

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Význam a složení zeleniny</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Zdravotní rizika zeleniny</b> .....	<b>5</b>
2.2.1	Rizikové obsahové látky .....	5
2.2.2	Dusičnany a dusitany .....	5
2.2.2.1	Akumulace dusičnanů.....	6
2.2.3	Nitrosaminy .....	8
<b>2.3</b>	<b>Dusík v půdě</b> .....	<b>9</b>
3.1	Význam dusíku v půdě .....	9
3.2	Přeměny dusíku.....	10
<b>2.4</b>	<b>Dusík v rostlině</b> .....	<b>12</b>
2.4.1	Příjem dusíku .....	12
2.4.1.1	Příjem a asimilace nitrátového dusíku .....	13
2.4.1.2	Příjem a asimilace amoniakálního dusíku .....	16
<b>2.5</b>	<b>Faktory ovlivňující obsah nitrátů v zelenině</b> .....	<b>17</b>
2.5.1	Vliv druhu a odrůdy zeleniny .....	17
2.5.2	Vliv agroekologických podmínek.....	18
2.5.2.1	Světelné podmínky .....	19
2.5.2.2	Tepelné podmínky .....	20
2.5.2.3	Vlhkostní podmínky .....	20
2.5.3	Vliv hnojení .....	21
2.5.3.1	Hnojení organickými hnojivy .....	21
2.5.3.2	Hnojení minerálními hnojivy.....	22
2.5.4	Vliv sklizně a posklizňové manipulace .....	25
2.5.5	Skladování zeleniny.....	26
<b>2.6</b>	<b>Přípustné max. hodnoty obsahu dusičnanů podle vyhl. č. 53/2002 Sb.</b> .....	<b>27</b>
2.6.1	Výklady pojmů pro jednotlivé skupiny potravin .....	27
2.6.2	Dusičnany .....	27
<b>3</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou (ISE)</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Výpočet koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ze stanovení pomocí ISE</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Odběry vzorků</b> .....	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....	Chyba! Záložka není definována.
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	Chyba! Záložka není definována.
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	Chyba! Záložka není definována.
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	Chyba! Záložka není definována.

## 1 ÚVOD

V současné době se stává zelenina každodenní součástí našeho jídelníčku. Lidé si postupně uvědomují význam zeleniny a dávají jí přednost před masnými a moučnými výrobky. Zeleniny obsahuje velké množství vitamínů, minerálních látek a přiměřené množství vlákniny. Částečně napravuje i špatné stravovací návyky moderního člověka. Její trend se neustále zvyšuje, za rok 2004 dosáhla spotřeba zeleniny v České republice 79,8 kg čerstvé hmoty na osobu na rok (BUCHTOVÁ 2004). I přes příznivý vývoj je spotřeba v ČR stále na nižší úrovni než v zemích Evropské unie.

Pro člověka nejsou dusičnany samy o sobě nebezpečné. Při určitých podmínkách se ale mohou v trávicím traktu přeměňovat na dusitany, které zdravotní riziko představují. Ohroženi jsou především kojenci, u kterých mohou vyvolat alimentární kojeneckou methemoglobinemii. Za přispěním některých faktorů se mohou v lidském organismu dusitany přeměňovat při reakci s aminy na nitrosaminy.

Z tohoto důvodu je důležité pravidelně kontrolovat jakost ovoce a zeleniny, která přichází na náš trh. V České republice kontrolu jakosti a zdravotní nezávadnosti čerstvého ovoce a zeleniny vykonává Česká zemědělská a potravinářská inspekce. Její oprávnění pro tuto činnost je dáno zákonem č. 63/86 Sb., kterým byla ČZPI zřízena, a dále zákonem č. 110/97 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích. Její kontrola je zaměřena na obsah cizorodých látek, mezi které se řadí i dusičnany.

V zeleninových výpěstcích je nitráty však za cizorodé látky považovat nelze, protože jsou produktem normálního metabolismu rostliny. Nejsou tedy cizorodou látkou rostlinných pletiv, ale představují přirozenou anorganickou zásobu dusíku, která by v dalších fázích vývoje rostliny mohla být přeměněna na organické látky a využita. Je-li jejich koncentrace ve sklizňové fázi rostliny nadměrná a přesahuje určitou mez, stávají se dusičnany látkou nežádoucí.

Akumulace nitrátů v zelenině závisí na vnějších a vnitřních faktorech. K vnějším faktorům patří agroekologické podmínky stanoviště, hnojení, sklizeň a skladování zeleniny. Z vnitřních faktorů jsou to především biologické vlastnosti druhu a odrůdy rostliny.

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

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Význam a složení zeleniny

Význam zeleniny v potravě je dán její druhovou pestrostí, možností pěstovat ji v méně příznivých teplotních podmínkách a snadnou dosažitelností během celého roku. Přijímá se většinou v čerstvém stavu, který zachovává v plné míře obsažené cenné látky, především vitamíny A a C, ale také B1, B2, B6, B7, E, H, K a P (PEKÁRKOVÁ 2002).

Vitamíny jsou nejdůležitějšími obsahovými látkami, z nichž nejvýznamnějšími jsou A a C. Bez vitamínů se lidský organismus neobejde a sám si je nedovede vyrobit.

