních přeměn dusíku v půdě (podle NÁTRA 2002)

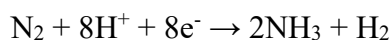


Dusík je v půdě nejpohyblivější živinou. Jeho obsah se také nejvíce mění podle počasí a na něm závislém průběhu rozkladu organických hmot v půdě. Rozklad organické hmoty a uvolňování dusičnanů probíhá hlavně na podzim, kdy je dostatek srážek a teploty jsou ještě dost vysoké (PEKÁRKOVÁ 1992).

Do půdy se dusík dostává jako zdroj výživy pro rostliny různým způsobem.

a) Z **plynných sloučenin dusíku**, obsažených v atmosféře. Tyto plyny vznikají v ovzduší přeměnou atmosférického elementárního dusíku při elektrických výbojích (blescích). Přírodním zdrojem plyných sloučenin dusíku jsou také sopečné plyny (exhalace). V poslední době činností člověka přichází do ovzduší stále větší množství oxidů dusíku, a to v kouřových emisích při spalování tuhých paliv nebo s výfukovými plyny z letadel a aut. Do půdy se plyné sloučeniny dusíku dostávají rozpuštěné ve srážkách (SLAVÍKOVÁ 1986).

b) Významným zdrojem N je **fixace** atmosférického N mikroorganismy. Tato fixace je v podstatě redukce N<sub>2</sub>.

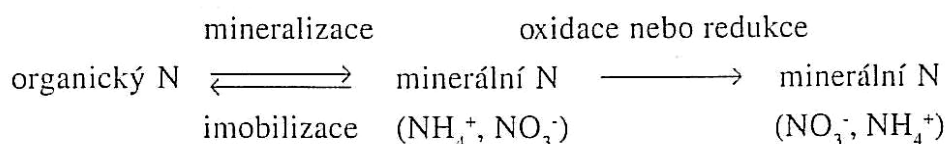


Vytvořený amoniak je bezprostředně vázán na oxokyseliny za vzniku kyseliny glutamové až glutaminu, tedy podobně jako při vázání amoniaku přijatého rostlinou z půdy, nebo po redukcii nitrátů (TESAŘ a VANĚK 1992).

c) Třetí způsob, kterým se dusík dostává do půdy, je **mineralizace** odumřelé organické hmoty rostlinného nebo živočišného původu i odumřelé biomasy mikroorganismů – vazačů dusíku (SLAVÍKOVÁ 1986).

Souhrnně lze říci, že v půdě probíhají tři typy procesů přeměn N. Procesy mineralizace, během kterých se organický N přeměňuje na minerální formy, imobilizace, během které je minerální N spotřebováván rostlinami a jinými organismy a zabudováván do biomasy a oxidace nebo redukce, kdy jsou minerální formy dusíku využívány v energetickém metabolismu (obrázek č. 3).

Obr. č. 3: Základní typy procesů přeměny N v půdě (podle RAJCHARDA 2002)



Na imobilizaci N se podílí kořeny rostlin a půdní organismy, na mineralizaci pouze půdní organismy a půdní enzymy, které jsou do půdy uvolňovány převážně půdní mikroflórou.

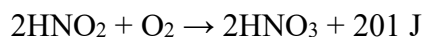
Všechny procesy probíhají v půdě současně a vzájemně na sobě závisí. To jestli převáží v půdě procesy mineralizace nebo naopak imobilizace závisí na zásobenosti půdy N, na poměru C : N v rostlinné biomase a na podmínkách prostředí (RAJCHARD, BALOUNOVÁ, KVĚT, ŠANTRUČKOVÁ a VYSLOUŽIL 2002).

Pokud je poměr C : N užší než 20 : 1, dochází hromadění NH<sub>3</sub> v půdě. Při poměru širším než 25 : 1 nestačí krýt vzniklý NH<sub>3</sub> ani vlastní potřebu N mikrobusů a je spotřebováván minerální dusík půdy. V tomto případě jde o imobilizaci N mikroby např. při zaorávce slámy nebo jiného organického materiálu s širokým poměrem C : N (TESAŘ a VANĚK 1992). Poměr C:N ve stabilizované organické hmotě je okolo 10:1 (BÍZIK 1989).

V biologicky činných půdách podléhá amonný dusík nitrifikaci. Jedná se o biologický proces oxidace amoniaku a jeho solí na dusitany až dusičnany (TESAŘ a VANĚK 1992).

Uvedené procesy zajišťuje speciální skupina mikroorganismů – nitrifikační mikroflóra, která procesem oxidace dusíku získává energii pro své životní pochody (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Reakce probíhají ve dvou fázích a lze je znázornit takto:



(TESAŘ a VANĚK 1992).

V procesech autotrofní nitrifikace rozlišujeme dva základní stupně. V prvním se oxiduje amoniak na dusitany, ve druhém pokračuje oxidace až na dusičnany. Proto se první stupeň nazývá nitritace a druhý nitratace. Každý stupeň samostatně zajišťuje určitá skupina autotrofních mikroorganismů (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Nitrifikace probíhá především v provzdušněných půdách. Kromě  $\text{O}_2$  je limitována teplotou v rozmezí od 5 do 40°C (PLHÁK 1998).

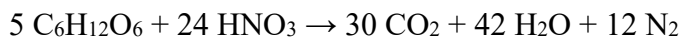
Souhrnně je tedy možné říci, že intenzita nitrifikačních procesů je komplexně formována souborem vlastností půd, a z toho logicky vyplývá, že intenzita tvorby a hromadění dusičnanů je významnou vlastností půdního typu (BIELEK a kol. 1986).

Nitrifikace je přirozený proces v půdách, který však může vést ke ztrátám dusíku (vyplavení i následné denitrifikaci  $\text{NO}_3^-$ ). S ohledem na tyto skutečnosti jsou hledány možnosti omezení a usměrnění (inhibice) nitrifikace různými preparáty, při jejichž použití se mohou snížit ztráty dusíku i omezit hromadění  $\text{NO}_3^-$  v pletivech rostlin (TESAŘ a VANĚK 1992).

Inhibitory nitrifikace jsou látky netoxické, zcela neškodné pro rostlinu i půdu. Jejich účelem je zpomalení přeměny dusíku amonného na nitrátový. Méně pohyblivý amonný dusík se tak udrží i po několik týdnů ve vrchní vrstvě půdy a nedochází k jeho vymývání. Inhibitory nitrifikace se aplikují současně s hnojivý na začátku vegetační doby. Působí jen na minerální dusíkaté sloučeniny, nikoliv na mineralizaci organických látek (FLOHROVÁ 1990).

Vlivem inhibitorů nitrifikace se po určitou dobu v půdě udržuje 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 (LIŠŤANSKÁ a APLTAUER 1989).

Proces, při kterém bakterie oxidují organické látky při současné redukci  $\text{NO}_3^-$  přes  $\text{NO}_2^-$  až na  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  a  $\text{N}_2$  se nazývá **denitrifikace** a lze vyjádřit rovnicí:



(TESAŘ a VANĚK 1992).

Redukční procesy probíhají při nedostatku kyslíku v půdě a denitrifikaci způsobují některé mikroorganismy. Denitrifikace se více uplatňuje při nadbytku vody v půdě a při nedostatku kyslíku (BÍZIK 1989).

Celkově je tedy možno říci, že k vyšší akumulaci dusičnanů dochází především v kvalitních, intenzivně hnojených půdách. Logickou příčinou toho jevu je skutečnost, že půdy obvykle nemají dostatek energie pro navázání jednorázově přidaného většího množství dusíku a proto ho transformují na dusičnany „v naději“, že se ho zbaví vyplavováním nebo denitrifikačními mechanismy (BIELEK a kol. 1986).

## 2.5 Dusík v rostlině

Každá živina má své specifické funkce v rostlinách, které nelze jinými živinami nahradit. Buď jsou „stavebními kameny“ organických látek (sacharidů, lipidů a dusíkatých látek, především bílkovin), nebo jsou nezbytné pro chemické procesy, v nichž se uvedené organické látky tvoří. Dusík (N) je nejen podstatnou složkou bílkovin, ale i enzymů, chlorofylu, vitamínů apod. Podporuje především růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty. Při poruchách tvorby bílkovin se dusík hromadí v nežádoucí nitrátové formě (BAIER a BAIEROVÁ 1988).

Rostliny přijímají živiny jen v určitém poměru a příliš velké množství živin, třeba jen jedné z nich, může rostliny dokonce poškodit. Dusík podmiňuje dostatečný růst, velikost rostlin a vytvoření zelené hmoty (TABACH 1991).

Dusík odpovídá za růst listů, výhonků, což je patrné nejen na velikosti rostlin, ale i na jejich zeleném zbarvení : čím lepší je zásobení dusíkem, tím sytější je zelené zbarvení. (SULZBERGER 1996).

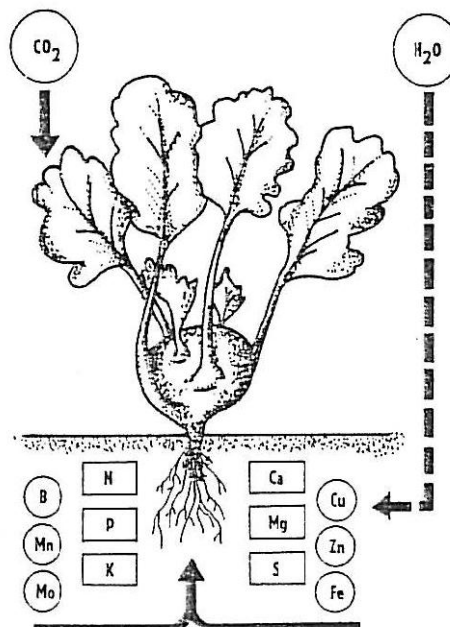
Mají-li rostliny dusíku málo, zakrňují, téměř se nerozvětvuují. Mají méně listů, navíc malých. Stonky zůstávají příliš krátké, trčí vzhůru. Celá rostlina je světle zelená, neboť nedostatek dusíku vede i k nedostatku chlorofylu (HENSELER 1994). Bez dusíku by v rostlinném těle nemohly vzniknout ani mnohé důležité vitamíny a rovněž alkaloidy, jako např. atropin, chinin, kofein, kokain, morfium atd. (SOUKUP a MATOUŠ 1979). 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). Rostliny při nedostatku dusíku dříve zrají, plody jsou malé a je jich málo.

Příznaky nadbytku nejsou tak výrazné jako u nedostatku. Projevuje se příliš bujným růstem tmavozelené listové hmoty a omezenou tvorbou květů a plodů. Kvalita sklizených produktů je snížena zejména v důsledku vysokého obsahu dusičnanů (BAIER a BAIEROVÁ 1988).

Při zvyšujícím se nadbytku dusíku dochází k žlutému lemování okrajů listů až k hnědým nekrózám. Snižuje se obsah cukrů a tuků (TORMA 2005).

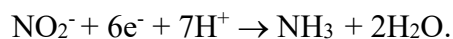
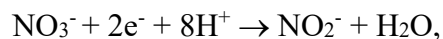
Obr. č. 4: Zjednodušené schéma příjmu živin rostlinou (BAIER a BAIEROVÁ 1988).



Zdrojem minerálního dusíku pro kořenovou výživu rostlin jsou anorganické sloučeniny dusíku, nitráty a amonné soli. Elementární dusík ( $\text{N}_2$ ) vyšší rostliny nemůžou využít přímo. Pouze některé mikroorganismy jsou schopné fixovat  $\text{N}_2$  a dále ho redukovat na amoniak (KOLEK a KOZINKA 1988).

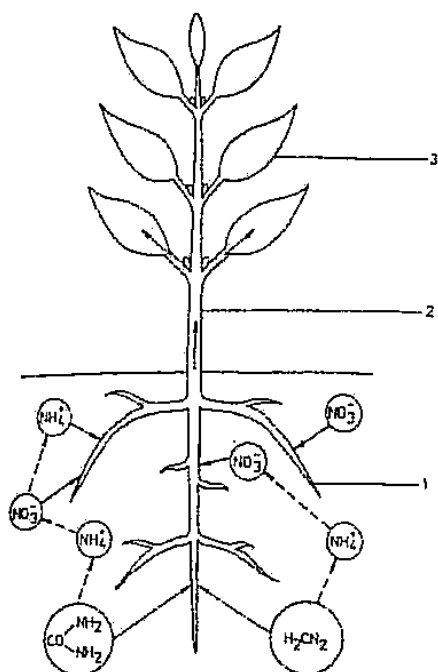
Příjem nitrátů kořeny rostlin a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. V celém procesu utilizace dusíku se jeví jako limitující redukce nitrátů nitrátreduktázou, která je regulována především množstvím přijatého nitrátu. Z toho vyplývá, že základní kontrola asimilace dusíku je hned na úrovni příjmu nitrátů kořeny.

Podle PROCHÁZKY a kol. (1998) je po vstupu do rostlin  $\text{NO}_3^-$  redukován buď ihned v kořenech, nebo až v listech. Redukce  $\text{NO}_3^-$  probíhá ve dvou stupních. Nejprve je enzymem nitrátreduktázou redukován  $\text{NO}_3^-$  za vzniku  $\text{NO}_2^-$ , který je pak nitritreduktázou dále redukován na  $\text{NH}_3$ :



Příjem dusičnanů závisí především na jejich nabídce v přístupné formě v půdě, intenzita redukce vedle aktivity nitrátreduktázy a jiných faktorů také na energetickém stavu rostliny. Pro akumulaci dusičnanů v nadzemní hmotě je důležitý rozsah, v jakém se redukují na amino- a amido- sloučeniny v kořenech (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Redukce dusičnanů na dusitany a amoniak probíhá hned po jejich vstupu do rostlin, především v tenkých kořínkách. Pokud kořeny neobsahují dostatek redukovajících látek, nestačí enzym nitrátreduktáza zredukovat všechny přijatý dusičnanový dusík a ten přechází do nadzemních orgánů rostlin, jak znázorňuje obrázek č. 5, kde redukce může pokračovat. Při nadbytku přijímaných dusičnanů se jen 30-50% z nich redukuje v kořenech a zbytek přechází do osy a listů. Jestliže ani zde není dostatek energie na redukci, hromadí se a kontaminují tak rostlinou hmotu (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).



Obr. č. 5: Metabolismus dusíku v rostlině

(podle PRUGARA a PRUGAROVÉ 1985)

1. **kořeny**: redukce dusičnanů, syntéza aminokyselin a bílkovin,
2. **stonek**: transport a ukládání dusičnanů, aminokyselin a amidů,
3. **listy**: redukce dusičnanů, syntéza aminokyselin, bílkovin a chlorofylu



Redukce probíhá ve všech částech rostliny, převážně ale v listech. Do jaké míry se jednotlivé části rostliny podílejí na redukcí dusičnanů, závisí v první řadě na druhu rostliny a až ve druhé řadě na koncentraci dusičnanů v prostředí a podmínkách stanoviště. Obrovskou roli zde hraje aktivita nitrátoreduktázy. Ta rozhoduje o rozsahu i rychlosti první fáze nitrifikace, která je limitující v celém systému redukce  $\text{NO}_3^-$  na  $\text{NH}_3^-$  v rostlině.

Nitrátoreduktáza je uváděna do vysoké účinnosti světlem, dále je k tomu potřeba dostatek mikroelementů nepostradatelných pro enzymové redukční reakce (Mo, Mn, příp. Fe, Cu, Co, Zn). Aktivita nitrátoreduktázy je v rostlinách zakotvena geneticky, a odtud pramení značné rozdíly mezi druhy a odrůdami rostlin. V mladých listech bývá aktivita nejvyšší, ve starých nejnižší. Nitrátoreduktáza je přizpůsobivým enzymem. Rychlý nárůst či pokles její aktivity (během pár hodin) umožňuje, aby jedovaté zplodiny ( $\text{NO}_2^-$  a  $\text{NH}_3^-$ ) se v pletivech nehromadily. V další fázi se  $\text{NH}_3^-$  zabudovává složitým mechanismem do uhlíkatého řetězce sacharidů a dalších metabolitů za vzniku aminokyselin a jiných dusíkatých organických látek. S tím je také spojen přírůstek organické hmoty v rostlině. Lze tedy vyvodit, že konverze přijatého dusičnanového N na N organický se snižuje tak, jak se rostliny vyvíjí a zvyšuje se podíl starších částí na celkovém výnosu sušiny (KALÁČ a MÍKA 1988).

## 2.6 Zdravotní rizika zeleniny

Zelenina může obsahovat i některé nežádoucí látky, které nazýváme antinutriční. Některé z nich jsou přímými metabolity rostlin nebo určitého rostlinného druhu, jiné se do rostlin dostávají z prostředí, většinou vlivem neuvážené činnosti člověka. Tato druhá skupina jsou vlastně pro rostlinu cizorodé látky. Patří mezi ně především těžké kovy a jiné průmyslové emise a rezidua pesticidů popř. bioregulátorů. Nebezpečí těchto látek se právem zdůrazňuje tím více, čím více stoupá znečištění prostředí (PEKÁRKOVÁ 1992).

Rozhodujícím hlediskem je nejen obsah nutričně hodnotných látek ale i současně vyvážený a dostatečný obsah jednotlivých prvků, které jsou nezbytné pro vyšší živočichy, včetně člověka. Je pochopitelné, že z půdy, vody a ovzduší se do rostlinných produktů a tím do potravního řetězce může dostávat určité množství látek,

kteří jsou nežádoucí a ovlivňují tuto produkci, a ve svých důsledcích i zdraví člověka (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

### 2.6.1 Dusičnany a dusitany

Dusičnany (nitráty) nelze v rostlinách považovat za cizorodé látky, protože jsou jedním z běžných asimilačních produktů všech rostlin. Jejich obsah v rostlinách se pohybuje od stop do 20 000 mg v 1 kg.

Samy o sobě nejsou dusičnany pro člověka toxické. Pouze pro kojence, kteří nemají ještě vyvinutý příslušný ochranný chemismus zažívání, se považuje dávka 5 mg dusičnanů na 1 kg hmotnosti za toxickou. V dutině ústní se však i u dospělého člověka dusičnany redukuje na dusitany (nitrity) a o těch je známo, že mohou v zažívacím traktu podporovat vznik nitrosaminů. To jsou právě látky, jichž se zdravotníci obávají, protože je známa jejich kancerogenost. O podmínkách vzniku nitrosaminů z konzumovaných dusičnanů přes dusitany se však ví poměrně málo. Důležité navíc je, že existují i inhibitory, které vzniku nitrosaminů v těle brání. A jedněmi z nejúčinnějších inhibitorů při vzniku nitrosaminů v lidském těle jsou vitamíny C a E, bohatě obsažené právě v zelenině (PEKÁRKOVÁ 1992).

Dusičnany působením nitrátreduktázy baktérií trávicího traktu se lehce redukuje na značně toxické dusitany. Ty se pak dostávají do krve a oxidují hemoglobin na methemoglobin. Železnaté kationty v červených krvinkách se účinkem dusitanů mění na železité. Methemoglobin na sebe nemůže vázat kyslík, přenos kyslíku krví vážne (hypoxemie), nastává hypoxie, tj. nedostatek kyslíku ve tkáních, příp. anoxie (tkáňové dušení). Nedostatkem kyslíku nejvíce trpí mozek, srdce, plíce, resp. ledviny a játra.