Vitamín A, který má protinfekční účinky a je důležitý pro funkci zraku, vývinu a růstu, je v rostlinách obsažen pouze ve formě provitaminů, především  $\beta$ -karotenu. Teprve v lidském organismu vzniká z karotenů vitamín A. Nejvíce  $\beta$ -karotenu obsahuje mrkev, kapusta špenát a ostatní listová zelenina (DUDÁŠ, PELIKÁN 1989).

Vitamín C, jehož hlavní součástí je kyselina L-askorbová, je důležitý pro prevenci avitaminózy. Zasahuje do syntézy mnoha hormonů, ovlivňuje vstřebávání železa a aktivuje detoxikační systém, kterým se organismus zbavuje cizorodých látek, mimo jiné i tabákového kouře a alkoholu. Účastní se i přeměny cholesterolu a žlučové kyseliny v játrech. Patří mezi ochranné protistresové látky, zvyšuje odolnost vůči infekci a má antikarcinogenní účinky. Ze zeleniny je jeho nejbohatším zdrojem paprika, růžičková kapusta, a naťová a listová zelenina, především její zelené nevybělené části (petržel, kopr, listy celeru, naťová cibule, pažitky). Je zajímavé, že plané formy mají obvykle více vitamínu C než formy šlechtěné. Vitamín C v rostlinách přibývá až do konzumní zralosti, pak jeho obsah klesá. Na vzduchu, světle a teple se však rozkládá. Lidský organismus si nedovede vytvářet zásoby vitamínu C, proto je potřeba postarat se o jeho pravidelný přísun každodenním konzumem zeleniny (BARTOŠ a kol. 2000).

Z minerálních látek obsahují listové ale i jiné zeleniny nejvíce draslíku, železa, vápníku a zinku. Dieteticky cenný je také obsah chlorofylu a jeho hořčičková složka. I když v malém množství, jsou pro lidský organismus nepostradatelné, zejména pro výživu mozku a nervové soustavy. Regulují fyziologické a biochemické funkce – stavbu kostí, zubů, tvorbu enzymů hormonů a dalších látek. Zelenina je jejich nejdůležitějším zdrojem a navíc se v ní vyskytují v lehce přijatelných sloučeninách (PEKÁRKOVÁ 1992).

Lidské tělo si udržuje určitý poměr mezi zásadotvornými minerálními látkami (sodík, draslík, vápník, hořčík, železo) a kyselinotvornými prvky (fosfor, síra, chlór). Většina zdrojů potravy obsahují hlavně kyselinotvorné minerálie. Jen ovoce a zelenina obsahuje nadbytek zásadotvorných prvků a jsou proto důležitým regulátorem acidobazické rovnováhy v organismu (DUDÁŠ a PELIKÁN 1989).

Předpokladem dostatku cenných obsahových látek je ovšem odpovídající posklizňové zacházení. Zavadlé nebo zežloutlé listy svoji hodnotu ztrácejí.

Energetická hodnota zeleniny je nízká, pohybuje se mezi 50 až 1500 kJ na 1 kg čerstvé hmoty. Obsahují kolem 90% vody, jen málo sacharidů (5%), zanedbatelný je obsah bílkovin (1%). Hrubé vlákniny obsahují také poměrně málo, 1,4 až 2,1 g na kg hmoty, poněkud vyšší obsah vlákniny mají natě. Zato se jedná o jednu z nejvýznamnějších obsahových látek. Je prokázáno, že nízká spotřeba vlákniny má souvislost s chorobami zažívacího traktu, srdce a cév a se vznikem zhoubných nádorů. Část vlákniny se v trávicím traktu rozloží a stráví, část odchází z těla jako nestravitelný balast. Nestravitelnost však neznamená neúčinnost. Obě součásti (stravitelná i nestravitelná) jsou pro zdraví člověka stejně důležité. Ve vlákninovém komplexu mají důležitou funkci pektiny. Jsou to látky, které mají vysokou bobtnací schopnost a tím přispívají k regulaci trávicího procesu. Vysoký obsah celkové vlákniny tzn. přes 3% mají zelí, kapusta a tuřín.

Zdravotní význam zeleniny podle PEKÁRKOVÉ (2002) v potravě tedy můžeme shrnout takto:

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

## **2.2 Zdravotní rizika zeleniny**

### **2.2.1 Rizikové obsahové látky**

Zelenina může obsahovat i některé nežádoucí látky, které nazýváme antinutriční. Některé z nich jsou přímo 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 těžké kovy a jiné průmyslové imise a rezidua pesticidů. Nebezpečí těchto látek se právem zdůrazňuje tím více, čím více stoupá znečištění životního prostředí. V některých případech se však v povědomí naší veřejnosti vytvořila do značné míry představa, že zelenina je hlavním, ne-li jediným nositelem nebezpečných škodlivin. Přitom nežádoucí cizorodé látky se dnes dostávají do lidského organismu i v jiných složkách potravy – v mase, mléce, pitné vodě. Kromě toho je dýcháme. Proto se dnes usiluje o snižování obsahu cizorodých látek ve všech potravinách (NÁTR 2002).

### **2.2.2 Dusičnany a dusitany**

Dusičnany nelze v rostlinách považovat za cizorodé látky, protože jsou jedním z běžných asimilačních produktů všech rostlin. Jejich obsah se v rostlinách pohybuje od stop do 20 000 mg v 1 kg (PEKÁRKOVÁ 1992).

Přímé negativní důsledky působení dusičnanů na lidský organismus nejsou prokázány. Jejich biologicky nepříznivé účinky zpravidla spadají do fáze jejich přeměny za účasti mikroflóry trávicího traktu na dusitany (bakterie musí produkovat nitrátreduktázu). K redukci mikrobiální cestou působením enzymů nitrátreduktáz dochází exogenně nebo endogenně. Exogenně nastává při transportu, uskladnění a zpracování rostlinných produktů. Endogenně dusitany vznikají v trávicí soustavě (ústní dutině, žaludku a střevech) (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Dusitany se v lidském organismu mohou spojit s iontem železa krevního barviva hemoglobin a oxidací iontu  $Fe^{2+}$  na  $Fe^{3+}$  se vytvoří methemoglobin, který není schopen vázat kyslík. Tím, že krev ztrácí schopnost přenášet kyslík ke tkáním, dochází ke vzniku methemoglobinemie. Tato porucha představuje životní riziko především pro kojence do 2 – 4 měsíců života (MÍČA, VOKÁL a PENK 1991).

Vnější projevem je šedomodré až modrofialové zbarvení sliznic a pokožky okrajových částí těla, hlavně rtů, provázané poklesem krevního tlaku zvýšenou tepovou frekvencí a dýchavičností. První symptomy se projevují při koncentraci 6 – 7% methemoglobinu v krvi. Nad 40% už může způsobit smrt. Reduktázy červených krvinek dospělého člověka mají schopnost přeměnit vytvořený methemoglobin zpět na hemoglobin (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

PENNINGTON (1998) uvádí, že člověk denně přijme od 53 do 350 mg nitrátů a 0 až 20 mg nitritů. Za hlavní zdroj nitritů považuje maso, uzené ryby a masné výrobky.

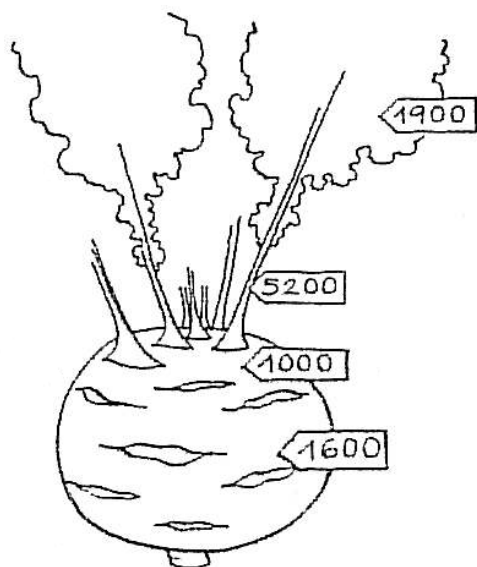
Zdrojem nitrátů je z celkového denního příjmu 150 mg 50% zelenina, z toho 25% brambory, 10% pitná voda a asi 9% maso (PEKÁRKOVÁ 1992).

Nejvýznamnějšími organizacemi v oblasti aditiv a kontaminantů jsou Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) a Světová zdravotnická organizace (WHO). Za denní přijatelnou dávku (ADI), která může být v průběhu života denně přijatá bez negativních účinků, bylo organizací FAO/WHO stanoveno denní množství dusičnanů odpovídající 3,65 mg  $\text{NO}_3^-$  na 1 kg tělesné hmotnosti (PENNINGTON 1998).

Pro pitnou vodu je stanovena hranice dle WHO 50 až 100 mg  $\text{NO}_3^-$  na litr. U nás je stanovena norma 50 mg na litr pro dospělé osoby a 15 mg na litr pro kojence (NÁTR 2002).

#### **2.2.2.1 Akumulace dusičnanů**

Různé druhy zeleniny mají rozdílný metabolismus a rozdílně hromadí dusičnany. Intenzita akumulace dusičnanů u téže rostliny je různá a zpravidla zachovává pořadí: semena < plody < hlízy < kořeny < listy. Z tohoto je zřejmé, že z hlediska příjmu dusičnanů je důležité i to, který orgán rostliny je konzumován. Rozdíly v obsahu dusičnanů se však vyskytují i v rámci téhož orgánu. Např. řepík listu salátu, kedlubny nebo špenátu obsahuje až 10x více dusičnanů než čepel (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994). Proto jsou největší problémy se zeleninou kořenovou, listovou a košťálovinami (FLOHROVÁ 1990).



Obr. č. 1: Hromadění dusičnanů v rostlině (PRUGAR, 1994)

U kedluben je nejnižší obsah dusičnanů v horní části bulvy ( $1000 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ), poněkud vyšší je ve spodní části bulvy ( $1600 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ), ještě vyšší v listových čepelích ( $1900 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a nejvyšší v řapících ( $5200 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

Podle schopnosti daného druhu zeleniny akumulovat dusičnany se pak projevuje i různá závislost na aplikovaných dávkách dusíkatých hnojiv (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Hromadění dusičnanů závisí na mnoha vlivech. Důležitým faktorem je intenzivní dusíkaté hnojení, dále pak podmínky, ve kterých zelenina roste, použitá technologie, způsob sběru a posklizňová ošetření (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

I při značném obsahu dusičnanů v půdě je skupina rostlin, která ukládá poměrně malé množství dusičnanů. Patří sem např. rajče, okurky, cibule, luskoviny. Jiné druhy, ke kterým patří např. mrkev, květák a kedlubna vykazují i při přiměřeném dusíkatém hnojení střední obsah  $\text{NO}_3^-$ . Ke kulturám, které mají zpravidla vysoký obsah dusičnanů, patří např. salát, špenát a červená řepa (PEKÁRKOVÁ 2001).