Redukce dusičnanů na dusitany je u monogastrů v celém úseku trávicího traktu až po tračník nepatrná, a tak se dusičnany dostávají do krve jako takové a s močí odcházejí z těla. Jen malá část dusičnanů se redukuje v játrech a z nich ještě menší část se vrací zpět do střeva. V tračníku se zbytek dusičnanů redukuje na dusitany a další produkty mikrobiálního rozkladu. Ty jsou buď absorbovány, nebo vyloučeny s výkaly. Působením dusičnanů se narušuje též účinek adrenalinu, konverze  $\beta$ -karotenu na vitamín A v tenkém střevě a absorpce vitamínu A se účinkem dusičnanů na funkce štítné žlázy snižuje. Ukládání vitamínu A v játrech silně klesá (KALÁČ a MÍKA 1988).

Dusičnany ovšem člověk nepřijímá jenom ze zeleniny. U nás připadá z celkového denního příjmu dusičnanů na zeleninu asi 50 %, na brambory 25 %, na pitnou vodu 10 % a na maso asi 9 % (PEKÁRKOVÁ 1992). Přitom mezinárodní

zdravotnická organizace (WHO – World Health Organisation) považuje za akceptovatelnou denní dávku (ADI) pro dusičnany 0 – 3,7 mg na kg tělesné hmotnosti člověka (kromě kojenců do 3 měsíců věku).

Aktuální obsah dusičnanů v rostlině může sloužit jako kritérium pro posouzení stavu výživy (listová diagnostika). Jestliže se hladiny dusičnanů v potravinách a krmivech rostlinného původu zvýšily, signalizuje to špatné sladění podmínek růstu, zvláště hnojení, s biologickými schopnostmi kulturních rostlin (MÍKA a kol. 1997).

MC KNIGHT a kol. (1999) upozorňuje na skutečnost, že nitráty v potravě mohou mít i terapeutickou úlohu, spočívající především ve snižování rizika onemocnění různými gastroenteritidami. Autoři to objasňují tak, že nitrity, které se dostávají se slinami do žaludku, jsou zde redukovány na oxid dusný a další oxidy dusíku. NO a roztoky acidifikovaných nitritů prokázaly antimikrobiální aktivitu proti celé řadě mikroorganismů. Zejména acidifikované nitrity mají baktericidní účinky na některé druhy gastrointestinálních patogenů, jako je *Yersinia* a *Salmonella*.

BOINK a SPEIJERS (2001) uvádí, že jedovatost dusičnanů je sama o sobě nízká, ale v lidském těle se 5 – 10 % dusičnanů převede do více toxického dusitanu redukcí v ústech nebo zažívacím traktu. Jedovaté účinky dusitanu jsou methemoglobinémie a pokles krevního tlaku. Dusitany indukovaná hypertrofie adrenálního pásma nadledvinek je považována za fyziologické přizpůsobování opakovaným stavům nízkého krevního tlaku a ne jako jedovatý účinek. Důkaz kancerogenity není. To znamená, že běžné příjmy nitrátů nepředstavují hrozbu pro lidské zdraví. Nahodilé vstupy převyšující ADI znamenají zanedbatelné riziko. Nicméně, vysokému příjmu nitrátů po delší dobu bychom se měli vyhnout.

## **2.7 Faktory ovlivňující akumulaci a obsah nitrátů v zelenině**

Obsah dusičnanů v rostlinných produktech ovlivňují všechny zdroje dusíku, které má rostlina k dispozici jak z půdní zásoby, tak z organických a průmyslových hnojiv, z dešťových srážek, ze závlahové vody, vzdušných imisí atd. Rychlost mineralizace dusíku závisí na kvalitě půdní organické hmoty a je ovlivněna způsobem agronomického využití půdy (plodina, meziplodina, úhor) a celým komplexem podmínek stanoviště, působením počasí a kultivačními opatřeními během vegetace. Tyto faktory jsou většinou významnější než samotné dusíkaté hnojení, a to zejména v úrodnějších půdách bohatších na humus (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

WIERZBICKA, KUSKOWSKA a MAJKOWSKA (2000) uvádí, že úroveň nitrátů závisí na druzích, metodě pěstování a skladovacích podmínkách.

Vyšší hladina dusičnanů v rostlinách se vyskytuje za okolností, které stimulují příjem  $\text{NO}_3^-$ , nebo redukují tvorbu sušiny (výnos) (KALACĀ a MĀKA 1997).

K hlavním faktorům patří zejména dle MĀCI, VOKĀLA a PENKA (1991):

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

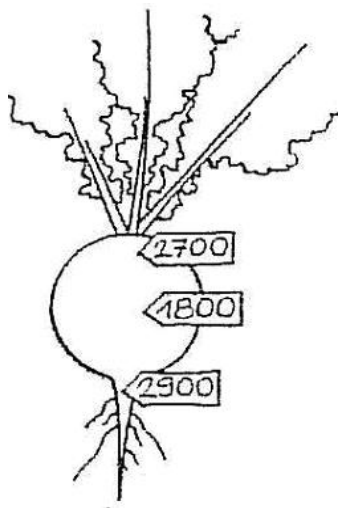
Stoupající obsah nitrátů v rostlinách je dokladem omezené syntézy proteinů (tvorby bílkovin). Svědčí o tom, že rostliny mají relativní nadbytek dusíku, čili že nepřijaly dostatek ostatních živin; světla, tepla či vody, nebo že některý faktor omezuje biologické pochody tvorby organických látek (BAIER a BAIEROVĀ 1988).

### 2.7.1 Vliv druhu a odrůdy

Schopnost rostlin akumulovat dusičnany je do velké míry druhovou a částečně odrůdovou vlastností (BIELEK a kol. 1986). Různé druhy zeleniny ukládají nitráty ve velmi rozdílném množství. I při značném obsahu nitrátů v půdě je tu skupina rostlin, která ukládá poměrně malé množství nitrátů. Sem patří např. rajče, okurky, cibule a luskoviny. Jiné druhy, ke kterým náleží např. květák, mrkev, kedlubny a také brambory, vykazují i při přiměřeném N-hnojení střední obsah  $\text{NO}_3^-$ . Ke kulturám, které mají zpravidla vysoký obsah nitrátů, patří např. salát, špenát, červená řepa a ředkev (FLOHROVĀ 1990).

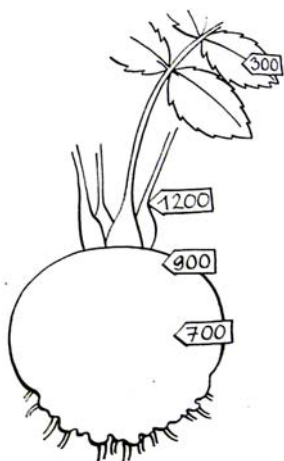
Je zajímavé, že ty druhy zelenin, které měly již dříve velký význam pro lidskou výživu (např. zelí, cibule, suché plody luštěnin) patří k těm, které jsou na dusičnany nejhudší (BAIER a BAIEROVĀ 1988).

Odrůda má pro obsah dusičnanů význam z některých hledisek. Především určuje vnější stavbu rostliny. Rozložení dusičnanů v různých částech rostlin není rovnoměrné, což je patrné z obrázků č. 6 a 7 (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).



Obr. č. 6: Hromadění dusičnanů v rostlině  
(podle PRUGARA 1985)

U ředkvičky je uprostřed bulvičky nižší obsah dusičnanů (1800 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup>) než v její vrcholové části (2700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup>) a v oblasti nasazení kořínku (2900 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup>).



Obr. č. 7: Hromadění dusičnanů v rostlině  
(podle PRUGARA 1985)

U celeru je nejnižší obsah dusičnanů v listech (300 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup>), ale nejvyšší je v oblasti kolem vegetačního vrcholu (900 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup>).

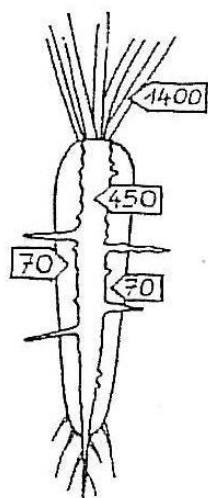
Míra významu odrůdy je spojována nejenom s úrovní výživy, ale i s anatomicou stavbou rostliny (KATHAN 1983 in STRADA a TRUC 1994), s charakterem distribuce a lokalizace přijatých a vydaných látek (TIBENSKÁ a SYNEK 1982 in STRADA a TRUC 1994).

Tab. č. 2: Rozdělení zeleniny podle obsahu dusičnanů (KALINA 1999)

Obsah dusičnanů	Druh zeleniny
velmi nízký (většinou pod 250 ppm)	chřest, fazole, hrách, rajčata
nízký (většinou pod 500 ppm)	květák, okurky
střední (většinou pod 1000 ppm)	zelí, mrkev
vysoký (většinou pod 2000 ppm)	pór, reveň
velmi vysoký (často nad 2000 ppm)	červená řepa, salát, špenát

Nejvíce jsou dusičnany nahromaděné tam, kde je vysoký podíl xylémových vodivých pletiv a kde jsou dokonale vyvinuté vakuoly. Orgány zabezpečující transport živin v rostlině se tedy vyznačují vyšším obsahem  $\text{NO}_3^-$ , než části sloužící pro asimilaci, generativní orgány a plody. Je tedy důležité, které části rostliny jsou určeny pro konzum. Nejvyšší koncentrace dusičnanů bývá v žilkách listů, ve stopkách, stoncích a v košťálech. Nižší koncentrace bývá v listových čepelích a plodech. Ve slupkách a povrchových vrstvách plodů však bývá koncentrace dusičnanů výrazně zvýšená (BIELEK a kol. 1986). Proto jsou největší problémy se zeleninou kořenovou, listovou a košťálovinami (FLOHROVÁ 1990).

U kořenové zeleniny je po celou vegetaci vyšší obsah dusičnanů v nati než v kořeni. Zajímavé je zjištění, že při nadměrném „nezpracovatelném“ množství dusíku již nestačí „kumulační centra“ a dusičnany se pak hromadí i v těch částech rostliny, kde normálně bývá koncentrace nízká (BAIER a BAIEROVÁ 1988).



Obr. č. 8: Hromadění dusičnanů v rostlině  
(podle PRUGARA 1985)

U mrkve je nejnižší obsah dusičnanů v periferní části ( $70 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ), vyšší je ve středu kořene ( $450 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a nejvyšší v listových řapících ( $1400 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Příčinou mezidruhových rozdílů v obsahu dusičnanů v zelenině je rozdílnost v různé geneticky fixované aktivitě nitrátoreduktázy (KOWAL a BURKER 1981 in SKUPINOVÁ 1998).

Statisticky neprokázané odrůdové rozdíly jsou u těch druhů zelenin, kde přirozený obsah dusičnanů je nízký. U druhů charakteristických intenzivnější kumulací  $\text{NO}_3^-$  jsou rozdíly ve vzájemném vztahu s morfologickými znaky. Například zelené lusky fazole mívají vyšší obsah dusičnanů než žluté lusky. Lépe vybarvené kořeny mrkve mívají nižší obsah  $\text{NO}_3^-$ . V rychlené zelenině, zejména u kedluben, salátu a ředkviček, se odrůdové rozdíly často potlačují. Poměrně velké rozdíly v obsahu dusičnanů můžeme zaznamenat někdy u jedinců pěstovaných na stejném pozemku, a to i v případě malých půdně vyrovnaných parcel. Uplatňují se zde vlivy různé velikosti a vývojového stádia v čase sběru, vlivy momentálních meteorologických podmínek a termín sběru v průběhu dne. Všechny tyto faktory vnějšího prostředí mohou hladinu dusičnanů ovlivnit do takové míry, že se odrůdový charakter vůbec neuplatní (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Na celkové proměnlivosti v obsahu dusičnanů se odrůdy podílejí jen asi z 15 %. Odrůda tedy není rozhodujícím faktorem ovlivňující konečný obsah dusičnanů (PEKÁRKOVÁ 1992).

### 2.7.2 Vliv ročníku, světelné, tepelné a vlhkostní poměry

Značný vliv na hromadění nitrátů v rostlinách mají vnější podmínky, hlavně světelné a teplotní. Obecně špatné růstové podmínky zvyšují obsah nitrátů – rostlina v důsledku omezeného růstu nemůže využít přijatý dusík v procesu fotosyntézy (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

TRÁVNÍK (2005) zjistil, že při sledování vnosu živin atmosférickými srážkami byla patrná vyšší dodávka nitrátového dusíku, v polovině případů okolo 20 kg na hektar ročně.

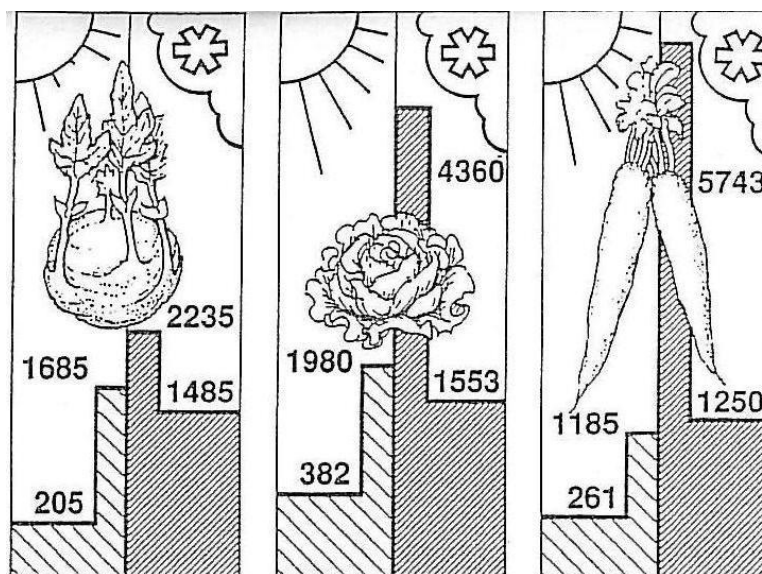
BERÁNEK a KLEMENT (2001) odvodili nepřímou závislost obsahů dusičnanů v hlízách brambor na množství srážek (vyšší obsahy při malých srážkách a naopak); závislost na průměrné teplotě je přímá (vyšší obsahy při vyšších teplotách), ale až druhořadá, protože teploty v tomto vegetačním období jsou odrazem množství srážek (poměru srážkových a slunečních období).

Obsah dusičnanů v rostlinách závisí na intenzitě světla a teplotě. Čím více světla a čím vyšší teploty (léto), tím více se přemění dusičnanů na bílkoviny. V zimě jsou

obsahy dusičnanů v důsledku méně světla vyšší a velmi vysoké v listové zelenině ze skleníku (konstrukce skleníku a sklo snižují dodatečně využití světla). To bychom měli zohlednit při hnojení. Přeměna dusičnanů na bílkoviny závisí na fotosyntéze. Protože tento proces probíhá pouze za světla, nemůžou se dusičnany v noci přeměnit. Proto je obsah dusičnanů u listové zeleniny v ranních hodinách vyšší než večer (KALINA 1999).

Pro aktivitu enzymu nitrátreduktázy je jednou z rozhodujících podmínek světelné záření. Je-li záření nedostatek, popř. nižší teplota, tedy celkově nižší přísun energie, omezují se procesy a místo přeměny  $\text{NO}_3^-$  dochází k jeho kumulaci (FLOHROVÁ 1990).

Obr. č. 9: Vliv slunečního záření na obsah nitrátů (v  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) v zeleninách – uvedené hodnoty uvádějí zjištěný rozsah (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).



BAKOWSKI, MICHALIK a HARBOWICZ (1996) ve svých pokusech zjistili, že průměrná koncentrace nitrátů ve špenátu byla 6-krát vyšší při podzimním pěstování, než ve špenátu pěstovaném na jaře.

Není-li ve fotosyntetickém mechanismu něco v pořádku, a to vinou nevyhovujících světelných, tepelných či vlhkostních podmínek, nadbytkem některých živin nebo naopak jejich nedostatkem, např. některého stopového prvku, potom vznikají předpoklady na zvýšení akumulace dusičnanů. Obsah těchto látek je tedy i jakýmsi indikátorem zdravotního stavu rostliny (BIELEK a kol. 1986).



Nedostatek vláhy při vyšších teplotách vede k akumulaci dusičnanů v rostlinách. Pokud po období delšího sucha přijde vydatný déšť, rostlina přijímá nahromaděné dusičnany ve velkém množství (KALAC a MÍKA 1997).

PECHOVÁ a kol. (1998) pozorovala ve svých pokusech v letech 1982 – 1993 výrazné zvýšení hodnot obsahu dusičnanů u hlávkového zelí při dešťových srážkách v dnech odběru vzorků. Mrkev obsahovala v suchém a slunečném létě nižší obsah dusičnanů než na podzim. Z těchto výsledků autoři dospěli k závěru, že množství slunečního svitu a srážek v období před sklizní mohou být často důležitějšími faktory než hnojení.

### 2.7.3 Stanovištní podmínky

Velmi důležitá pro úspěch je už sama lokalita. Zelenina se u nás dá pěstovat téměř všude s výjimkou horských poloh. Podle nadmořské výšky, ale také podle svažitosti, orientace ke světovým stranám, chráněnosti či otevřenosti pozemku, oslunění a podle základní charakteristiky půdy a jejího vodního zásobení je nutno uvážit, kterým druhům budou příslušné podmínky vyhovovat a které naopak je nutno předem z pěstování vyloučit. Takovým rozhodnutím si ušetříme nejenom mnoho zklamání z nízkých výnosů a špatné kvality, ale také mnoho práce a nákladů s bojem proti faktorům, které by v jiných, pro příslušnou zeleninu optimálních podmínkách, vůbec nepřišly v úvahu (PEKÁRKOVÁ 1992).

Také půdní druh bychom měli zohlednit. Písčité půdy mají vysoký podíl hrubých pórů, které jsou zpravidla zaplněny vzduchem, který podporuje intenzivní přeměnu organické hmoty a tím tvorbu dusičnanů (KALINA 1999).

Na těžké půdě je malá pravděpodobnost, že se propojí půdní vláhá s hladinou spodní vody, a proto je také podstatně nižší riziko ztrát nitrátového N vyplavováním (ČERNÝ, KŘOVÁČEK a VAŠÁK 2006).

### 2.7.4 Vliv hnojení

Jedním z faktorů, který může podstatně ovlivnit akumulaci dusičnanů v rostlinách, je způsob aplikace dusíkatých hnojiv. Perspektivní jsou způsoby které více odpovídají skutečné potřebě rostlin. Lokální hnojení je vhodné především u kultur s velkými vzdálenostmi mezi řádky, tj. od 35 cm, a s delší vegetační dobou. Snížení obsahu dusičnanů u některých druhů a odrůd zeleniny při lokálním hnojení může být podobné jako při použití inhibitoru nitrifikace. Při plošném hnojení je většinou vyšší

korelace mezi vzrůstající dávkou dusíkatého hnojiva a hromadění dusičnanů než při hnojením lokálním (PRUGAR a HADAČOVÁ 1996).