Tab. č. 1: Zařazení jednotlivých druhů zeleniny do skupin podle hromadění dusičnanů podle FLOHROVÉ (1990):

Intenzita hromadění NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Obsah NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg . kg <sup>-1</sup> )	Zeleninové druhy
nízká	do 200	rajče, okurka, cibule, paprika, růžičková kapusta, čekanka, hrášek, fazolové lusky, lilky, brambory
střední	200 až 600	mrkev, květák, kedlubna, zelí, pór, celer, cuketa
vysoká	600 až 4000	salát, špenát, červená řepa, endívie, polníček, ředkvička, mangold, fenykl, pekingské zelí, kapusta, kadeřávek

### 2.2.3 Nitrosaminy

Nitrosaminy samotné se v zemědělských surovinách běžně nevyskytují, za určitých podmínek však mohou vznikat ze svých prekurzorů (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Z výsledků testace N-nitrosloúčenin na mnoha živočišných druzích byl prokázán až u 80% nitrosloúčenin karcinogenní účinek. Také v lidském organismu byly při působení nitrosaminů zjištěny karcinogenní účinky. Na základě pokusů se zvířaty byla odhadnuta maximální přípustná koncentrace nízkomolekulárních nitrosaminů v potravinách, uvádí se mezi 2-100  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (MÍČKA, VOKÁL a PENK 1991).

Nitrosaminy jsou iniciátorem karcinogenního procesu v epitelu žaludku, nosohltanu, jícnu, močovém měchýři nebo mozku. Zatímco nízké pH žaludeční šťávy výrazně zpomaluje redukci nitrátů na nitrity, anaerobní prostředí ji urychluje. Je proto prakticky vyloučena tvorba nitrosaminů za normálního fyziologického stavu v žaludku i v dalších úsecích trávicí trubice (TUREK, HRUBÝ a ČERNÁ 1994).

Důležité ale také je, že existují inhibitory, které vzniku nitrosaminů v těle brání. Jedněmi z nejúčinnějších jsou vitamin C a E, bohatě obsažené právě v zelenině. Pokusy s vlivem látek obohacených vitamínem C a E na blokaci tvorby nitrosaminů, které byly prováděny na francouzském Mezinárodním ústavu pro výzkum rakoviny, ukázaly, že vitamin C, který je ve vodě rozpustný, blokoval proces tvorby nitrosaminů dokonce z 98%. Vitamin E měl účinek poněkud menší (PEKÁRKOVÁ 1992).



## 2.3 Dusík v půdě

Dusík je jednou z nejdůležitějších živin pro růst a vývoj rostlin. Do orné půdy se dostává z posklizňových zbytků, ze zeleného hnojení, statkových hnojiv, průmyslových hnojiv a amonných a dusičnanových solí nacházejících se ve srážkové vodě. Je také nepohyblivější základní živinou. Jeho obsah se nejvíce mění podle počasí a na něm závislém průběhu rozkladu organických hmot v půdě (PEKÁRKOVÁ 1992).

### 3.1 Význam dusíku v půdě

Optimální výživa dusíkem bezprostředně souvisí s obsahem jeho přístupných forem v půdě. Mezi jednotlivými formami dusíku se uplatňuje dynamická rovnováha. Celkový obsah dusíku se v půdě pohybuje v rozpětí 0,05 - 0,55%, přičemž ornice půd ČR obsahují 0,1 - 0,2%. Téměř veškerý půdní dusík se vyskytuje v organických vazbách a pouze 1 - 2% tvoří dusík minerální (TORMA 2005).

Zdrojem dusíku pro rostliny jsou organická a minerální hnojiva, fixace vzdušného dusíku symbiotickými i volně žijícími bakteriemi, elektrické výboje v atmosféře a také půdní organická hmota (BIELEK 1986).

Při koloběhu dusíku v půdě sehrávají důležitou roli zejména dva protichůdné procesy: mineralizace organických látek až na amoniak a imobilizace, tj. zpětné zabudování dusíku do půdní organické hmoty. Amonný dusík vzniklý při procesu mineralizace, popř. dodaný v hnojivech, je částečně přístupný rostlinám v půdním roztoku, částečně je oxidován (nitrifikován) přes nitrity na nitráty, ale určitý podíl je také fixován krystalickou mřížkou jílových minerálů. Nezanedbatelné množství zaujímají také ztráty dusíku z půdy, které představuje především vyplavování nitrátů a denitrifikace, tzn. únik dusíku ve formě  $N_2$  (BAIER a BAIEROVÁ 1988).

Z popsaných procesů je zřejmé, že obsah minerálního dusíku v půdě je veličina značně proměnlivá a závisí na celé řadě faktorů. RICHTER a HLUŠEK (1994) popisují také jeho sezónní dynamiku v půdě, která je charakterizována jarním a podzimním maximem a letní depresí. Přes značnou proměnlivost obsahu minerálního dusíku v půdě, je tato hodnota jednou ze základních informací pro optimalizaci dávek dusíku před setím nebo v průběhu vegetace.