Nesmí se zapomenout na to, že dusíkem nehnojíme půdu, ale rostlinu. Znamená to, že dusíkatá hnojiva se musí přednostně aplikovat v období intenzivního vývoje a růstu plodin. Rostlina intenzivně roste a odčerpává dusík z půdy. V opačném případě zůstává hnojený dusík v půdě nevyužitý a transformuje se na dusičnany (PEKÁRKOVÁ 1992).

Snížením obsahu dusičnanů lze docílit také použitím pomalu působících hnojiv, která zabráňují nežádoucí vysoké koncentraci dusíku na počátku vegetačního období a přitom zajišťují jeho dostatečný a pozvolný přísun až do pozdních vegetačních fází (PRUGAR a HADAČOVÁ 1996).

### ***Vliv minerálního hnojení:***

Podle BROWNA (1999) se nitrátový dusík podílí na celkovém přijatém dusíku rostlinou více než z 90 %.

Je známo, že dusík se ze všech živin nejvíce podílí na zvyšování výnosů. To svádí pěstitele k důkladnému dusíkatému hnojení, popř. ještě k přihnojování. Výnosy plodin stoupají však se stoupajícím zásobením dusíkem jen do určité hranice. Dalším dusíkatým hnojením se už výnosy nedají zvýšit a dokonce klesají. Nevyužitá hnojiva, zejména snadno pohyblivá dusíkatá, se pak vlivem srážek a závlahy vyplavují do spodních vod. Je zjištěno, že rostliny odčerpávají v průměru asi 100 kg čistého dusíku z 1 ha za rok. Musí se přitom brát v úvahu ovšem i dusík, který je v půdě jako zásoba z dřívějších. Pochází částečně z hnojiv, většinou však z mineralizace (PEKÁRKOVÁ 1992). Hnojení zeleniny dusíkem podle skutečné potřeby rostlin je předpokladem pro omezení všech nepříznivých následků přehnojení (FLOHROVÁ 1990).

Otázky zvýšeného obsahu dusičnanů v některých zeleninových druzích a v rostlinných produktech jsou někdy všeobecně zjednodušované jen na otázky aplikace průmyslových dusíkatých hnojiv (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

KALEMBASA a DESKA (1996) prokázali, že vyšší obsah nitrátů obsahoval salát při použití dusičnanu sodného než při hnojení kompostem nebo chlévským hnojem.

V prvé řadě je třeba věnovat velkou pozornost správné velikosti dávky dusíku. Dusík je třeba aplikovat v dávkách odpovídajících půdně-ekologickým podmínkám a druhu pěstované plodiny (MALÝ 2001). Vysoké, jednorázové dávky N-hnojiv, mohou vést u rostlin k akumulaci nitrátů. Dělené dávky, zejména na lehčích půdách, mohou

rostliny lépe využít a nebezpečí vymývání i akumulace nitrátů se snižuje (FLOHROVÁ 1990).

Nejlépe ve vztahu k půdě a maximální účinnosti a využití dusíku bez zbytkového dusíku fungují dusíkatá hnojiva ledkového typu s vysokým podílem nitrátového dusíku (SLÁMA 2005).

Úlohu zpomaleného dodávaného dusíku mají také hnojiva s inhibitory nitrifikace, které zpomalují proces přeměny na zmíněné lehce přístupné dusičnanové složky. Vyrábějí se v různých formách poměru základních živin NPK a MgO a živiny uvolňují od 2 až 3 měsíců až po 2 roky. Vyšší teploty působení inhibitorů nitrifikace urychlují a nižší teploty naopak zpomalují (PEKÁRKOVÁ 1992).

BÁRTA a DIVIŠ (2000) vzhledem ke snížení rizik zvýšené kumulace dusičnanů v hlízách brambor doporučují dávku dusíku nepaušalizovat, ale upravit podle obsahu anorganického dusíku v půdě (v profilu 0-20 cm) na jaře před výsadbou, zohlednit ve vztahu k pěstované odrůdě, především k délce její vegetační doby, vycházet ze znalosti místních podmínek a v neposlední řadě věnovat se péči o funkčnost asimilační plochy, především zabránit jejímu předčasnému zničení plísní bramborovou.

#### ***Vliv organického hnojení:***

Hladina dusičnanů výrazně stoupá zpravidla v prvních dvou týdnech po aplikaci dusíkatých hnojiv, zvláště při dávkách nad 100 kg N.ha<sup>-1</sup> a při nedostatku ostatních živin (P, K, Mo, Mn, S, B), po plodinách vydatně hnojených organickými hnojivy nebo po plodinách, které v půdě zanechávají větší množství dusíku (KALÁČ a MÍKA 1997).

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 (PEKÁRKOVÁ 1992).

Na základě přesných experimentů i mnohých zkušeností z praxe možno konstatovat, že organické formy výživy zeleniny a brambor dusíkem jsou v převážné většině případů z hlediska akumulace dusičnanů příznivější než minerální. Ve statkových hnojivech jsou přítomny látky, které do určité míry plní funkci přirozených inhibitorů nitrifikace (PRUGAR a HADAČOVÁ 1995).

Výhodou organických hnojiv je pomalejší uvolňování N z organických materiálů, menší vymývání nitrátů, zlepšení půdní struktury; mohou být zdrojem

stopových prvků aj. (FLOHROVÁ 1990).

Při hnojení organickými hnojivy je třeba dávky dusíku snižovat (BIELEK a kol. 1986).

Základem všech hnojařských opatření musí být pravidelné rozборы půd. Každé přehnojení nebo jednostranné zásobování živinami, zejména dusíkem, snižuje kvalitu a trvanlivost získaných produktů a ohrožuje navíc podzemní vody (FLOHROVÁ 1990).

Stav půdní zásoby dusíku se dnes v zelinářské praxi nejčastěji stanovuje laboratorně tzv.  $N_{an}$  testem (dříve  $N_{min}$  test). Udává obsah anorganicky (tj. minerálně) vázaného dusíku. Za optimální zásobu minerálního dusíku se považuje hodnota do 40 mg N na 1 kg půdy (PEKÁRKOVÁ 1992). Díky tomu dostávají rostliny odpovídající dávku v určitém termínu, což je nejen hospodárné, ale i šetrné vůči přírodě. Při stanovení dávky je třeba do výpočtu zahrnout celkovou bilanci dusíku, tedy:  $N_{min}$  v půdní zásobě, dodatečný přísun z organické hmoty v půdě (posklizňové zbytky, humus), odběr rostlinami, obsah N-látek v závlahové vodě (FLOHROVÁ 1990).

### 2.7.5 Sklizeň

Z praktického hlediska je důležitá doba sklizně. Nižší obsahy nitrátů obsahuje zelenina sklizená v plné konzumní zralosti, zatímco rychlená a velmi raná má vyšší obsah. Podobně zelenina sklizená v odpoledních hodinách vykazuje nižší obsahy nitrátů, zvláště za slunečního počasí (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

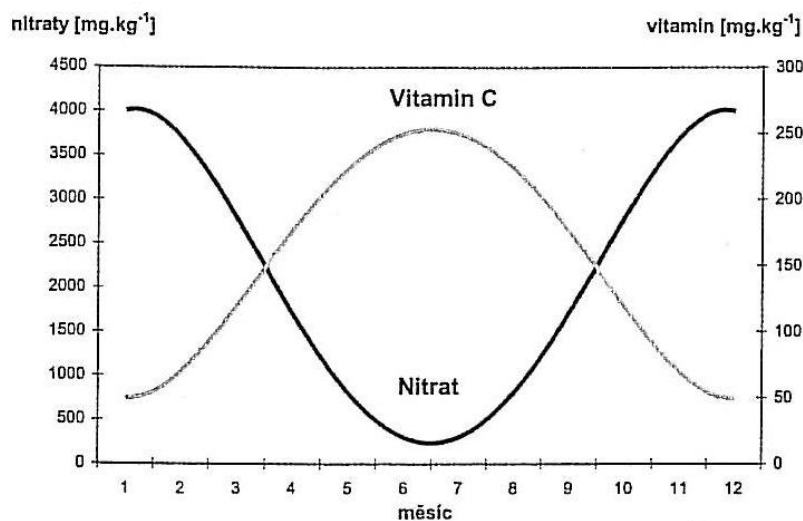
Obsah dusičnanů se totiž mění i v průběhu dne, a to v závislosti na denní periodicitě transpirace. Maximum je jich do nadzemních orgánů transportováno kolem poledne, minimum v nočních hodinách (KALAČ a MÍKA 1988).

AMR a HADIDI (2002) v pokusech zjistili, že zeleniny sklizené 4 – 5 týdnů po dusíkatém hnojení, a ty vzrostlé na polích měly nižší obsah nitrátů než ty sklizené dříve, nebo pěstované ve skleníku. Vzorky zeleniny sklizené v dubnu až květnu měly významně vyšší dusičnanový obsah než ty sklizené v červnu.

Pochopitelně vyšší obsahy nitrátů vykazují zeleniny rychlené a velmi rané, které byly pěstovány za méně příznivých světelných podmínek a brzo sklizeny. Dokumentuje to schématické znázornění změn obsahu nitrátů a vitamínu C v salátu během roku (obrázek č. 10).

Obr. č. 10: Změny obsahu nitrátů v hlávkovém salátu během roku

(VANĚK a TLUSTOŠ 1999)



PREMUZIC, VILELLA, GARATE a BONILLA (2003) ve svých pokusech zjistili pozitivní korelaci mezi váhou rostliny a obsahem dusičnanů a negativní korelaci mezi váhou rostliny a vitamínem C.

Z hlediska sklizně rychlené zeleniny ověřovalo více autorů možnost, zda vyloučením přísunu dusíku zelenině v živném roztoku krátce před sklizní lze dosáhnout výrazného snížení obsahu nitrátů bez podstatného poklesu výnosů. Z výsledků pokusů lze vyvodit, že přerušení příjmu dusíku po dobu několika dnů před sklizní vedlo k výraznému poklesu obsahu nitrátů. Podle těchto výsledků je tedy možné vypěstovat zeleninu s nízkým obsahem nitrátů, aniž by tím utrpěl podstatně výnos (FLOHROVÁ 1990).

Samozřejmostí je rovněž šetrný transport a veškerá manipulace se sklizenou zeleninou až do jejího prodeje (FLOHROVÁ 1991).

### 2.7.6 Uchování zeleniny

Nejvhodnější je zelenina čerstvá, protože se v ní nejlépe uchovají biologicky významné složky. V našich klimatických podmínkách máme však k dispozici čerstvou zeleninu jen po několik měsíců v roce. Abychom zachovali její výživnou hodnotu pro delší období, musíme volit vhodný způsob uchování. Na způsobu uchování velmi záleží, protože i správně vypěstovanou kvalitní zeleninu můžeme špatným uskladněním znehodnotit.

Při krátkodobém uchovávání po dobu několika dnů až týdnů je pro většinu druhů nejvhodnější zeleninu navlhčit a uložit do polyethylenového obalu do chladničky při

teplotě 2 - 4 °C. Chlad je důležitý nejen proto, aby se zabránilo mikrobiální zkáze a aby byly zachovány biologicky cenné látky, ale také proto, aby v zelenině nedocházelo k přeměně dusičnanů na nebezpečné dusitany. Dusitany mohou totiž vznikat z dusičnanů nejenom v zažívacím traktu, ale také po sklizni přímo v rostlinách, pokud jsou nevhodným způsobem transportovány, uchovávány a zpracovávány. Nevhodné je hlavně delší uchovávání při vyšších teplotách (PEKÁRKOVÁ 1992).

ROGOZINSKÁ a kol. (1996) ve svých pokusech pozorovala změny obsahu nitrátů v hlízách brambor během šestiměsíčního skladování. Během skladování při teplotě 4 °C a 95 % relativní vlhkosti došlo k poklesu obsahu nitrátů o 12,8 – 20,9 %.

Zeleninu určenou ke skladování nesmíme přihnojovat dusíkem ani organickými hnojivy. Nadbytečná zásoba dusíku a tím zvýšený obsah nitrátů váže totiž větší množství vody v produktu a zvyšuje náchylnost k hnilobám. Zelenina pro skladování se musí včas a šetrně sklídit, protože každá rána je vlastně vstupní branou pro infekci. Zelenina pro skladování má být dobře vyvinutá, ale nepřežralá a vždy suchá. Optimální teplota skladování záleží na druhu zeleniny, ale nemá obecně převyšovat 4 až 5 °C. Pouze plody teplomilných druhů, které se ostatně dají skladovat jen krátkodobě, vyžadují teplotu vyšší (PEKÁRKOVÁ 1992).

### 2.7.7 Způsob potravinářského a kuchyňského zpracování

Při dodržení veškerých zásad šetrné manipulace s použitím správné technologie můžeme u původní kvalitní suroviny udržet obsah dusičnanů i dusitanů na přípustné hladině nebo ho dokonce i výrazně snížit (PRUGAR a PRUGAROVÁ, 1985).

MARKOVSKÁ, KOTKOVSKÁ a FURMÁNEK (1995) zjistili, že se tepelným zpracováním zeleniny redukovala úroveň nitrátů asi o 50 % a ztráta nitritů dosáhla dokonce 100%.

Při mechanické úpravě zeleniny (odstraněním nejedlých částí rostlin a některých částí s vysokým podílem nitrátů) lze dosáhnout snížení obsahu nitrátů, a to v rozmezí 40 – 60 % z původní hodnoty.

Nebezpečí zvýšeného obsahu dusičnanů nastává při nesprávném uchování mražených a konzervovaných výrobků před nebo po kuchyňském zpracování.

V průběhu konzervářského zpracování zeleniny se obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> může významně snížit např. umýváním a blanšírováním. Udává se, že u špenátu se takto může docílit snížení obsahu dusičnanů až o 40 - 60 %, v čerstvé řepě o 3 %. Velikost tohoto snížení je závislá na teplotě a času blanšírování. Podobně je to i při kuchyňském

zpracování zeleniny vařením, kdy rozpustné soli včetně dusičnanů přecházejí do výluhu. Při intenzivním praní a zejména při vyluhování do vývaru nebo do blanširované vody však dochází nejenom k úbytku nežádoucích dusičnanů, ale i zároveň i mnohých nutričně pozitivních látek, jako jsou vitaminy, minerální látky, některé sacharidy atd. (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

U značně labilního vitamínu C činí snížení na 40 %, u vitamínů B na 70 %, u ostatních na 50 % až 90 %. U minerálií je průměrné snížení na 45 – 75 %. Na druhé straně se však zpracováním zvyšuje využitelnost řady jiných složek, například bílkovin, polysacharidů a dalších (PEKÁRKOVÁ 2004).

JAWORSKA (2005) uvádí, že ve srovnání s dvouminutovým blanširováním, vaření suroviny po čtyři minuty před konzervací přispělo zřetelně k většímu snížení obsahu dusičnanů. Předběžně upravená surovina obsahovala menší množství nitrátů (4 – 14 %) a dusitanů (0 – 16 %). Po jednoletém uskladnění konzervované produkty obsahovaly menší množství nitrátů než zmrazené zeleniny.

## 2.8 Omezení množství nitrátů v zelenině

Obsah dusičnanů v zelenině lze snížit šetrným dusíkatým hnojením a správnou dobou sklizně. Z vlastní zahrady by se měla zelenina připravovat pokud možno čerstvá a zelenina s vysokým obsahem nitrátů by se neměla ohřívat (KALINA 1999).

Jako hlavní zásada pro výrobu zeleniny se sníženým obsahem dusičnanů se uvádí přednostně pěstovat odrůdy se sníženou schopností akumulace dusičnanů. U druhů, kde je tato vlastnost vyvinutá ve zvýšené míře (listová zelenina, kedlubna, ředkvička apod.), je třeba přehodnotit nynější agrotechnické zvyklosti a to i za cenu nižší úrody (což ovšem nemusí být pravidlem) (BIELEK a kol. 1986).

Pro snížení dusíku v půdě a rostlině KALINA (1999) doporučuje:

- pěstování zeleniny na plně osluněných záhonech
- hnojení dusíkem podle potřeby rostlin
- vyzrání kultur do plné zralosti
- sklizeň ve večerních hodinách, respektive přímo před přípravou
- odstranění košťálů a listové nervatury
- vaření a blanširování
- nevyužívat vodu po uvaření zeleniny

Dle **BAIERA** a **BAIEROVÉ** (1988) bychom měli dodržovat následující zásady:

- nehnojit jednostranně a nadměrnými dávkami dusíku, ale dbát na to, aby rostliny měly k dispozici i ostatní potřebné živiny včetně mikroelementů tak, jak to jednotlivé druhy vyžadují; při hnojení se řídíme doporučenými dávkami a berme v úvahu i zásobu přístupných živin v půdě
- máme-li možnost, kontrolujeme výživný stav rostlin anorganickým rozbořem
- dusík v průmyslových hnojivech použijeme v menších oddělených dávkách, zejména ty formy, které obsahují nitrátový dusík (ledek vápenatý, ale i ledek amonný s vápencem či kombinovaná hnojiva)
- použijeme komposty z materiálů bohatých na uhlík (zbytky rostlin, rašelina, sláma, odpad listí, kůry, apod.), které snižují hromadění dusíku v rostlinách, neboť nadměrný dusík v půdě poutají do pozvolna působících forem
- omezíme rychlení pod kryty, zejména pod méně propustnými fóliemi, kde nedostatek světla, zejména v zimním a jarním období, vede k hromadění dusičnanů v rostlinách

Nevhodným uložením zeleniny se může obsah dusičnanů a dusitanů zvýšit, vhodnou kuchyňskou úpravou nebo konzervováním naopak snížit (**PEKÁRKOVÁ** 1992).

Pro zachycení dusíku v půdě přes zimní období se doporučují „záchytné plodiny“, mezi které patří ředkev olejná, odrůda Pegletta, u které se udává schopnost odebrat za toto období až 350 kg N.ha<sup>-1</sup>; tento dusík nemůže proto již podlehnout vyplavování a na jaře po zapravení ředkve do půdy před výsevem nebo výsadbou hlavní plodiny je opět k dispozici pro tuto plodinu.

Bylo prokázáno, že plochy ponechané na úhor, mohou být zdrojem zatížení nitráty pro podzemní vody. Proto platí zásada – udržovat půdu celoročně pod vegetačním krytem a tím zabránit unikání N do podzemních vod (**FLOHROVÁ** 1991).

Technologické postupy je nutné v konzervárnách zdokonalit tak, aby úbytek dusičnanů přicházejících v surovině byl co nejvyšší. Intenzivní praní a blanšírování může mít významný účinek. Mělo by se přihlížet na nerovnoměrné koncentrační rozložení dusičnanů v různých částech rostlin. Týká se to zejména specializovaných výrobků, jako je dětská a dietní výživa (**PRUGAR** a **PRUGAROVÁ** 1985).



### 3 LEGISLATIVA

Snad nejnápadnějšími změnami jakosti v obchodní síti může procházet právě čerstvé ovoce a zelenina. Je to dáno jejich charakterem čerstvé, dlouhodobě neúdržné potraviny, kterým se ne vždy věnuje v obchodech patřičná pozornost. Navíc jsou to změny jakosti velmi rychlé a transparentní. Z tohoto důvodu je důležité pravidelně kontrolovat jakost ovoce a zeleniny, která přichází na náš trh. V České republice kontrolu jakosti a zdravotní nezávadnost čerstvého ovoce a zeleniny vykonává Česká zemědělská a potravinářská inspekce. Její oprávnění pro tuto činnost je dáno zákonem č.146/2002 Sb. o státní zemědělské a potravinářské inspekci a o změně některých souvisejících zákonů, a dále především zákonem č.110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích, a jeho prováděcími předpisy. Tato kontrola je zaměřena na obsah cizorodých látek, mezi které řadíme i dusičnany (POKORA 2002).

V zeleninových výpěstcích je však za cizorodé látky označovat nelze, protože jsou produktem normálního metabolismu rostliny. Nejsou tedy cizorodou látkou rostlinných pletiv, ale 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 sklizni nadměrná a přesahuje určitou mez, stávají se dusičnany látkou nežádoucí. Proto je třeba při pěstování zeleniny řídit se zákonem č.252/1997 Sb. o zemědělství. Jedním z účelů tohoto zákona je vytváření podmínek pro zajištění schopnosti českého zemědělství zabezpečit základní výživu obyvatel, potravinovou bezpečnost a potřebné nepotravinářské suroviny; a hlavně zákonem č.156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd.

Požadavky na čerstvé ovoce a zeleninu jsou zakotveny ve vyhlášce č.157/2003Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování. A dále normami jakosti pro čerstvou zeleninu (ČSN), které byly v minulých letech v podstatě zharmonizovány s normami EU. Povinnost dodržení požadavků na jakost čerstvé zeleniny, stanovených uvedenými normami vyplývá ze zákona č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích. Bezpečnost výrobků uváděných na trh zajišťuje v souladu s právem Evropských společenství zákon č.102/2001Sb. o obecné bezpečnosti výrobků. Za bezpečný výrobek se považuje výrobek splňující požadavky zvláštního právního

předpisu (v našem případě č. 110/97Sb.), který přejímá právo Evropských společenství a kterým se stanoví požadavky na bezpečnost výrobku nebo na omezení rizik, která jsou s výrobkem při jeho užívání spojena (EPIS – Ekonomicko-právní informační systém).

V osmdesátých letech byla u nás věnovaná velká pozornost hodnocení nitrátů v potravinách, především v zelenině. Soustředěná pozornost na tuto problematiku přinesla pozitivní výsledky, takže došlo ke zlepšení kvality produkce. Přísné předpisy však značně snížily spotřebu některé zeleniny (především rychlené), která zpestřovala nabídku na trhu v mimovegetačním období a poskytovala i přes vyšší obsah nitrátů větší množství nutričně hodnotných látek (vlákninu, vitamíny, minerálie). Původně velmi přísné normy obsahu nitrátů byly přehodnoceny (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

*Nejvyšší přípustná množství dusičnanů v zelenině* byla dříve upravena vyhláškou č. 53/2002 Sb., kterou se stanovily chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků. V této vyhlášce jsou podrobně stanovena přípustná množství dusičnanů pro jednotlivé druhy zeleniny (příloha č. 2). Po vstupu ČR do EU byla vydána nová vyhláška, kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin potravními doplňky č. 446/2004 Sb. Dusičnanů v zelenině se týká i vyhláška, kterou se stanoví zdravotní požadavky na identitu a čistotu přídatných látek v potravinách č. 54/2002 Sb., a především její příloha č. 3. „Požadavky na identitu a čistotu přídatných látek jiných než barviva a sladidla“. Vyhláška vychází výhradně z evropských směrnic. Popisuje metody identifikace jednotlivých přídatných látek a dále uvádí limity a parametry čistoty, např. přípustný obsah kontaminantů (EPIS - Ekonomicko - právní informační systém).

Vyhláška č. 305/2004 Sb. stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách. Dusičnanů se týká část 5. „Dusičnany“, což je upraveno nařízením Komise 563/2002/ES a 655/2004/ES (nařízení 655/2004 se týká dusičnanů v potravinách pro kojence a malé děti). V těchto nařízeních jsou stanovena přípustná množství dusičnanů ale pouze pro čerstvý a zmrazený špenát, čerstvý a ledový salát (příloha č. 3 a 4)([http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/search\\_lif.html](http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/search_lif.html)).

Pro ostatní druhy zeleniny přípustná množství dusičnanů stanovena nejsou. Vzhledem k této nedostatečné legislativě počet sledovaných vzorků stále klesá.

## 4 METODIKA

### 4.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)

Laboratorní metoda stanovení iontově selektivní elektrodou je rychlá a poskytuje dobré a reprodukovatelné výsledky. Její princip spočívá v tom, že se obsah nitrátů stanoví ve výluhu připraveného ze zkoušeného rostlinného materiálu. Ke stanovení je třeba iontově selektivní elektroda  $\text{NO}_3^-$  s náplní kapalného iontoměřiče a referentní elektroda. Postup stanovení zahrnuje sestavení kalibrační křivky, stanovení obsahu dusičnanů přímým měřením a výpočet (BAIER a BAIEROVÁ 1988).

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

Měření bylo prováděno iontově selektivní elektrodou s plastickou membránou.

Pro měření byla použita upravená metoda přípravy vzorků podle metodik ministerstva zemědělství (JAVORSKÝ a kol. 1987).

#### **Příprava extrakčního roztoku:**

V odměrné baňce 1 000 ml se smíchá 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.

Zelenina se rozkrájí a promísí. Z připraveného směsného vzorku se přesně odváží 3 – 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a zhomogenizuje v mixéru. Takto promísená směs se přelije do kádinky a nechá se 15 minut odstát. Potom se extrakt filtruje přes řídkou gázu do kádinky. 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.

Kalibrační křivky se sestaví pomocí standardních roztoků (alespoň dva), které se připraví ředěním zásobního roztoku o koncentraci 1 000 ppm  $\text{NO}_3^-$ . Koncentrace standardních roztoků se zvolí tak, aby koncentrace  $\text{NO}_3^-$  iontů měřených vzorků byla mezi koncentracemi obou standardů. Ředění se provádí extrakčním roztokem. Při měření potenciálu standardů se měří nejdříve standard o vyšší koncentraci  $\text{NO}_3^-$ .

Foto č. 1: Iontově selektivní elektroda



Foto č. 2: mV – metr



## 4.2 Výpočet koncentrace $\text{NO}_3^-$ 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 změřené hodnoty daného vzorku z mV- metru.

Matematická metoda vychází z rovnice přímky:

$$y = kx + q$$

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

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

$$q = \log y_2 - kx_2$$

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

$x$  = potenciál v mV

$k, q$  = parametry přímky

$x_1, x_2$  = potenciál kalibračních roztoků (mV)

$y_1, y_2$  = koncentrace kalibračních roztoků (ppm)

Hledaná koncentrace v ppm:

$$(10^x)y = kx + q$$

Výpočet:

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

a = vypočtená hodnota v ppm

z = navážka vzorku v mg

### 4.3 Odběry vzorků

Vzorky zeleniny byly odebírány ze 2 supermarketů (Hypernova a Plus) a ze 3 maloobchodů v Rakovníku. Pro odběr vzorků byly cíleně vybrány supermarkety, neboť je zde možnost velkého výběru jednotlivých druhů zeleniny během celého roku, a maloobchody, neboť zde přichází nakupovat velká část obyvatel města bydlící v centru. Interval odběrů zeleniny v obchodní síti byl zvolen po každých 3 týdnech během sledovaného období (od dubna 2004 do prosince 2005).

Sledování dusičnanů bylo prováděno u běžných, nejrozšířenějších druhů zeleniny (sezónní i celoročně dostupné). Pravidelně byly odebírány vzorky u brambor, okurky, ředkvičky, mrkve, celeru, rajče, cibule, papriky, česneku a petržele. A pokud to bylo možné byly zjišťovány země původu zeleniny.

Po odebrání byly vzorky popsány a co nejrychleji zmrazeny na teplotu  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , až do doby, kdy byly analyzovány. Doba mezi zmražením a vyhodnocením nepřesáhla 3 týdny. K analýze byly použity směsné vzorky jednotlivých druhů, pouze u mrkve byla rozlišována periferní část a dřev. Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátu bylo u několika vzorků provedeno opakované měření téhož vzorku. Rovněž v několika případech byly vytvořeny průměrné směsné vzorky, ze kterých byly vytvořeny a analyzovány vzorky laboratorní. Ke statistickému vyhodnocení výsledků byl použit program Microsoft Excel.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro stanovení obsahu nitrátů v zelenině bylo odebráno a změřeno ve sledovaném období (od dubna 2004 do prosince 2005) 292 vzorků z devíti druhů zeleniny a brambor. Z toho 144 vzorků pocházelo ze supermarketu a 148 vzorků z maloobchodu. Celkový počet analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a počet vzorků, které nesplnily limit dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č.53/2002 Sb. uvádí tabulka č. 3. Z celkového počtu analyzovaných vzorků 13 % nevyhovělo přípustnému limitu.

Tab. č. 3: Počet analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny

Druh zeleniny	Supermarket			Maloobchod		
	Počet analyzovaných vzorků	Z toho nevyhovujících vzorků	% zastoupení nevyhovujících vzorků	Počet analyzovaných vzorků	Z toho nevyhovujících vzorků	% zastoupení nevyhovujících vzorků
brambor	14	2	14	17	3	18
okurka	15	3	20	14	1	7
ředkvička	15	5	33	9	7	78
mrkev	12	3	25	15	1	7
celer	15	2	13	15	5	33
rajče	16	0	0	15	0	0
cibule	16	0	0	15	0	0
paprika	16	1	6	18	0	0
česnek	12	0	0	15	0	0
petržel	13	2	15	15	4	27

Státní zemědělská a potravinářská inspekce provádí na území České republiky kontrolu obsahu dusičnanů a dusitanů v zelenině a bramborách. Počet sledovaných vzorků vzhledem k nedostatečné legislativě stále klesá, a v oblastních laboratořích (regionálních odborech) už se neprovádí vůbec nebo jen výjimečně. V roce 1999 oblastní laboratoř v Plzni odebrala 41 vzorků zeleniny. Nadlimitní obsahy dusičnanů byly zjištěny pouze ve čtyřech případech a tyto vzorky pocházely z dovozu. V letech 2001 a 2002 odebrala na území města Tábora SZPI celkem 71 kusů vzorků zeleniny a brambor. Nadlimitní nálezy byly zjištěny u 5 vzorků. Z tuzemska pocházelo 2,8 % nevyhovujících vzorků a z dovozu 4,2 % vzorků. Státní zemědělská a potravinářská inspekce ve skupině dusičnanů a dusitanů provedla na území ČR v roce 2004 201 rozborů a z toho 5 vzorků nevyhovělo, což je 2,5 %. Oproti roku 2003, kdy nevyhovující vzorky představovaly 7,75 %, to byl pokles. Tyto vzorky patřily do

skupiny kořenové zeleniny. V roce 2005 provedla SZPI těchto kontrol 150, z toho žádný vzorek nebyl nevyhovující.

Při sledování zemí původu zeleniny bylo zjištěno, že z celkového počtu 110 analyzovaných vzorků, u kterých byl tento původ zjištěn, nevyhovělo přípustným limitům 17 vzorků, což představuje 15,5 %. Z těchto 17 vzorků pouze 3 pocházely z dovozu a zbylých 14 vzorků pocházelo z ČR. Ze vzorků, u kterých nebyl původ prokázán nevyhovělo 12 %. Tyto výsledky znázorňuje tabulka č. 4.

Tab. č. 4: Výsledky sledování zemí původu zeleniny

Druh zeleniny	Původ	Počet analyzovaných vzorků	Z toho nevyhovujících vzorků	% zastoupení nevyhovujících vzorků
<i>brambor</i>	ČR	10	3	30
	dovoz	2	0	0
	neznámý	19	2	11
<i>okurka</i>	ČR	1	0	0
	dovoz	7	1	14
	neznámý	21	3	14
<i>ředkvička</i>	ČR	6	4	67
	dovoz	3	2	67
	neznámý	15	6	40
<i>mrkev</i>	ČR	9	2	22
	dovoz	4	0	0
	neznámý	14	2	14
<i>celer</i>	ČR	12	3	24
	dovoz	0	0	0
	neznámý	18	4	22
<i>rajče</i>	ČR	0	0	0
	dovoz	10	0	0
	neznámý	21	0	0
<i>cibule</i>	ČR	8	0	0
	dovoz	1	0	0
	neznámý	22	0	0
<i>paprika</i>	ČR	0	0	0
	dovoz	14	0	0
	neznámý	20	1	5
<i>česnek</i>	ČR	2	0	0
	dovoz	9	0	0
	neznámý	16	0	0
<i>petržel</i>	ČR	11	2	18
	dovoz	1	0	0
	neznámý	16	4	25

Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátu bylo u několika vzorků provedeno opakované měření téhož vzorku. Tyto výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tab. č. 5: Výsledky opakovaného měření obsahu dusičnanů v  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$

Druh zeleniny	$\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>brambory</b>			
měření č.1	54,4	61,5	5,4
č.2	69		
č.3	63,7		
č.4	58,9		
<b>okurka</b>			
měření č.1	37,1	45,1	5,6
č.2	45,2		
č.3	45,2		
č.4	53		
<b>ředkvička</b>			
měření č.1	499,4	472,1	37
č.2	479,9		
č.3	499,4		
č.4	409,5		
<b>paprika</b>			
měření č.1	59,8	66,1	4,2
č.2	70		
č.3	70		
č.4	64,7		

U několika vzorků z jednoho odběru (1. 5. 2004) byla provedena 4 opakovací měření u 4 druhů zeleniny. Z odebraných vzorků zelenin byly vytvořeny průměrné vzorky, ze kterých byly odebrány 4 vzorky laboratorní, u nichž se stanovil obsah dusičnanů podle dané metodiky. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6.



Tab. č. 6: Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů u průměrných vzorků v  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$

Druh zeleniny	$\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>okurka</b>		248,9	19,5
vzorek č.1	269,8		
č.2	239,8		
č.3	221,5		
č.4	264,6		
<b>ředkvička</b>		1182,3	140,9
vzorek č.1	1138,1		
č.2	971		
č.3	1319,5		
č.4	1300,6		
<b>rajče</b>		43	9,3
vzorek č.1	32,3		
č.2	43,4		
č.3	38,7		
č.4	57,7		
<b>paprika</b>		45,3	7,3
vzorek č.1	44,3		
č.2	37,8		
č.3	41,8		
č.4	57,4		

Vzhledem k tomu, že v obou případech došlo k určitým odchylkám, lze použitou metodu měření pomocí ISE považovat za dobře použitelnou pro tento typ sledování. Rovněž použitá metoda směsných vzorků je vyhovující. Kolísání hodnot při opakovaném měření téhož vzorku může být způsobeno přítomností určitého množství pevných, nefiltrovaných částic ve výluhu, které mohou ovlivňovat elektrochemický potenciál na membráně elektrody.

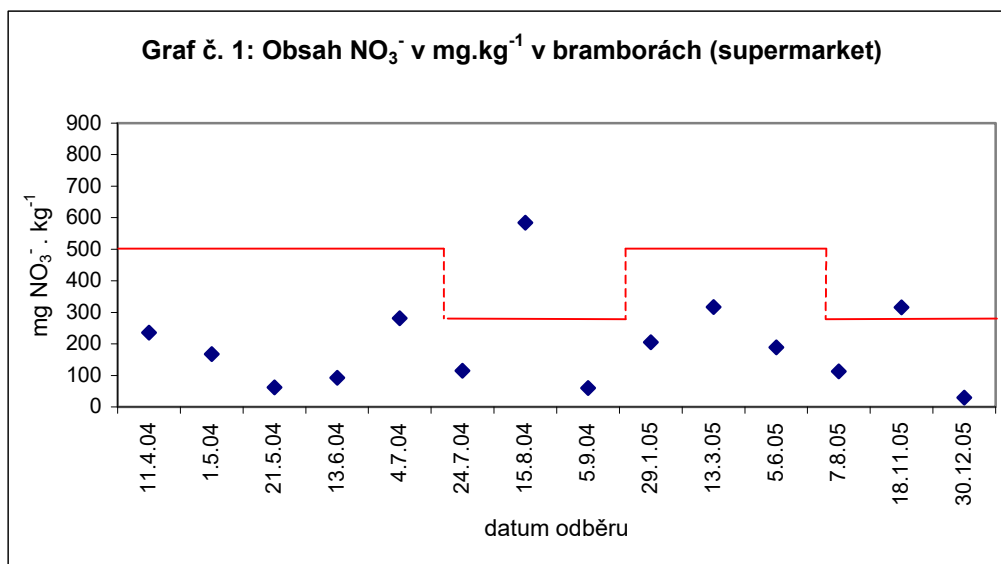
## Obsah dusičnanů v bramborách

Přípustný limit pro brambory dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. je 300 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> pro brambory pozdní a pro rané brambory (do 15. 7.) 500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Z celkového počtu 31 vzorků brambor byl tento limit překročen u 5 vzorků, což je 16 %. 3 vzorky pocházely z ČR.

RESCHOVÁ (2000) ve vzorcích brambor (v období roku 1998 – 1999) zjistila 19,7 % nadlimitních koncentrací.

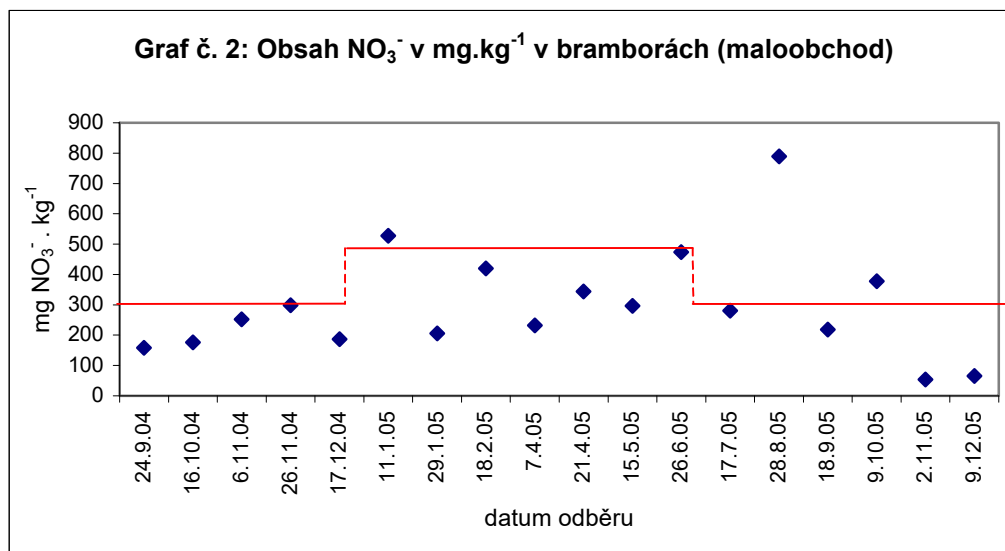
U brambor odebraných v *supermarketech* nevyhověly dané normě 2 vzorky, což představuje 14 % z kontrolovaného množství. V prvním případě se jednalo o překročení limitu 500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> pro rané brambory a v druhém případě byl překročen limit 300 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> pro brambory pozdní. Minimální naměřená hodnota byla 29,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> a maximální hodnota byla 584,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v bramborách odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 1.