### 2.3.2 Přeměny dusíku

Základními přeměnami dusíku jsou mineralizace, denitrifikace a utilizace. Při mineralizaci je prvním pochodem amonifikace. Pro tuto přeměnu je důležitý poměr C : N v rozkládané organické hmotě. Čím je v rozkládané hmotě více celkového N, tím více amoniaku se uvolňuje (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Na amonifikaci se podílí pestrá škála mikroorganismů aerobních i anaerobních. Probíhá v širokém rozpětí pH i v kyselém prostředí pod pH 5 (MATULA 1997).

Druhým pochodem je proces nitrifikace. Nitrifikace je biologický, enzymatický proces, při kterém se oxidují redukované dusíkaté látky s přechodným uvolňováním dusitanů a jejich následnou oxidací na dusičnany. Zdrojem dusíku na oxidaci jsou především amonné soli (autotrofní nitrifikace), případně také organické dusíkaté látky (heterotrofní nitrifikace). V procesech autotrofní nitrifikace rozlišujeme dva základní stupně. První je nitritace, kde se oxiduje amoniak na  $\text{NO}_2^-$  a druhým nitratice, kde pokračuje oxidace až na  $\text{NO}_3^-$ . V tomto procesu působí samostatně určitá skupina nitrifikačních mikroorganismů (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Na průběh nitrifikace působí půdní struktura, vodní a vzdušný režim, pH, teplota, vlhkost prostředí aj. V provzdušněných půdách s dobrou strukturou probíhá nitrifikace velmi intenzivně. Také zabránění kyselého pH a teplota kolem 20-25 °C podporuje nitrifikaci (FLOHROVÁ 1990).

Na intenzitu nitrifikace může mít nemalý vliv typ rostlinného pokryvu, a to především prostřednictvím kořenových výměšků sloužících jako zdroj dusíku pro nitrifikaci. Stimulačně působí zejména leguminózy, produkující kořenové výměšky s relativně vysokým obsahem dusíku. Mimo to, rostlinný pokryv může ovlivňovat nitrifikační aktivitu i prostřednictvím vlivu na aeraci půd (BIELEK a kol. 1986).

Jako snadno pohyblivá forma dusíku může být část nitrátů podle druhu půd a podmínek v půdě více či méně denitrifikována. Tento proces způsobují bakterie, které z nitrátů dostávají potřebný kyslík, je-li půda málo provzdušněná a její teploty se pohybují mezi 5-10 °C. Podle povahy půdy může činit denitrifikace 10-70 kg N na ha za rok i více. Přitom může unikat nejen dusík, ale i oxidy dusíku (FLOHROVÁ 1990).

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

Opačným procesem nitrifikace je imobilizace dusíku. Imobilizace probíhá ve formě biologické a nebiologické. Biologická imobilizace je způsobena navázáním dusíku rostlinami a mikroorganismy. Dusík přijatý rostlinami je většinou dlouhodoběji vázaný v porovnání s imobilizací půdními mikroorganismy. Rostliny tak imobilizují půdní dusík i dusík z dodaných hnojiv. K uvolnění dusíku z rostlin dochází až po zapracování rostlinných zbytků do půdy.

K imobilizaci dusíku mikroorganismy dochází při rozkladu organické hmoty s nízkým obsahem dusíku, tzn. se širokým poměrem C : N, a mikroorganismy tak musí dusík získávat z okolního prostředí (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Poměr C : N je ve stabilizované organické hmotě okolo 10 :1 (BÍZIK 1989).

Imobilizaci mohou zabezpečovat rozkládané organické látky pocházející z humusu, posklizňových zbytků a samozřejmě i z dodaných chlévských hnojiv. Imobilizovaný může být nejenom dusík uvolněný v půdě, ale i dusík vložený do půdy přírodními nebo antropogenními cestami. V aerobních podmínkách se minerální dusík může imobilizovat podstatně rychleji než v podmínkách s nedostatkem vzduchu (PECHOVÁ a kol. 1998).

Nebiologická imobilizace probíhá třemi hlavními způsoby: fixací amoniaku na jílové minerály, fixací amoniaku na organickou hmotu a jinými fyzikálně chemickými reakcemi (POKORA 2002).

Celkově je tedy možno říci, že k vyšší akumulaci dusičnanů dochází především v kvalitních, intenzivně hnojených půdách. Logickou příčinou tohoto jevu je skutečnost, že půdy obvykle nemají dostatek energie pro navázání jednorázově přijatého většího množství dusíku a proto ho transformují na dusičnany, aby se ho zbavily vyplavováním nebo denitrifikačními mechanismy (NÁTR 2002).

## 2.4 Dusík v rostlině

Dusík je významným prvkem pro všechny živé organismy včetně rostlin. Je součástí aminokyselin, amidů, bílkovin, pyrimidinových, purinových bází, nukleových kyselin, chlorofylu, enzymů a dalších biologicky aktivních látek. V rostlinách se jeho obsah pohybuje ve značném rozmezí v závislosti na druhu orgánu a stáří rostliny. V počátečních fázích vývoje je jeho obsah vysoký a s tvorbou biomasy postupně klesá (RICHTER a HLUŠEK 2003).

Mezi makrobiogenními prvky má dusík specifický význam. Podle kvantitativního zastoupení v rostlinné biomase stojí na čtvrtém místě mezi biogenními prvky a pouze vyšší rostliny a četné mikroorganismy jej dovedou převádět z jednotlivých anorganických sloučenin do organických látek (NÁTR 2002).

### 2.4.1 Příjem dusíku

Rostlinou je dusík přijímán prakticky ve dvou iontových formách, jako nitrátový aniont ( $\text{NO}_3^-$ ) nebo amonný kationt ( $\text{NH}_4^+$ ). MENGEL a KIRKLEY (1978) uvádějí, že nitrát je častějším a preferovaným zdrojem dusíku pro růst rostlin a jeho příjem je obecně vyšší, avšak velice závislý na rostlinném druhu a dalších faktorech prostředí. Například rostliny adaptované na kyselé půdy a na nízký redoxní potenciál půd reagují příznivě na amonnou formu dusíku a rostliny vyžadující vyšší půdní reakci, upřednostňují spíše nitrátový dusík.

Obě formy jsou mobilní, dobře metabolicky využitelné, ale mají značně rozdílný význam, úměrný rozdílu oxidace obou iontových forem. Kromě toho rostliny mohou v omezené míře přijímat i některé dusíkaté organické látky, např. močovinu, aminokyseliny aj. U bobovitých rostlin jako zdroj dusíku slouží i vzdušný  $\text{N}_2$  (RICHTER a HLUŠEK 2003).

Příjem nitrátového aniontu převažuje podle VAŇKA (1998) v biologicky činných půdách, kde dochází k intenzivní nitrifikaci. Nitráty jsou v xylému snadno mobilní a mohou být uchovávány ve vakuolách kořenů nebo nadzemní hmoty, kdežto většina amonných iontů je zabudována do organických sloučenin již v kořenech (MARSCHNER 1995).

Podle KOLKA a KOZINKY (1988) je aktivní příjem nitrátu ovlivněn hodnotou pH půdy, kdy v kyselejších podmínkách převažuje příjem nitrátu a při hodnotě 6,8 se příjem  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  vyrovnává. Bylo také zjištěno, že amonný iont působí inhibičně na příjem

nitrátové formy dusíku. Regulace příjmu nitrátů jsou podle PROCHÁZKY (1998) realizovány poměrem organických kyselin a aminokyselin transportovaných ve floému z listů do kořenů, což předpokládá přenašeče nitrátů typu antiportu  $\text{OH}^-/\text{NO}_3^-$  nebo  $\text{HCO}_3^-/\text{NO}_3^-$ . Z jiných pozorování naopak vyplývá, že příjem nitrátu je záležitostí symportu  $\text{H}^+/\text{NO}_3^-$ , kde přenos jednoho až dvou  $\text{H}^+$  je využit pro přenos  $\text{NO}_3^-$ , nebo  $\text{Na}^+/\text{OH}^-$ , který je umožněn energií elektrochemického gradientu  $\text{Na}^+$ .

JAWORSKA (2005) identifikoval pomocí kinetických studií 3 typy transportních systémů nitrátů, které jsou indukovány v závislosti na koncentraci nitrátů v půdním roztoku. Kromě nitrátu nebo amonného iontu jsou rostliny schopny přijímat i některé dusíkaté organické sloučeniny.

Redukci nitrátu na amoniak ovlivňuje mj. světlo, teplota, ale také minerální výživa, zejména přísun Mo, Mg a nepřímo také Mn jako složky fotosystému II (RICHTER a HLUŠEK 1994).

Amoniak vzniklý redukcí nitrátu, přijatý kořeny nebo jako produkt fixace vzdušného dusíku je pro rostlinu toxický i při poměrně nízké koncentraci, a proto je velmi významné jeho zabudování do aminokyselin, amidů a dalších sloučenin (MARSCHNER 1995). Vlastní asimilace amoniaku probíhá dvěma způsoby. Při vyšších koncentracích  $\text{NH}_3$  je funkční glutamátdehydrogenáza, která katalyzuje reakci  $\alpha$ -ketoglutarátu ( $\alpha$ -oxoglutarátu):



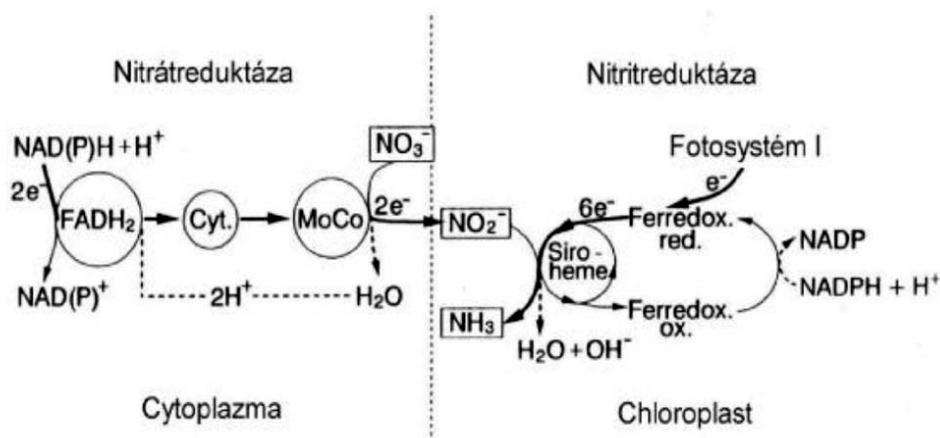
Procesy, kterými rostliny konvertují anorganický dusík ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2$ ) na organické sloučeniny, jsou velmi důležité, neboť živočišný organismus je závislý na dietetickém zdroji dusíku z rostlin a mikroorganismů (RICHTER a HLUŠEK 2003).