Červená úsečka udává přípustný limit obsahu dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny vyjádřený v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>, přerušovaná čára upozorňuje na změny normy během roku (pouze u brambor). Naměřené hodnoty jsou zpracovány v tabulkách v přílohách.



V *maloobchodě* bylo odebráno celkem 17 vzorků brambor. Normě nevyhověly 3 vzorky, což představuje 18 %. Tyto vzorky nevyhověly limitu 300 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> pro pozdní brambory. Minimální naměřená hodnota činila 53,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> a maximální

hodnota byla naměřena ve vzorku č. 25 ze dne 28.8. 2005 ve výši 788,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v bramborách odebraných v maloobchodě znázorňuje graf č. 2.



BERÁNEK a KLEMENT (2001) zjistili v rámci skupin odrůd brambor nejvyšší hodnoty u velmi raných odrůd. S rostoucí délkou vegetační doby dochází k poklesu průměrného obsahu dusičnanů až na hodnotu 120 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup> u skupiny pozdních odrůd.

Z hlediska přípustných limitů je důležité, jak velký objem daného produktu konzumujeme. Proto tento limit má u brambor velký význam (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

Při hodnocení brambor jako zdroje dusičnanů je nutné přihlídnout k tomu, že přípustné limity koncentrace dusičnanů jsou vztaženy na bramborové hlízy jako celek a není uvažováno, že brambory nejsou konzumovány syrové, ale podléhají různým způsobům přípravy, při nichž dochází ke změnám (MÍČA, VOKÁL a PENK 1991).

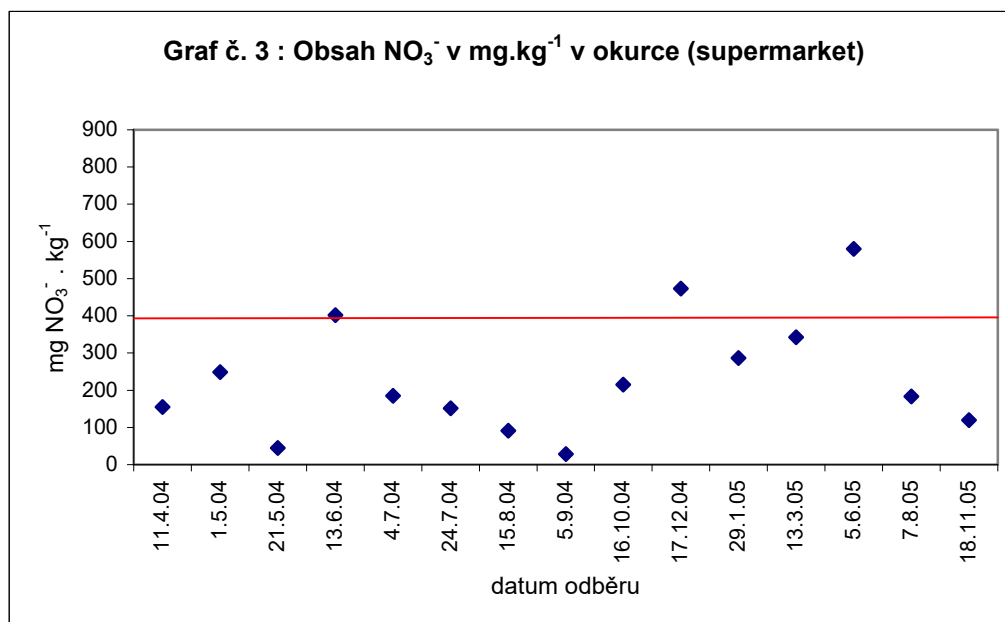
Nejvyšší koncentrace nitrátů je ve slupce a těsně pod ní v poměru 1,5 až 3,6 : 1 vůči ostatní dužnině, a proto obsah dusičnanů klesá při loupání hlíz o 1 – 4 %. Při vaření ve slupce se snižuje množství dusičnanů asi o 20 % a při vaření již oloupaných hlíz je pokles ještě větší, až dvojnásobný (TRYNER 1994).

U brambor je nutné vzhledem k objemu jejich konzumu vzít v úvahu i podíl dusičnanů, které brambory v denní dávce zaujmají. Na přijatelné denní dávce dusičnanů (ADI) stanovené Světovou zdravotnickou organizací se brambory podílejí z 22 %.

### Obsah dusičnanů v okurkách

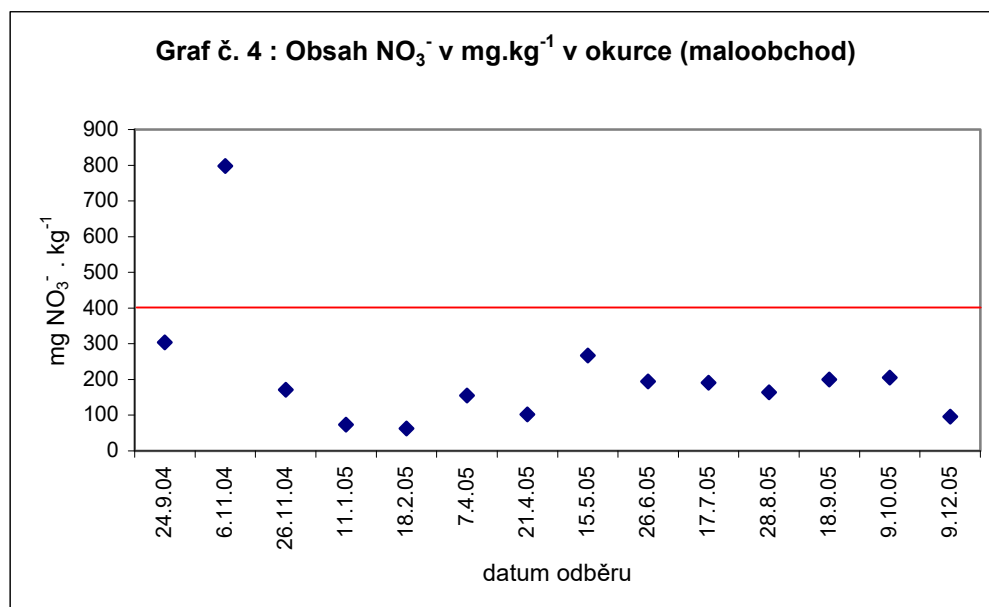
Přípustný obsah dusičnanů v okurkách je obecně pro plodovou zeleninu  $400 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Z celkového počtu 29 vzorků nevyhověly tomuto limitu 4 vzorky, což je 14 %. Z těchto vzorků u 3 nebyl původ zjištěn a 1 vzorek pocházel ze Španělska.

U okurek v *supermarketu* nevyhověly dané normě 3 vzorky, to je 20 %. Minimální naměřená hodnota byla zjištěna u vzorku č. 8 z 5. 9. 2004 a činila  $28,7 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  a tento vzorek pocházel ze Slovenska. Maximální naměřená hodnota byla dosažena u vzorku č. 21 z 5. 6. 2005 ve výši  $579,6 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v okurkách odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 3.



V měřeních, které provedl DOUCHA (2003) nebyl u okurky odebrané v obchodní síti zjištěn žádný vzorek, který by překročil limitní obsah dusičnanů v plodové zelenině. Maximální naměřená hodnota u okurky činila  $371 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ .

U okurek v *maloobchodě* nevyhověl dané normě pouze 1 vzorek, a to vzorek č. 11 z 6. 11. 2004 s hodnotou  $797,8 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  původem ze Španělska. Minimální hodnota byla zjištěna u vzorku č. 16 z 18. 2. 2005 a činila  $62,8 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v okurkách odebraných v maloobchodě znázorňuje graf č. 4.



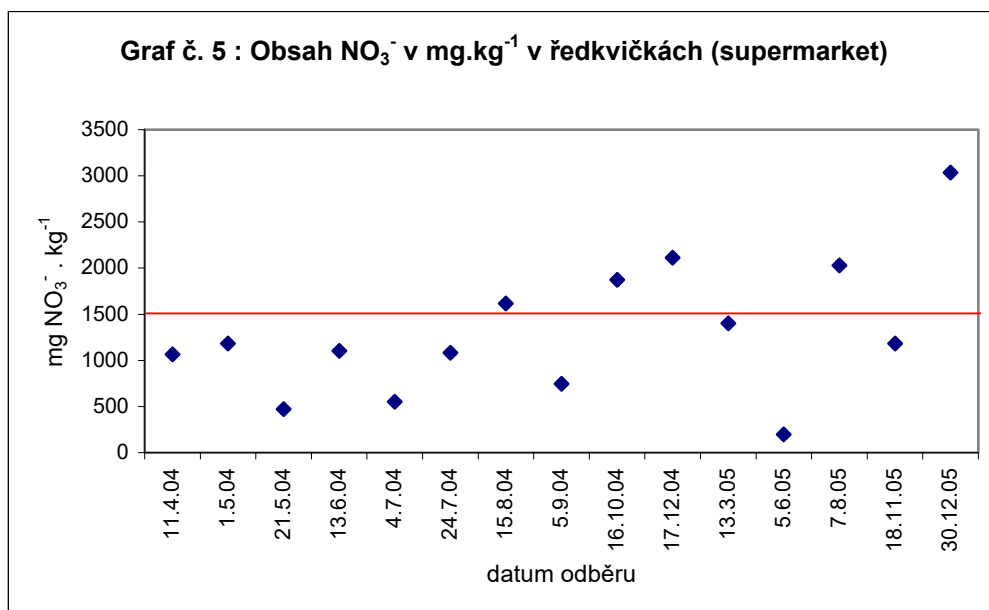
Hromadění dusičnanů v rostlině není rovnoměrné. Nejvíce jich obsahují vodivé cesty tj. stonky, stopky, listová žebra a kořeny, méně jich obsahují čepele listů a nejméně jich nacházíme v plodech (PEKÁRKOVÁ 1992). U některých zelenin lze snížit obsah nitrátů oloupaním slupek (okurky, brambory) (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

#### Obsah dusičnanů v ředkvičkách

Dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. je v ředkvičkách přípustný limit 1500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Z celkového počtu 24 vzorků nevyhovělo tomuto limitu 12, to je 50 % vzorků. Z ČR pocházely 4 nevyhovující vzorky a 2 vzorky pocházely z dovozu (z Polska a Itálie). U ostatních 6 nevyhovujících vzorků nebyl původ zjištěn.

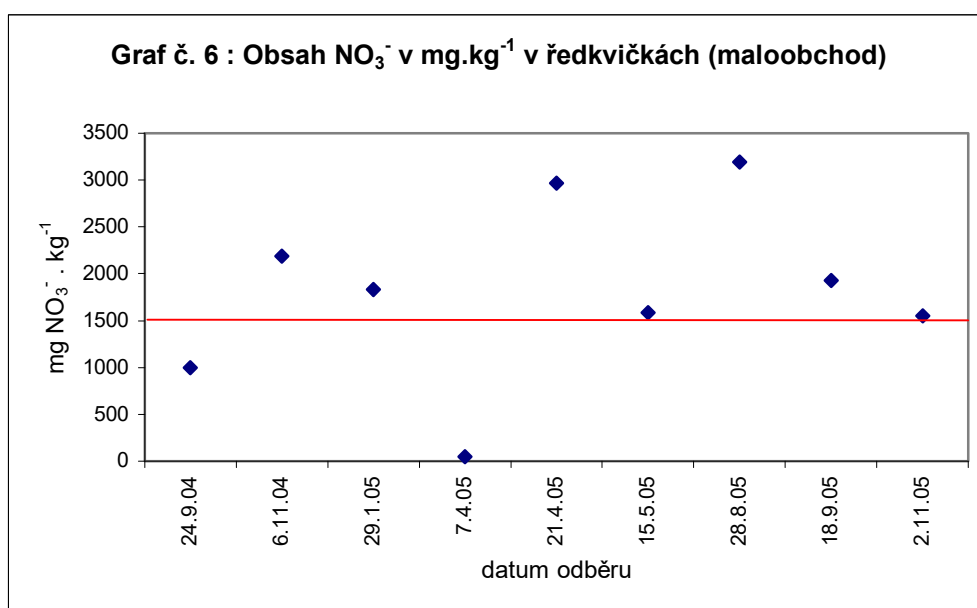
U ředkviček pocházejících ze *supermarketu* nevyhovělo limitu 5 vzorků z 15, to je 33 %. Minimální hodnota byla neměřena u vzorku č. 21 ve výši 196,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> a tento vzorek pocházel z ČR. Maximální hodnota byla změřena u vzorku č. 31 a to 3034 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>, to je překročení normy o 102 %. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v ředkvičkách odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 5.

STRADA a TRUC (1994) zjistili, že odrůdy ředkviček z hlediska hromadění nitrátů mají rozdílnou citlivost na vlivy ročníku, především na rozdělení srážek během vegetační doby. Nebylo rozhodující ani tak celkové množství srážek, jako jejich rozdělení během vegetace v daném roce.



DOUCHA (2003) ve svých pokusech zjistil, že u ředkvičky pocházející ze zahradnictví nevyhověl pouze 1 vzorek, který přesáhl limit o 7 % . V obchodní síti byla změřena nadlimitní koncentrace u 6 vzorků a nejvíce byl překročen limit o 154,5 %.

Při měření v *maloobchodě* byl u ředkviček překročen limit u 7 vzorků z 9, to je 78 % nevyhovujících vzorků. U maximální zjištěné koncentrace ( $3190 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ), která byla zjištěna u vzorku č. 25 z 28. 8. 2005, byl překročen limit o 112 %. Minimální koncentrace  $49 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla naměřena 7. 4. 2005. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v ředkvičkách odebraných v maloobchodě znázorňuje graf č. 6.



Rovněž **RESCHOVÁ** (2000) zjistila u ředkviček nadlimitní obsahy dusičnanů, a to u 19,3 % vzorků, přičemž maximální obsah byl 5470,37 mg NaNO<sub>3</sub> · kg<sup>-1</sup> (což je 3993 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>).

**BAIER** a **BAIEROVÁ** (1988) uvádějí obsah dusičnanů v ředkvičkách v rozmezí od 1267 do 6398 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>.

### Obsah dusičnanů v mrkvi

U mrkve byl stanovován obsah dusičnanů ve středové (dřeňové) a periferní části. Přípustný limit obsahu dusičnanů pro kořenovou zeleninu je 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>. Nadlimitní obsah byl v dřeňové části zjištěn čtyřikrát a tyto vzorky pocházely z ČR. V periferní části nebyl nadlimitní obsah zjištěn.

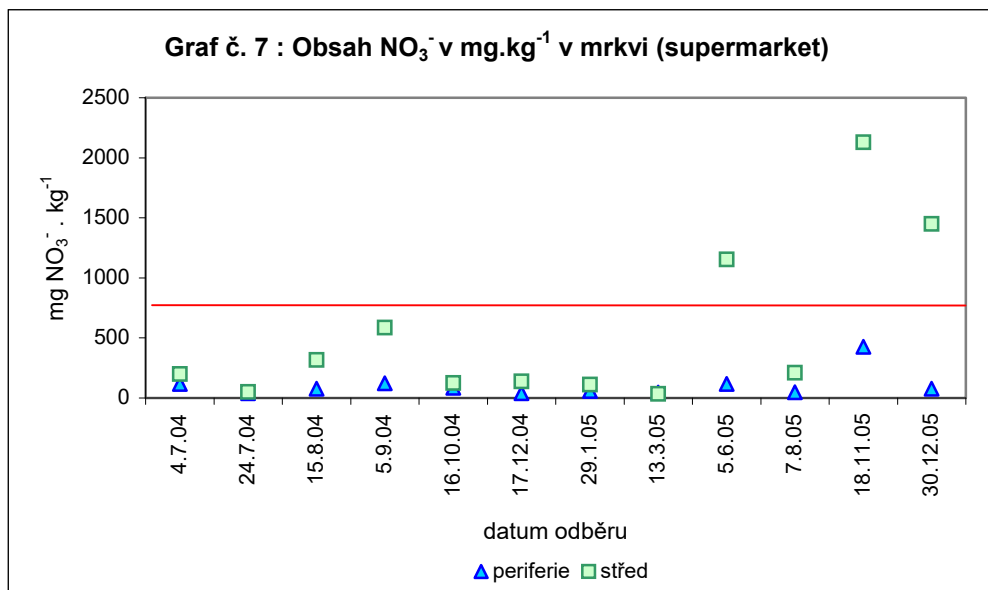
Tab. č. 7: Minimální, maximální a průměrné hodnoty dusičnanů (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>)  
v mrkvi – supermarket

	minimum	maximum	průměr
<b>dřeň</b>	35,1	2128,5	542,2
<b>periferie</b>	39,4	426,1	104,5

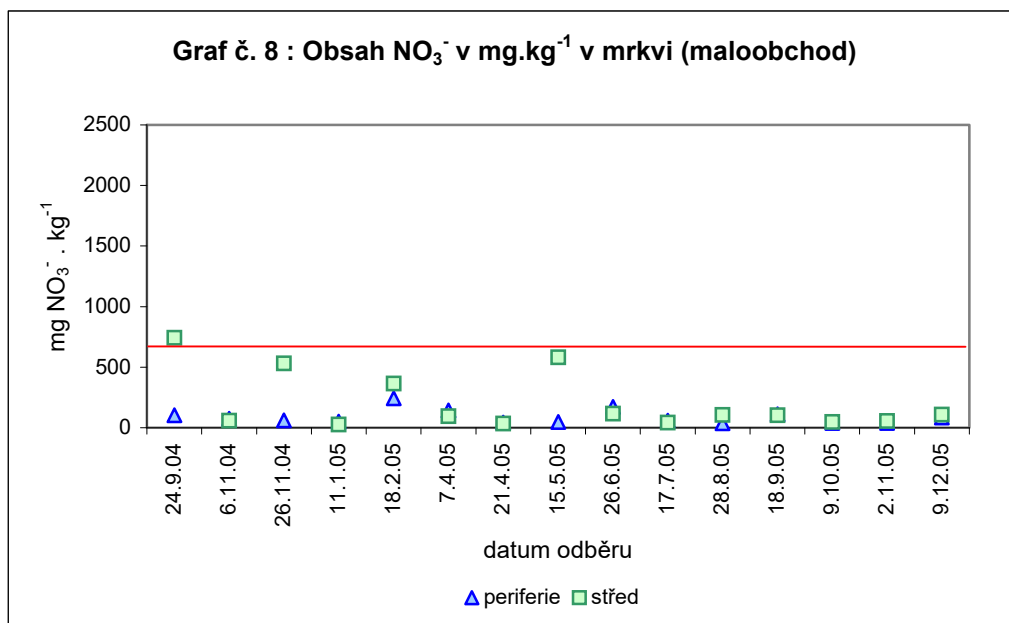
Tab. č. 8: Minimální, maximální a průměrné hodnoty dusičnanů (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>)  
v mrkvi – maloobchod

	minimum	maximum	průměr
<b>dřeň</b>	26,9	742,8	200,3
<b>periferie</b>	36,4	243,3	87,1

V mrkvi ze *supermarketu* byl nadlimitní obsah zjištěn u 3 vzorků, což bylo z celkového počtu vzorků 25 %. Tyto limity byly překročeny ve středové části mrkve jak je vidět z grafu č. 7. Nejvyšší naměřená hodnota 2128 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup> byla zjištěna u vzorku č. 29 z 18. 11. 2005. Tato hodnota přesáhla povolený limit o 204 %. Minimální hodnota byla naměřena též ve středové části a činila 35,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>, ale vyšší četnost nízkých hodnot se vyskytovala v periferní části. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v mrkvi odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 7.