#### 2.4.1.1 Příjem a asimilace nitrátového dusíku

Za normálních podmínek má nitrát pro výživu rostlin největší význam. Kořeny ho přijímají aktivně ve směru elektrochemického gradientu. V protikladu s příjmem je výdej  $\text{NO}_3^-$  procesem pasivním. Nitrátový dusík je přijímán při pH kyselejších. Při pH 6,8 se příjmem  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  v rostlinách může vyrovnat. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy. Dříve než může být nitrát metabolizován, je třeba jej redukovat na  $\text{NH}_3$ .

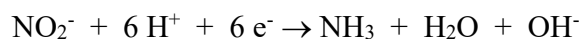
Tento proces zvaný redukce nitrátů sestává ze dvou etap, a to z redukce  $\text{NO}_3^-$  na  $\text{NO}_2^-$  a z další redukce  $\text{NO}_2^-$  na  $\text{NH}_3$ . Obecně uznávaný mechanismus asimilace  $\text{NO}_3^-$  zelenými rostlinami na světle uvádí obrázek (ZELENÝ 1993).

Schéma č.1: Asimilace nitrátů v buňkách listu (MARSCHNER 1995)



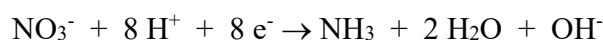
Enzymy, které se účastní tohoto procesu jsou nitrátreduktáza a nitritreduktáza. Nitrátreduktáza sestává z flavinproteinu (FAD) a Mo. Obě složky fungují jako nosiče elektronů v procesu přenosu elektronů. Předpokládá se, že jedna složka přenáší elektrony z NAD na flavin a obsahuje bílkovinu, druhá složka přenáší elektrony přes Mo na nitrát. Je-li však Mo deficitní nebo inaktivní (např. wolframem) enzym může přenášet elektrony z NADH, ale nemůže redukovat nitrát. Důležitým znakem nitrátreduktázy je to, že se jedná o indukovaný enzym a k jeho syntéze dochází jen tehdy, je-li v cytoplazmě přítomen nitrát.

Druhým stupněm procesu asimilace nitrátů je redukce  $\text{NO}_2^-$  na  $\text{NH}_3$ :



Pro tuto fázi je třeba silného redukčního činidla v zelených buňkách, kterým je ferredoxin. Ferredoxin získává elektrony přímo z fotosyntetického řetězu transportu elektronů (RICHTER a HLUŠEK 2003).

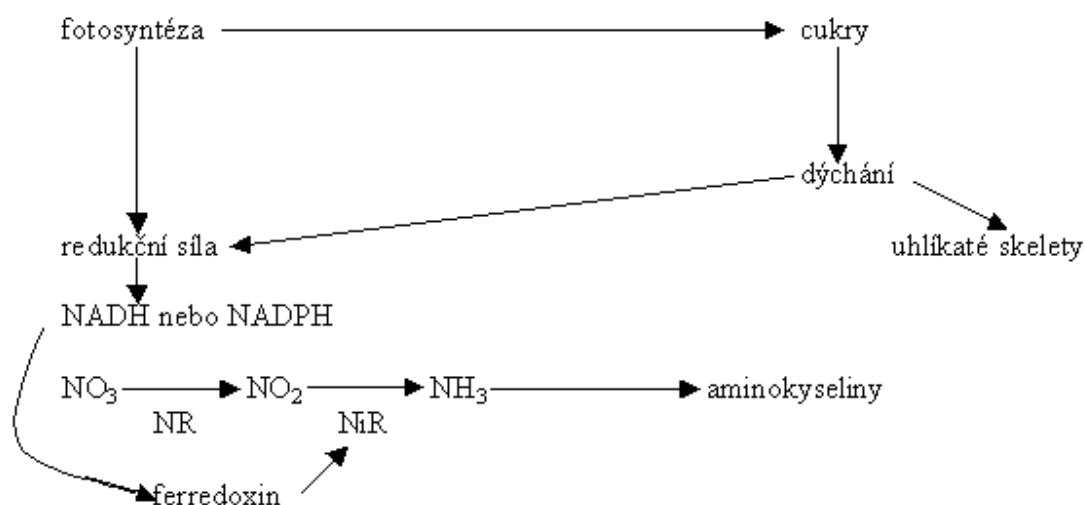
Účinek nitrátreduktázy a nitritreduktázy může být podle PROCHÁZKY (1998) vyjádřen souhrně takto:



Aktivitu nitrátreduktázového systému ovlivňuje řada faktorů, z nichž světlo má velmi důležitou úlohu. Přenesením rostlin ze světla do tmy je aktivita nitrátreduktázy potlačena i tehdy, je-li  $\text{NO}_3^-$  přítomen v dostatečném množství. Tento účinek spolu s poklesem redukční síly je hlavní příčinou akumulace nitrátu při nižší intenzitě světla. Akumulace nitrátu může často probíhat i jako důsledek nízké intenzity osvětlení a vysokého hnojení nitráty (PRUGAR 1987).