V *maloobchodě* byl zjištěn nadlimitní obsah dusičnanů v mrkvi pouze u 1 vzorku z 15. Limit byl překročen o 6 %. Tato maximální hodnota ( $742,8 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) byla zjištěna ve středové části mrkve u vzorku č. 9 z 24. 9. 2004. Minimální koncentrace  $26,9 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla zaznamenána u vzorku č. 14 a tento vzorek pocházel z ČR. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v mrkvi odebraných v maloobchodě znázorňuje graf č. 8.





**KOLÁŘOVÁ (2003)** zjistila nadlimitní množství dusičnanů v dřevné části mrkve u 33 % vzorků, přičemž maximální hodnota byla ve výši 2094,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. V periferní části mrkve přesahovaly limit 2 vzorky z 27 analyzovaných, tj. 7,4 %.

Naopak **DOUCHA (2003)** u žádného z analyzovaných vzorků mrkve nezjistil překročení daného limitu. Tyto vzorky ovšem nebyly rozděleny na periferní část a střed.

Mrkev patří z hlediska schopnosti akumulovat nitráty do skupiny, která je středně problematická (**FLOHROVÁ 1990**).

**TIBENSKÁ a SYNEK (1982)** svými analýzami dokázali, že ve vnitřní části kořene mrkve je soustředěný podstatný podíl dusičnanů, a to až 80 – 95 % z celkového množství, v závislosti na odrůdě a velikosti kořene. Tento poznatek je využitelný zejména při přípravě dětské výživy, stejně jako poznatek o vyšší akumulaci nitrátů ve svrchním segmentu při příčném dělení kořene.

**BARTOŠ a HOLÍK (1990)** zjistili, že menší mrkve (průměr 13 – 16 mm) mají až o třetinu více dusičnanů než mrkve velké (průměr 25 – 30 mm).

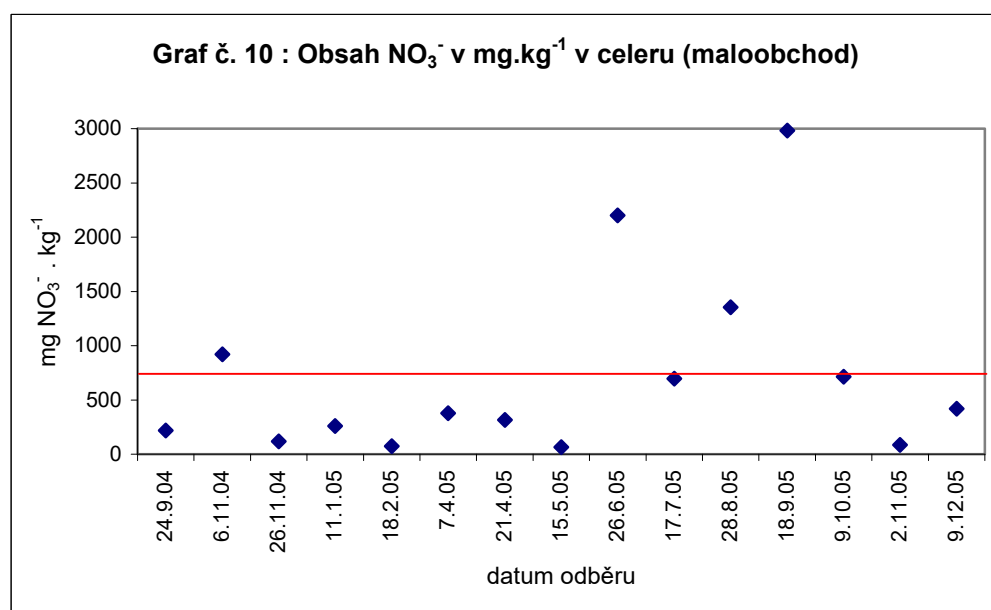
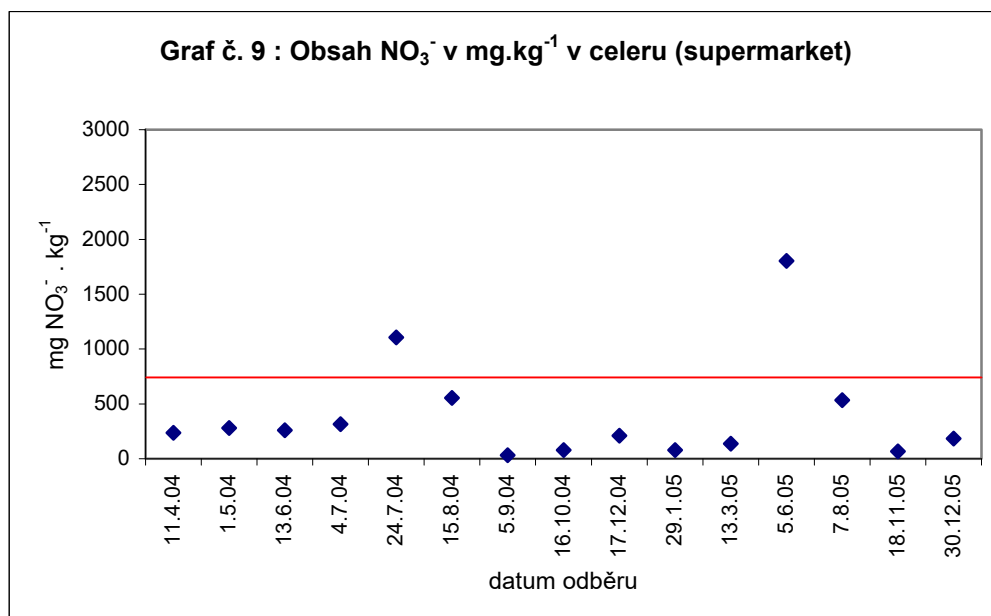
#### Obsah dusičnanů v celeru

U celeru byl obsah dusičnanů celkově zjišťován u 30 vzorků, z nichž nevyhovělo povolenému množství 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> 23 % (7 vzorků). Z těchto 7 vzorků 3 pocházely z ČR a u ostatních nebyl původ zjištěn.

**KOLÁŘOVÁ (2003)** ve své práci naměřila 32 % nevyhovujících vzorků u celeru a vyzorovala, že hodnoty obsahu dusičnanů se pravděpodobně mění s postupující dobou vegetace, kdy v červenci naměřila vysoce nadlimitní hodnoty, ale v září už byly hluboko pod limitem. Nejvyšší hodnota přesáhla pětinašobek povoleného limitu.

Celer pocházející ze *supermarketu* nevyhověl přípustnému limitu dvakrát (13 % vzorků). Nejvyšší naměřená hodnota činila 1804,2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>, takže limit byl překročen o 158 %. Tento vzorek byl odebraný 5. 6. 2005. Minimální hodnota byla naměřena u vzorku č. 8 z 5. 9. 2004 ve výši 31 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v celeru odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 9.

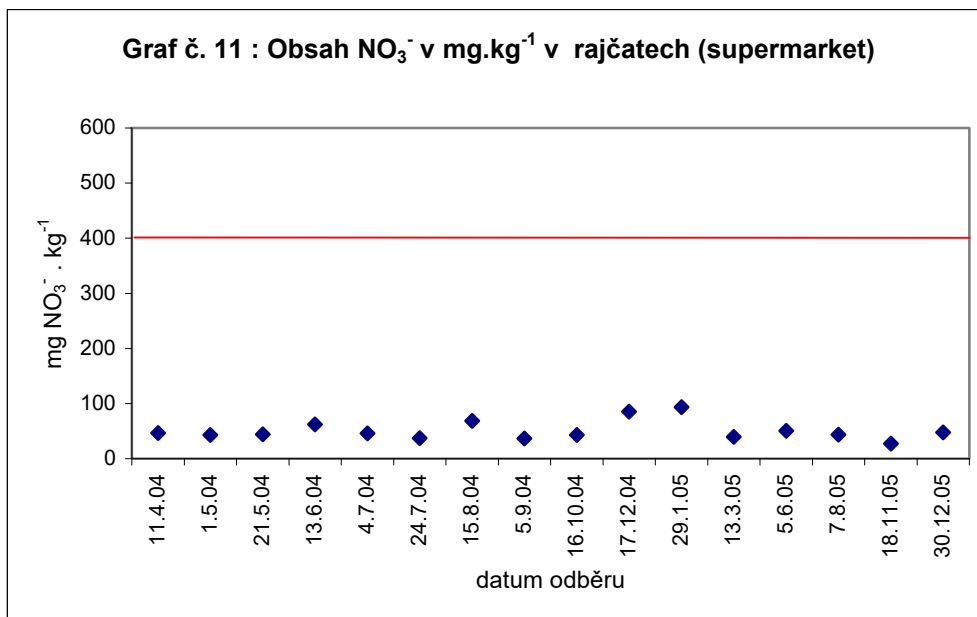
Vzorky celeru pocházející z *maloobchodu* nevyhověly z 33 %. Nejvyšší naměřená hodnota byla změřena u vzorku č. 26 z 18. 9. 2005 ve výši 2982,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>, což přesahuje daný limit o 326 %. Minimální hodnota byla naměřena 15. 5. 2005 a činila 65,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v celeru odebraných v maloobchodě znázorňuje graf č. 10.



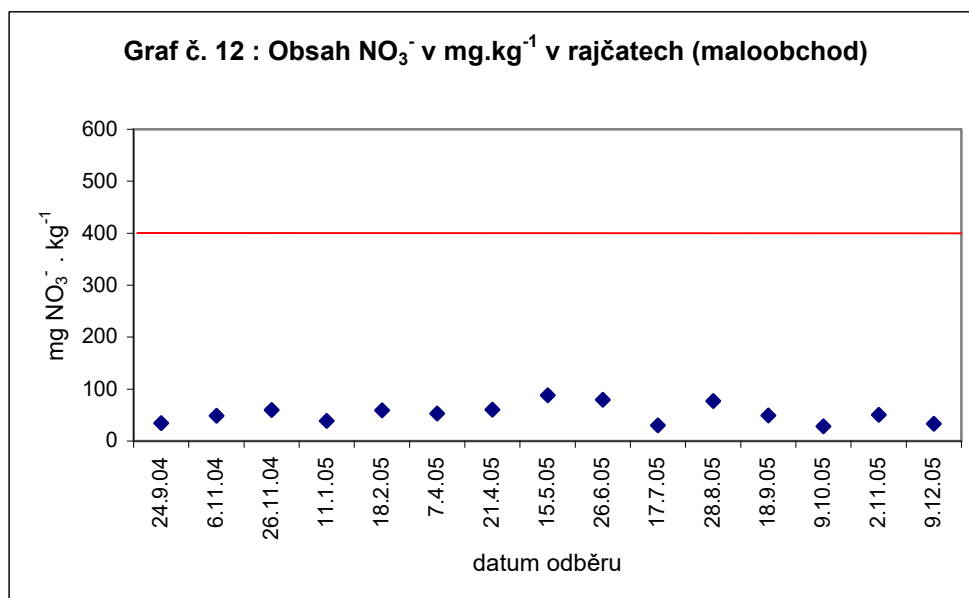
### Obsah dusičnanů v rajčatech

Norma pro všechnu plodovou zeleninu je stanovena na  $400 \text{ mg } \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Všechny vzorky rajčete se pohybovaly hluboko pod stanovenou normou.

V *supermarketu* bylo celkem odebráno 16 vzorků rajčat. Minimální naměřená hodnota byla  $27,1 \text{ mg } \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  u vzorku z 18. 11. 2005, maximální hodnota dosáhla  $93,5 \text{ mg } \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  u vzorku z 29. 1. 2005 a tento vzorek pocházel z Polska. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v rajčatech odebraných v supermarketech znázorňuje graf č. 11.



V *maloobchodě* bylo odebráno a změřeno 15 vzorků. Všechny tyto vzorky vyhověly. Nejnižší naměřená hodnota byla změřena u vzorku č. 27 ze dne 9. 10. 2005 a činila  $28,3 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , maximální naměřená hodnota  $88,2 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla zjištěna 15. 5. 2005 a tento vzorek pocházel z Itálie, ale i tato nejvyšší hodnota byla pod hranicí přípustného limitu. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v rajčatech odebraných v *maloobchodě* znázorňuje graf č. 12.



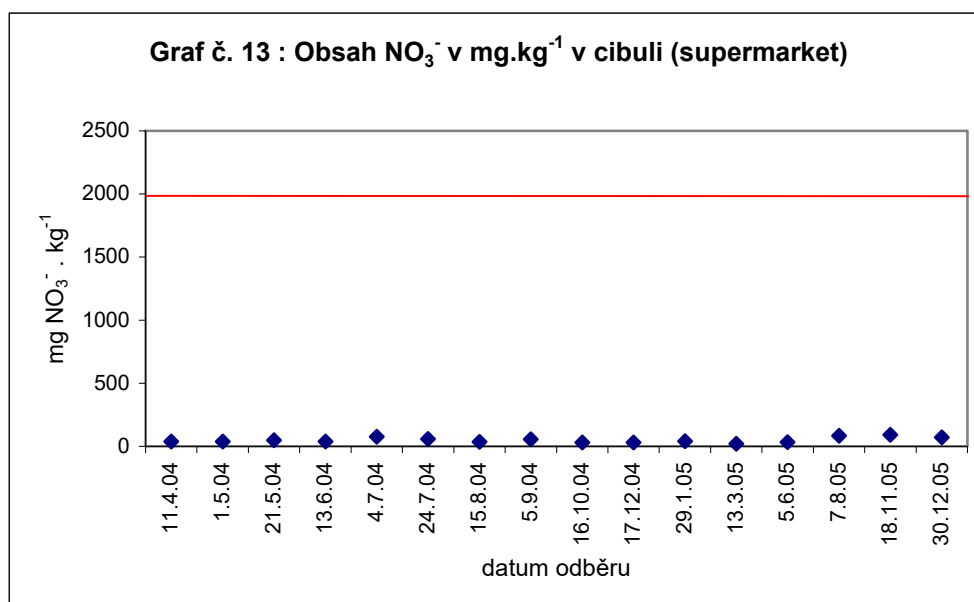
PRUGAR a PECHOVÁ (1989) zařadili rajče z hlediska akumulace dusičnanů mezi neproblematické zeleninové druhy. Toto potvrzuje i DOUCHA (2003), v jeho měřeních se všechny naměřené hodnoty pohybovaly pod stanovený limit.

FLOHROVÁ (1990) zařazuje rajče do skupiny rostlin, která i při značném obsahu nitrátů v půdě ukládá poměrně malé množství nitrátů.

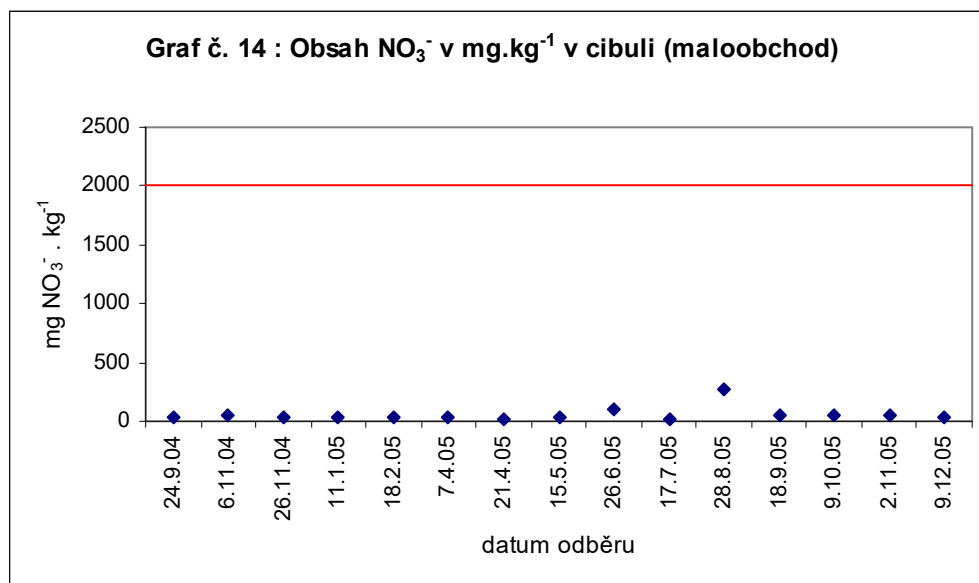
### Obsah dusičnanů v cibuli

Pro cibuli je stanoven přípustný limit obsahu dusičnanů jako pro potraviny obecně B ( $2000 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ). U cibule bylo změřeno celkem 31 vzorků a všechny vyhověly danému limitu.

U cibule v *supermarketu* bylo odebráno a změřeno celkem 16 vzorků. Nejnižší naměřená hodnota  $21,3 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla zjištěna u vzorku č. 17 z 13. 3. 2005 a nejvyšší hodnota  $90,6 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla naměřena u vzorku č. 29 z 18. 11. 2005. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v cibuli odebrané v supermarketech znázorňuje graf č. 13.



V *maloobchodě* bylo změřeno celkem 15 vzorků cibule. Nejnižší hodnota  $22,1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byla zjištěna u vzorku č. 19 z 21. 4. 2005. Nejvyšší hodnota byla zjištěna 28. 8. 2005 ve výši  $270,1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v cibuli odebrané v maloobchodě znázorňuje graf č. 14.



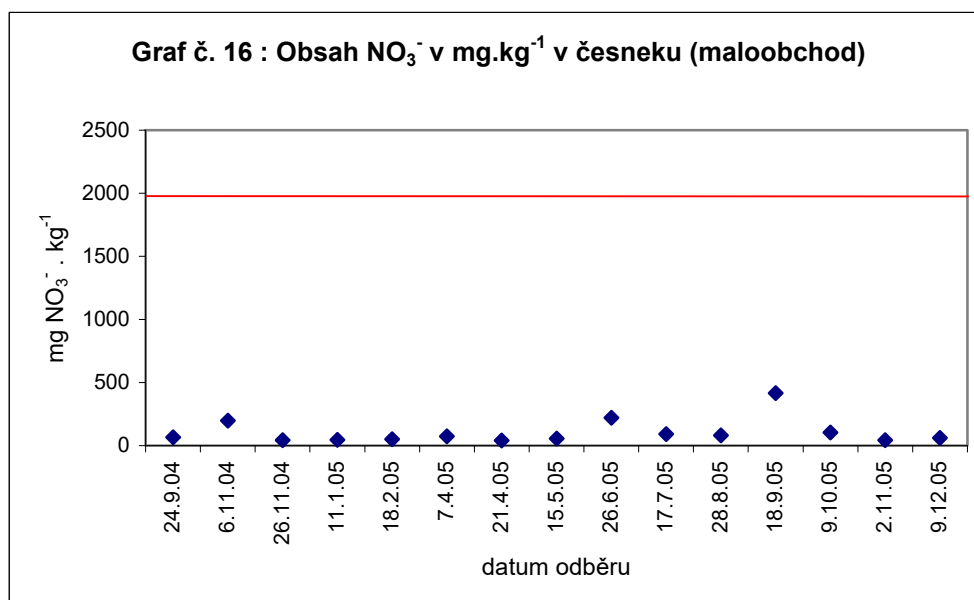
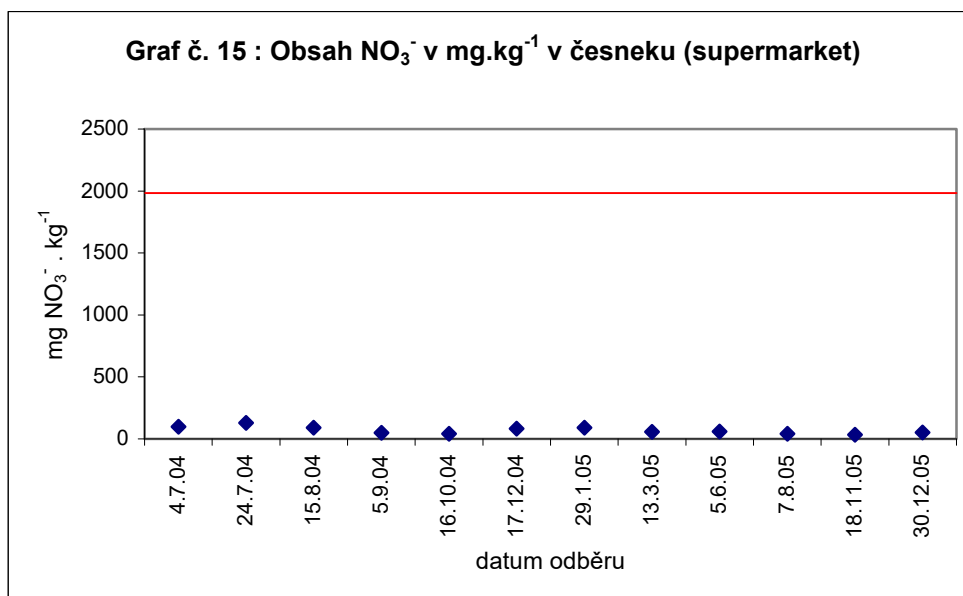
### Obsah dusičnanů v česneku

Přípustný limit pro česnek je stanoven na 2000 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup> stejně jako u cibule. Z celkového počtu 27 odebraných vzorků v supermarketech a maloobchodech vyhověly tomuto limitu všechny vzorky. Všechny naměřené hodnoty se nacházely hluboko pod tímto stanoveným limitem.

U česneku odebraném v *supermarketu* činila minimální naměřená hodnota 32,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>, tento vzorek č. 29 byl odebrán 18. 11. 2005. Maximální hodnota byla změřena u vzorku č. 6 z 24. 7. 2004 ve výši 129,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>. Vzorků bylo celkem odebráno 12. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v česneku odebraném v supermarketech znázorňuje graf č. 15.

V *maloobchodě* bylo odebráno a změřeno celkem 15 vzorků česneku. Minimální hodnota se vyskytla u vzorku č. 19 z 21. 4. 2005 a činila 41,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup>. Maximální naměřená hodnota 417,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> · kg<sup>-1</sup> z 18. 9. 2005 nepřesáhla ani čtvrtinu přípustného limitu a tento vzorek pocházel z Číny. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v česneku odebraném v maloobchodech znázorňuje graf č. 16.

Potvrdilo se, že cibule a česnek nepatří k významným zeleninovým zdrojům nitrátů jak z hlediska výše obsahu, tak z hlediska konzumovaného množství.

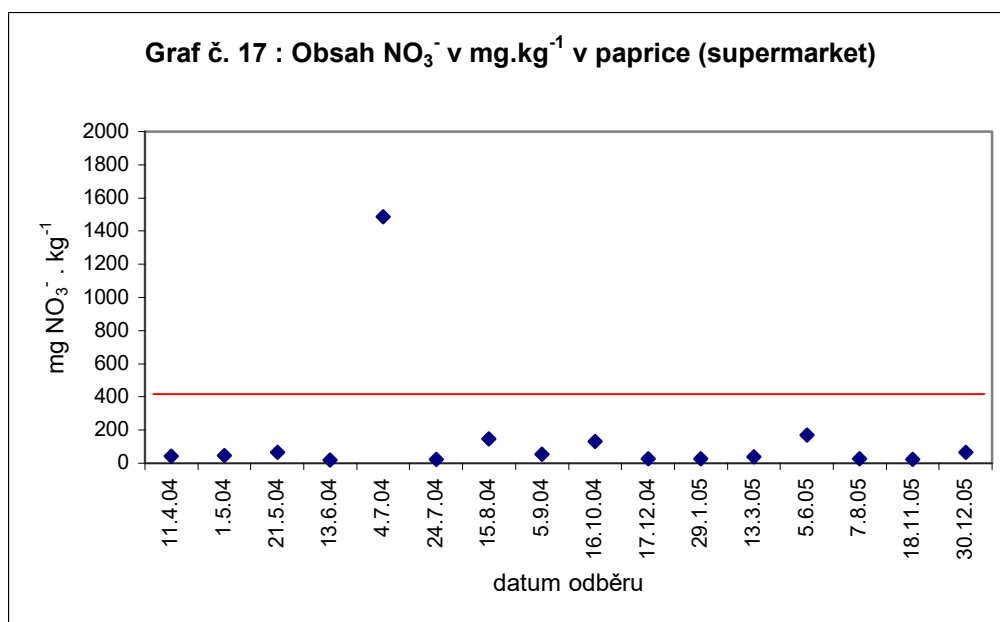


### Obsah dusičnanů v paprice

Přípustný limit obsahu dusičnanů v paprice je  $400 \text{ mg } \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Celkový počet změřených vzorků paprik byl 34 z toho nevyhověl danému limitu pouze 1 vzorek (3 %).

V *supermarketu* bylo odebráno 16 vzorků paprik. Z tohoto počtu vzorků jich nevyhovělo 6 % (1 vzorek). Tento vzorek s maximální naměřenou hodnotou  $1487,4 \text{ mg } \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  se vyskytl u vzorku č. 5 ze 4. 7. 2004 a byl výjimkou, protože ostatní hodnoty se nacházely hluboko pod stanoveným limitem. Nejnižší hodnota byla

naměřena u vzorku č. 4 z 13. 6. 2004 ve výši 17,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v paprice odebrané v supermarketech znázorňuje graf č. 17.



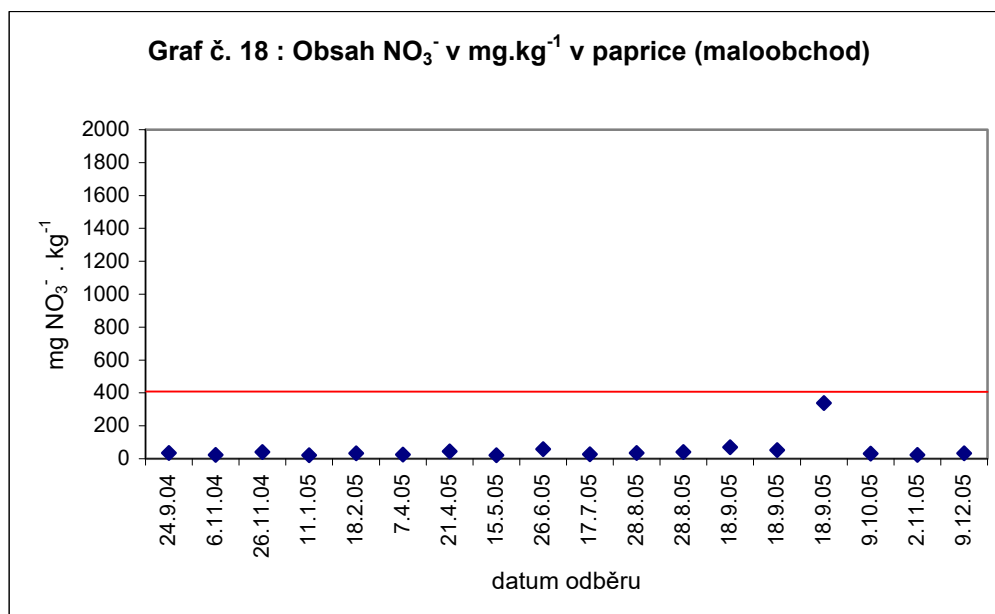
V maloobchodech bylo odebráno 18 vzorků paprik a vyhověly všechny. Maximální změřená hodnota byla 337,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> u vzorku č. 26 z 18. 9. 2005 a tento vzorek pocházel z Maďarska. Nejnižší hodnota byla změřena u vzorku č. 14 dovezeného ze Španělska a odebraného 11. 1. 2005. Tato hodnota činila 20,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v paprice odebrané v maloobchodech znázorňuje graf č. 18.

DOUCHA (2003) ve své práci uvádí, že v jeho měřeních byl překročen stanovený limit 400 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> u papriky jednou a to o 38,7 %. Papriky ze zahradnictví vyhověly všechny.

RESCHOVÁ (2000) potvrzuje, že papriky patří mezi zeleninu s nízkým obsahem nitrátů. V jejích měřeních měly všechny vzorky papriky hodnotu obsahu nitrátů pod stanovenou normu.

PRUGAR a PECHOVÁ (1989) označují na základě obsahu dusičnanů papriky vypěstované ve fóliovníku za částečně problematické a na poli za neproblematické druhy.

Paprika je z botanického hlediska plod, a v plodech z fyziologických příčin ke kumulaci nitrátů zpravidla nedochází (ŠEBÁNEK 1983).



### Obsah dusičnanů v petrželi

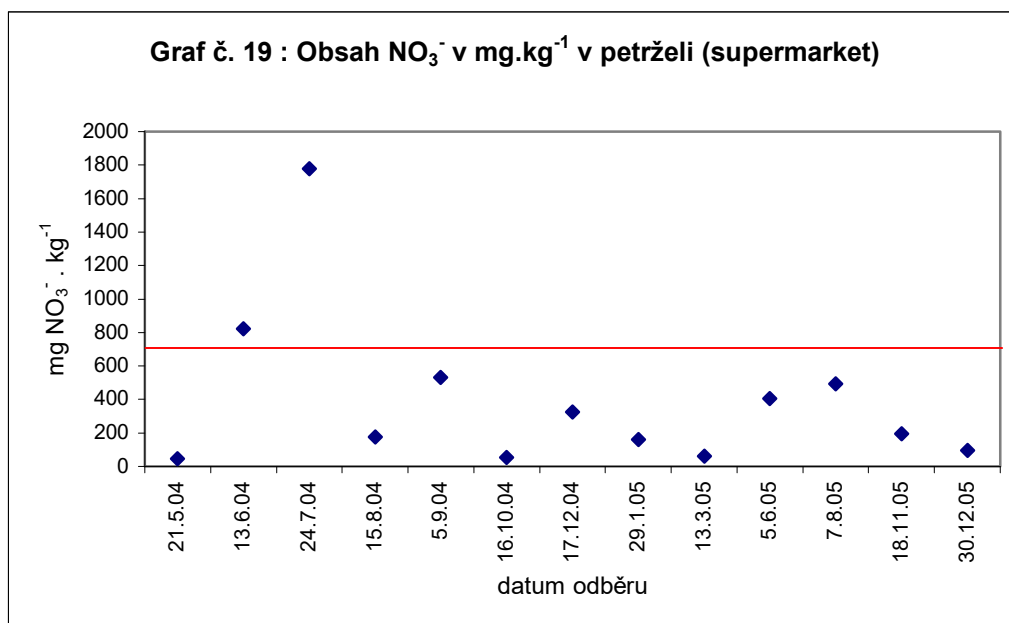
Norma pro petržel jako pro ostatní kořenovou zeleninu je 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Celkem z 28 vzorků nevyhovělo 21 %, což je 6 vzorků. Z tohoto počtu nevyhovujících vzorků 2 pocházely z ČR a u ostatních nebyla země původu zjištěna.

V *supermarketu* bylo odebráno a změřeno celkem 13 vzorků petržele. Z tohoto počtu nevyhověly 2 vzorky (15 %). Nejvyšší hodnota obsahu dusičnanů byla zjištěna u vzorku č. 6 z 24. 7. 2004 ve výši 1778,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>. Tato hodnota přesáhla přípustný limit o 154 %. Minimální hodnota 46,2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup> byla zjištěna u vzorku č. 3 z 21. 5. 2004. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v petrželi odebrané v supermarketech znázorňuje graf č. 19.

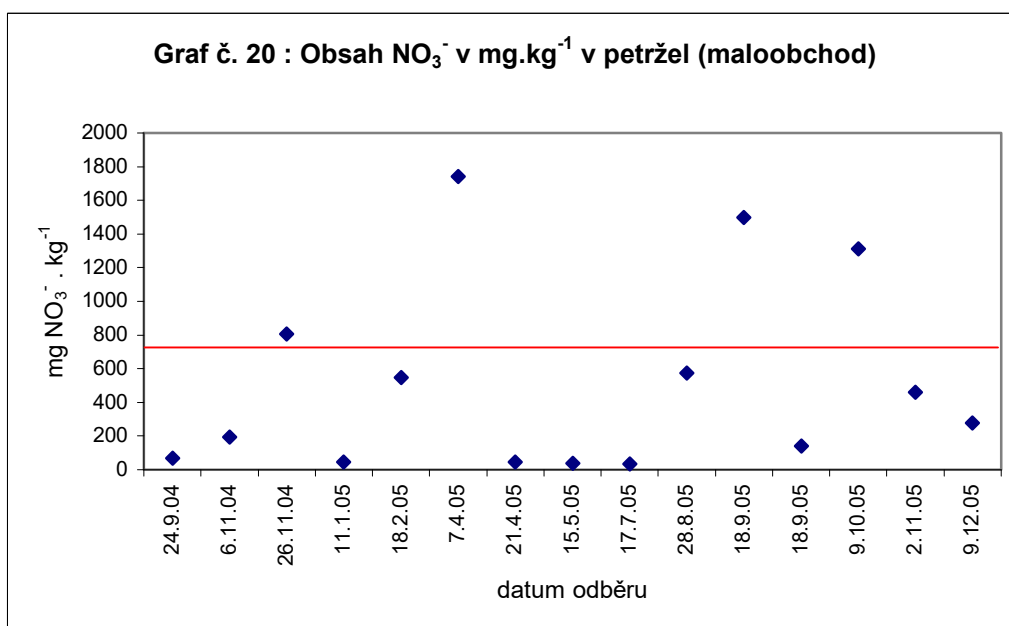
**KOLÁŘOVÁ (2003)** naměřila 13,3 % nevyhovujících vzorků petržele a nejvyšší hodnota byla 1592,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. kg<sup>-1</sup>.

**RESCHOVÁ (2000)** zjistila nadlimitní obsah dusičnanů u 4 vzorků dřeně petržele (9,5 %) a u 3 vzorků v periferní části (7,1 %).

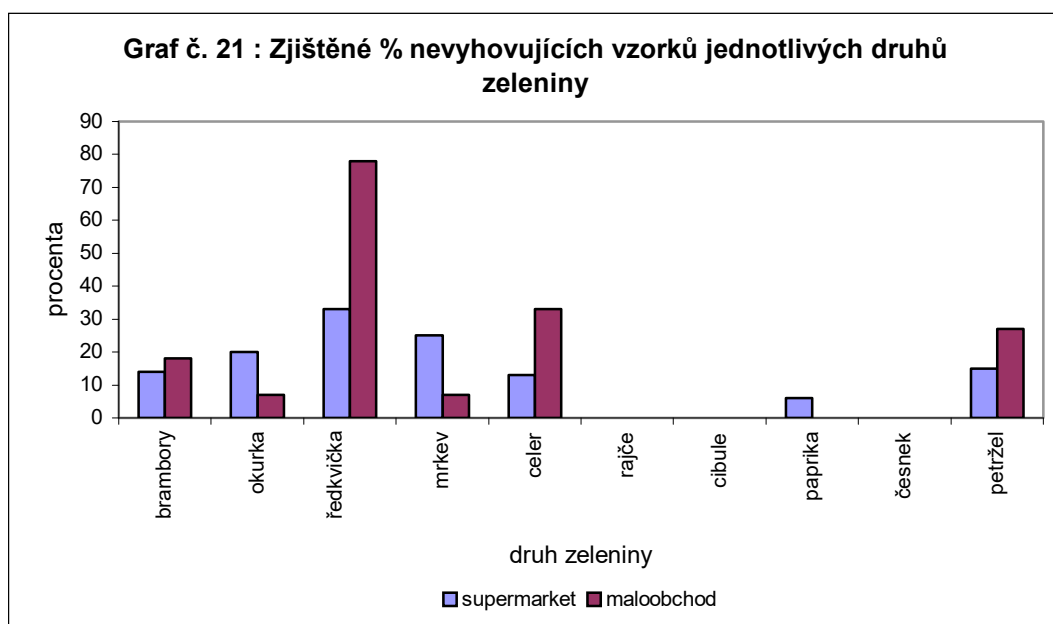




U petržele v *maloobchodech* bylo odebráno 15 vzorků. Nevyhovělo jich 27 %, to je celkem 4 vzorky. Hodnoty těchto vzorků jsou  $805,7 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $1309,9 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $1497,8 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  a  $1743,3 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Z těchto hodnot je zřejmé, že 3 hodnoty přesahují daný limit o více než 100 %. Nejvyšší hodnota byla změřena u vzorku č. 18 ze 7. 4. 2005 a přesáhla přípustný limit o 149 %. Nejnižší hodnota činila  $35 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  a byla zjištěna u vzorku č. 23 z 17. 7. 2005. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v petrželi odebrané v maloobchodech znázorňuje graf č. 20.



Graf č. 21 ukazuje celkové procento nevyhovujících vzorků zeleniny odebraných v Rakovníku v obchodní síti za rok 2004 a 2005.



Ze všech naměřených hodnot analyzovaných vzorků byl vypočten průměr a směrodatná odchylka pro jednotlivé druhy zeleniny (tab. č. 9).

Tab. č. 9 : Průměrné obsahy dusičnanů ( $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a vypočtené směrodatné odchylky

Druh zeleniny	Supermarket			Maloobchod		
	Počet analyzovaných vzorků	Průměr	Směrodatná odchylka	Počet analyzovaných vzorků	Průměr	Směrodatná odchylka
BRAMBOR	14	197	146,3	17	303	175,1
OKURKA	15	233,9	152,6	14	206,2	175,2
ŘEDKVIČKA	15	1310,1	710,3	9	1809,8	898,7
MRKEV střed	12	542,2	646,4	15	200,3	226,3
MRKEV periferie	12	104,5	101,3	15	87,1	57,3
CELER	15	392	460,5	15	720	824,8
RAJČE	16	50,9	17,3	15	52,8	17,8
CIBULE	16	49,3	20	15	58,4	59,5
PAPRIKA	16	149,3	348,5	18	53,2	70,3
ČESNEK	12	68,5	28,1	15	106	98,3
PETRŽEL	13	395,3	457	15	518,9	553,4

Z tabulky č. 9 je zřejmé, že některé vypočtené průměry obsahu dusičnanů jsou vyšší než připouští norma a rozpětí naměřených hodnot se pohybuje v širokém pásmu, tzn. že obsah dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny je značně nevyrovnaný.

## 6 ZÁVĚR

V současné době měření obsahu nitrátů prováděná Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí na regionálních odborech nevykazuje příliš velkou frekvenci. Vzhledem k nedostatečné legislativě se v některých regionech neprovádí vůbec. Příležitostně je analyzována zelenina (hlavně salát) v souvislosti s většími dovozy. Proto cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu nitrátů v běžných druzích zeleniny a bramborách nabízených obchodní sítí města Rakovníka. Obsah nitrátů v zelenině byl zjišťován v průběhu roku 2004 a 2005.

Bylo odebráno a analyzováno 292 vzorků z devíti druhů zeleniny a brambor. 144 vzorků bylo odebráno v supermarketech a 148 vzorků v maloobchodech. Z tohoto celkového počtu analyzovaných vzorků 13 % nevyhovělo limitu stanoveného vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb.

Z naměřených výsledků vyplývá, že v letech 2004 a 2005 bylo zjištěno v obchodní síti v Rakovníku nejvíce nevyhovujících vzorků u ředkviček, mrkve, petržele a brambor. Za dusičnany nejméně kontaminované zeleniny lze považovat plodovou zeleninu a cibuloviny.

I přes zjištění nevyhovujícího množství dusičnanů v několika vzorcích brambor nelze spatřovat v bramborách vzhledem k jejich větší konzumaci potenciální riziko vyššího příjmu dusičnanů. Jakákoliv kuchyňská úprava brambor snižuje obsah dusičnanů v hlízách a nelze tedy při hodnocení nežádoucího přísunu dusičnanů ve stravě brát v úvahu obsah dusičnanů v syrových hlízách. Vzhledem k tomu, že mezinárodní zdravotnická organizace (WHO) považuje za akceptovatelnou denní dávku (ADI) pro dusičnany 0 – 3,7 mg na kg tělesné hmotnosti dospělého člověka, stala by se toxickou konzumace např. 4 kg ředkviček nebo 8 kg kořenové zeleniny při obsahu nitrátů na hranici povolených limitů. Konzumace takového množství je však méně pravděpodobná. Samozřejmě jiná je situace u malých dětí, hlavně u kojenců, kde hrozí riziko alimentární methemoglobinémie zejména po konzumaci pokrmů z kořenové zeleniny a košťálovin. Proto by se měly před konzumací nebo při přípravě pokrmů pro malé děti odstraňovat rizikové části zeleniny – dřevná část kořenové zeleniny a košťál u košťálové zeleniny, a zelenina by se měla tepelně zpracovávat.

MC KNIGHT a kol. (1999) upozorňuje na skutečnost, že nitráty v potravě mohou mít i terapeutickou úlohu, spočívající především ve snižování rizika onemocnění různými gastroenteritidami. BOINK a SPEIJERS (2001) uvádí, že běžné příjmy nitrátů

nepředstavují hrozbu pro lidské zdraví. Nahodilé vstupy převyšující ADI znamenají zanedbatelné riziko. Nicméně, vysokému příjmu nitrátů po delší dobu bychom se měli vyhnout.

Při hodnocení dusičnanů v zelenině jako možného rizika pro zdraví člověka je nutné zdůraznit, že zelenina je také důležitým zdrojem vitamínů a minerálních látek. Kyselina askorbová, která značnou měrou inhibuje endogenní tvorbu karcinogenních nitrosaminů v organismu, je právě obsažena hlavně v zelenině. Za další pozitivní vliv zeleniny je třeba považovat i to, že obsahuje velké množství vlákniny. Významná je též nízká energetická hodnota zeleniny. Z těchto skutečností je možné konstatovat, že pozitivní účinky zeleniny převyšují nad negativním působením dusičnanů na lidský organismus i při jejich náhodném zvýšeném obsahu v zelenině.

Z výsledků této práce nelze vyvozovat širší obecné závěry, neboť údaje o původu a typu zeleniny se nepodařilo vždy zjistit.

Pro zlepšení celkového stavu zeleniny dodávané na náš trh je potřeba neustále provádět alespoň namátkové kontroly jakosti zeleniny jednotlivých obchodních řetězců a dodavatelů, tak aby se v obchodní síti nacházela pouze zelenina zdravotně nezávadná a kvalitní.

## 7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. **AMR, A., HADIDI, N.:** *Nitrate content of the vegetables marketed in Jordan.* Dirasat – Agricultural – Sciences, 29(3), 2002, str. 276-284.
2. **BABIČKA, L., POUSTKOVÁ, I.:** *Než uskladníme mrkev.* Zahrádkář, ročník 37, říjen 2005, str. 17.
3. **BAIER, J., BAIEROVÁ, V.:** *Jak hnojit na zahrádce.* SZN, Praha, 1988, str. 208.
4. **BAKOWSKI, J., MICHALIK, H., HARBOWITZ, M.:** *Effect of package and storage conditions on the same quality factors of spinach and crisp lettuce.* Bulletin of Vegetable Crops Research Work, č. 45, 1996, str. 91 – 103.
5. **BÁRTA, J., DIVIŠ, J. :** *Obsah dusičnanů v bramborách a hnojení dusíkem.* Úroda, ročník 48, č. 11, 2000, Příloha : Brambory, str. 10-11.
6. **BARTOŠ, J. a kolektiv :** *Pěstování a odbyt zeleniny.* Vydal Ing. František Savov – AGROSPOJ, 2000, str. 323.
7. **BARTOŠ, J., HOLÍK, K.:** *Technologie výroby polní zeleniny s ohledem na ŽP.* Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1990, str. 60.
8. **BERÁNEK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- ERÁNEK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- RÁNEK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- ÁNEK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- NEK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- EK, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- K, K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- , K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- K., KLEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- LEMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- EMENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- MENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- ENT, V., MED, J.:** *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000.* Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.

- NT, V., MED, J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- T, V., MED, J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- , V., MED, J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- ED, J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- D, J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
- , J.: *Dusičnany v bramborách v období 1991 – 2000*. Agro, ročník 6, červen 2001, str. 28 – 29.
9. BIELEK, P. a kol.: *Kumulácia dusičnanov v zeleninách (príčiny a východiská)*. Vydala pobočka ČSVTS při VÚPVR, Bratislava, 1986, str. 96.
10. BÍZIK, J.: *Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom*. Veda, Bratislava, 1989, str. 192.
11. BOINK, A., SPEIJERS, G.: *Health effects of nitrates and nitrites, a review*. Acta-Horticulturae, č. 563, 2001, str. 29-36.
12. BROWN, J. R.: *Nitrate in soils and plants*. Research Bulletin, č. 920, 1999, University of Missouri, Columbia.
13. BUCHTOVÁ, I.: *Situační a výhledová zpráva – zelenina*. Vydalo Mze, Praha, 2004, str.49.
14. BUCHTOVÁ, I.: *Situační a výhledová zpráva – zelenina*. Vydalo Mze, Praha, 2005, str.54.
15. BUCHTOVÁ, I.: *Situační a výhledová zpráva – zelenina*. Vydalo Mze, Praha, 2003, str. 53.
16. CIESLIK, E.: *The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the levels of nitrates and nitrites*. Food – Chem. Essex, 49, č.3, 1994, str. 287 – 293.
17. ČERNÝ, L., KŘOVÁČEK, J., VAŠÁK, J.: *Jarní hnojení minerálními hnojivy – Výživa N po přezimování*. Zemědělec, ročník 14., č. 3, 2006, str. 11.
18. DOUCHA, M.: *Sledování obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny produkovaných malovýrobcem a distribuovaných obchodní sítí ve zvoleném regionu*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita, 2003, str. 82.
19. FLOHROVÁ, A.: *Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního*. Studie VTR, ÚVTÍZ, Praha, 1990, č. 6, str. 83.
20. FLOHROVÁ, A.: *Trendy v pěstování polní zeleniny*. Studie VTR, ÚVTÍZ, Řada Rostlinná Výroba, Praha, 1991, č. 1, str. 60.



, J.: *Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor*. Bramborářství, ročník 8., č. 1, 2000, str. 6-7.

22. HENSELER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

ENSELER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

NSELER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

SELER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

ELER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

LER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

ER, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

R, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

, K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

K.: *Co schází vašim rostlinám?* Perfekt, Bratislava, 1994, str. 95.

23. JAVORSKÝ, P. a kol.: *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích*. MZVŽ, ČSR, Praha, 1987, str. 397.

24. JAWORSKA, G.: *Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach: effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach*. Food – Chemistry, 93(3), 2005, str. 395-401.

25. KALÁČ, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

ALÁČ, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

LÁČ, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

AČ, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

Č, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

, P., MÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

ÍKA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

KA, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

A, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

, V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

V.: *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užítkovost hospodářských zvířat*. MZVŽ, České Budějovice, 1988, str. 212.

1988, str. 212.

988, str. 212.

88, str. 212.

8, str. 212.

, str. 212.



26. **KALÁČ, P., MÍKA, V.:** *Přirozené škodlivé látky*. MZVŽ, České Budějovice, 1997, str. 317.
27. **KALEMBASA, S., DESKA, J.:** *Effect of doses and farms of nitrogen an yields of leaves and nitrate concentration in lettuce*. In: *Nitrates in agricultural ecosystems*, akademia Rolniczo – Techniczna olsztyn, 1996, str. 145 – 149.
28. **KALINA, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- ALINA, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- LINA, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- INA, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- NA, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- A, M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- , M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- M.:** *Kompostování a péče o půdu*. Grada Publishing, Praha, 1999, str. 112.
- 999, str. 112.
- 99, str. 112.
- 9, str. 112.
- , str. 112.
29. **KATHAN, J. G.:** *Nitrateinfluss bei Spinat, Kopfsalat und Möhren*. Dtsch. Gtnbau, 3/1983, str. 102 – 103.
30. **KOLÁŘOVÁ, H.:** *Vliv různých podmínek skladování vybraných druhů zeleniny na obsah nitrátů*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v ČB, 2003, str. 68.
31. **KOLEK, J., KOZINKA, V. a kol.:** *Fyziologie koreňového systému rastlín*. Metodické příručky experimentálnej botaniky, VEDA, Bratislava, 1988, str. 384.
32. **KOWAL, J. J., BURKER, A. V.:** *Growth and composition of cabbage as affected by nitrogen nitrition*. *Comun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 12/1981, str. 979 – 995.
33. **LIŠŤANSKÁ, J., APLTAUER, J.:** *Působení inhibitorů nitrifikace na přeměnu dusíku v půdě*. In: *Sborník referátů z odborné akce „Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci“*, ČSVTS, České Budějovice, 1989, str. 50 – 55.
34. **MALÝ, I.:** *Jakost zeleniny podle norem*. *Zahradkář*, ročník 33, září 2001, str. 16.
35. **MARKOWSKÁ, A., KOTKOWSKÁ, A., FURMÁNEK, W.:** *Studies on the contents of nitrates and nitrites in selected fres and thermal processed vegetables*. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 46, č. 4, 1995, str. 349 – 355.
36. **MATULA, J.:** *Výživa a hnojení dusíkem*. *Agro*, ročník 2, červenec 1997, str. 42 – 45.
37. **MC KNIGHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* *British Journal of Nutrition*, č.81, 1999, str. 349 – 358

- C KNIGHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- KNIGHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- NIGHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- IGHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- GHT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- HT a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- T a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- a kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- kol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- ol.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- l.:** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- .::** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- :** *Dietary nitrate in man: friend or foe?* British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
- 99, str. 349 – 358
- 9, str. 349 – 358
- , str. 349 – 358
38. **MÍČA, B., VOKÁL, B., PENK, J.:** *Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu.* MZ ČR, Praha, 1991, str. 75.
39. **MÍKA, V. a kol.:** *Kvalita píče.* ÚZPI, Praha, 1997, str. 227.
40. **NÁTR, L.:** *Fotosyntetická produkce a výživa lidstva.* ISV nakladatelství, Praha, 2002, str. 423.
41. **PECHOVÁ, B. a kol.:** *Processes of nitrate accumulation in vegetable crops.* In: Scientia agricultural bohemica, ročník 29, č. 2, 1998, str. 93 – 118.
42. **PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L.:** *Jakost a zpracování rostlinných produktů.* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2001, str. 235.
43. **PEKÁRKOVÁ, E.:** *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny.* Grada Publishing, Praha, 2001, str. 72.

44. **PEKÁRKOVÁ, E.:** *Pěstujeme mrkev, ředkvičky, celer a další kořenovou zeleninu.* Grada Publishing, Praha, 2004, str. 100.
45. **PEKÁRKOVÁ, E., LIŠKA, P., POLCAROVÁ, E.:** *Zelenina.* BRIO, Praha, 1997, str. 130.
46. **PEKÁRKOVÁ, E.:** *Pěstujeme zdravou zeleninu.* SNTL Květ, Praha, 1992, str. 144.
47. **PLHÁK, F.:** *Physiological and ecological aspects of nitrate and amonium nutrition in plants.* Biologia 97, Masarykova univerzita Brno, 1998, str. 121.
48. **POKORA, J.:** *Jakost čerstvého ovoce a zeleniny.* Zemědělec, ročník 10, leden 2002, str. 12.
49. **PREMUZIC, Z., VILELLA, F., GARATE, A., BONILLA, I.:** *Production and quality of winter field and greenhouse grown lettuce (Lactuca sativa).* Acta – Horticulturae, 607/2003, str. 149-155.
50. **PROCHÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**ROCHÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**OCHÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**CHÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**HÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**ÁZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**ZKA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**KA, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**A, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
**, S. a kol.:** *Fyziologie rostlin.* Academia, Praha 1998, str. 484.  
1998, str. 484.  
998, str. 484.  
98, str. 484.  
8, str. 484.  
, str. 484.
51. **PRUGAR, J.:** *Výskyt dusičnanů v pol'nohospodárskych produktoch.* In: Sborník z celoslovenského seminára Dusičnany v pol'nohospodárskych produktoch, OvSa, Bratislava 1987, str. 18 – 29.
52. **PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv formy a způsobu aplikace dusíkatých hnojiv na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách.* Zahradnictví, roč. 23, č. 4, 1996, str. 141 – 149.
53. **PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1995, řada Rostlinná výroba, č. 3, str. 52.
54. **PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.  
**RUGAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.

- UGAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- GAR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- AR, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- R, J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- , J., HADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- ADAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- DAČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- AČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- ČOVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- OVÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- VÁ, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- Á, V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- , V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
- V.:** *Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině.* Studijní zpráva ÚZPI, Praha, 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, str. 60.
55. **PRUGAR, J., PECHOVÁ, B.:** *Výskum problematiky dusičnanov v zeleninách na Ústave podoznavectva a výživy rastlín VCPÚ v Bratislave /1981 – 1989/.* In: Sborník referátů z odborné akce „Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci“, ČSVTS, České Budějovice, 1989, str. 9 – 32.
56. **PRUGAR, J., PRUGAROVÁ, A.:** *Dusičnany v zelenině.* Příroda, Bratislava, 1985, str. 150.
57. **RAJCHARD, J., BALOUNOVÁ, Z., KVĚT, J., ŠANTRŮČKOVÁ, H., VYSLOUŽIL, D.:** *Ekologie III.* KOPP České Budějovice, 2002, str. 197.
58. **RESCHOVÁ, M.:** *Sledování obsahu nitrátů v zelenině distribuované obchodní sítí.* Diplomová práce, Jihočeská univerzita v ČB, 2000, str. 67.
59. **ROGOZINSKÁ, I. a kol.:** *Role of mineral fertilization in formation of nitrates in potato tubers.* In: Nitrates in agricultural ecosystems, polska Akademia Nauk, 1996, str. 301 – 307.

60. **SKUPINOVÁ, S.:** *Odrůdové rozdíly obsahu dusičnanů v mrkvové šťávě.* Zahradnictví, ročník 25, č. 4, 1998, str. 145 – 153.
61. **SLÁMA, T.:** *Proč je správné hnojit na jaře ledkem.* Agro, ročník X., č. 1, 2005, str. 32.
62. **SLAVÍKOVÁ, J.:** *Ekologie rostlin.* Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986, str. 366.
63. **SOUKUP, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- OUKUP, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- UKUP, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- KUP, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- UP, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- P, J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- , J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- J., MATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- ATOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- TOUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- OUŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- UŠ, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- Š, J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- , J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
- J.:** *Výživa rostlin substráty, voda v okrasném zahradnictví.* SZN, Praha, 1979, str. 279.
64. **ŠEBÁNEK, J.:** *Fyziologie rostlin.* SZN, Praha, 1983, str. 558.
65. **TABACH, A.:** *Biozahrada – zahrada bez chemie.* Artpress servis, Praha, 1991, str. 55
66. **TESAŘ, S., VANĚK, V.:** *Výživa rostlin a hnojení.* VŠZ Praha, 1992, str. 151.
67. **TIBENSKÁ, M., SYNEK, M.:** *Dusičnany a dusitany v mrkve z hladiska alimentárnej methemoglobinémie dojčiat.* Bratislavské lekárske listy, 78/1982, str. 179 – 187.
68. **TORMA, S.:** *Dusík – nenahraditelný prvek v půdě a rostlině.* Agro, ročník X., 1/2005, str. 27 – 29.

69. **TRÁVNÍK, K.:** *Sledování pohybu živin v půdě.* Úroda, ročník LIII, 5/2005, str. 36 – 39.
70. **TRYNER, M.:** *Rozpitvaná nitrátová hysterie.* Zemědělec, ročník 2, č. 23, 1994, str. 9.
71. **VANĚK, V., TLUSTOŠ, P.:** *Nitráty v rostlinách.* Farmář, ročník 5, 6/1999, str. 24 – 25.
72. **WIERZBICKA, B., KUSKOWSKA, M., MAJKOWSKA, J.:** *The level of nitrates in edible parts of vegetable species.* Sodininkyste-ir-Darzininkyste, 19(3(2))/2000, str. 444-450.
73. **ZELENÝ, F.:** *Výživa rostlin a potřeba hnojení.* Studijní informace ÚZPI, Praha 1993, řada Rostlinná výroba, č. 4., str. 60.

**Internetové zdroje :**

74. [http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/search\\_lif.html](http://europa.eu.int/eur-lex/en/search/search_lif.html)
75. EPIS – Ekonomicko-právní informační systém, verze 4.03-2006
76. HEJTMÁNKOVÁ, A.: Prvky. ČZU, Praha, 2003.
77. [www.mzcr.cz](http://www.mzcr.cz)

## **8 PŘÍLOHY**