Asimilaci nitrátu ovlivňuje i teplota. Bylo prokázáno, že při teplotách kořenů kolem  $30^\circ\text{C}$  dochází k intenzivnímu příjmu  $\text{NO}_3^-$ , ale snižuje se aktivita nitrátreduktázy. Vedle těchto faktorů je asimilace nitrátů ovlivněna i minerální výživou, a to zejména Mo. Je-li Mo deficitní, dochází ke kumulaci nitrátů a snížení aktivity nitrátreduktázy. Mn rovněž ovlivňuje asimilaci nitrátu nepřímo, protože je nezbytnou složkou fotosystému II, a tedy i toku elektronů z vody přes ferredoxin na nitrátreduktázu (RICHTER a HLUŠEK 2003).

Schéma č. 2: Metabolismus spojený s redukcí nitrátů (KOLEK a KOZINKA 1988)



Rostlina přijatý nitrát ukládá do metabolického poolu, kde  $\text{NO}_3^-$  podléhá redukcí a dále do zásobního poolu ve vakuole, v níž uložený nitrát není redukován a často zvyšuje jeho obsah na nežádoucí úroveň. Vedle těchto poolů (viz obrázek) existuje v buňce i malý krátkodobý pool indukční, který se přednostně doplňuje transportem nitrátů zvenčí a stimuluje aktivitu nitrátreduktázového systému (PECHOVÁ a kol. 1998).

Pro redukci nitrátu všeobecně platí, pokud  $\text{NO}_3^-$  je přijímán v nízkých kvantech, tak je jeho značná část redukována v kořenech. Zvyšující se příjem nitrátu (luxusní výživa) omezuje kapacitu redukce nitrátu v kořenech a  $\text{NO}_3^-$  je ve míře transportován do nadzemních částí (KOLEK a KOZINKA 1988).

#### 2.4.1.2 Příjem a asimilace amoniakálního dusíku

Příjem kationtové formy dusíku není dosud plně objasněn. Názory se liší v tom, jestli je dusík přijímán jako  $\text{NH}_4^+$  kationt nebo ve formě neutrální molekuly  $\text{NH}_3$ . Předpokládá se, že  $\text{NH}_3$  je přijímán přednostně, zvláště při vyšším pH, tj. v neutrálním a zásaditém prostředí. Amonný iont působí inhibičně na příjem nitrátové formy dusíku. Inhibice není zdůvodňována zvyšující se koncentrací  $\text{NH}_4^+$  v roztoku, ale je i důsledkem saturace specifických míst jeho příjmu. Vznikem aminokyselin a iontů  $\text{H}^+$  jako produktu asimilace  $\text{NH}_4^+$  se v cytoplazmě zvyšuje acidita, která může neutralizací transmembránového gradientu pH v kořenových buňkách omezit přenos iontů  $\text{NO}_3^-$  přes membránu do buňky (PROCHÁZKA 1998).

Při výživě rostlin amoniakálním dusíkem je celkově nižší příjem většiny iontů, ale zvláště kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) a organických aniontů. Z energetického hlediska je amoniakální dusík výhodným zdrojem pro rostliny, protože může být přímo zapojen do metabolismu bez dalších požadavků na energii. Tuto „výhodu“ můžeme pozorovat jen při nízkých koncentracích  $\text{NH}_4^+$  dusíku v živném prostředí.

Asimilace  $\text{NH}_4^+$  předpokládá pouze odštěpení  $\text{H}^+$  z kationtu:



Vzniklé  $\text{H}^+$  ionty jsou obvykle vylučovány do vnějšího prostředí, a tak snižují pH. Z chemických analýz vyplývá, že deprese růstu při  $\text{NH}_4^+$  výživě není způsobená zvýšenou kumulací dusíkatých iontů, ale vyčerpáním sacharidů. Amoniak potom není rostlina schopná využít, a tak se zvyšuje alkalita buněk. Volný amoniak v buňce blokuje fotosyntetickou fosforylaci, omezuje dýchací procesy, snižuje oxidoredukci.

$\text{NH}_3$  může být pro rostlinu toxický již při nízkých koncentracích. Toxicita je závislá i na pH živného prostředí. Zásadité pH živného roztoku toxicitu  $\text{NH}_4^+$  zvyšuje a kořeny mohou být již při nižší koncentraci tohoto iontu poškozeny (RICHTER a HLUŠEK 2003).



## 2.5 Faktory ovlivňující obsah nitrátů v zelenině

Největší zásobárnou dusíku pro rostliny je atmosféra. Ze značného množství dusíku, který obsahuje litosféra, ho na orné půdy připadá jen velmi málo, přičemž rostlinami přístupná část ve formě  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  je minimální (MENGEL 1991).

Faktory, které přímo nebo nepřímo ovlivňují obsah dusičnanů v produkci zemědělských plodin a z nich vyráběných produktů, působí zpravidla ve vzájemné interakci. K hlavním faktorům podle MÍČI, VOKÁLA a PENKA (1991) patří zejména:

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

### 2.5.1 Vliv druhu a odrůdy zeleniny

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. Proto jsou na dusičnany nejbohatší listové a kořenové zeleniny: salát, špenát, kedlubny, ředkvička, ředkev, červená řepa, mrkev. Poměrně nízké hodnoty obsahuje cibule a česnek. Nejméně dusičnanů akumulují plodové zeleniny: paprika, rajče, okurka, tykev, hrášek a fazole. Ze stejných důvodů je srdéčko karotky na dusičnany bohatší než okolní dřev, listová žebra a řapíky salátu bohatší než listové čepele. Podobně košťál je u košťálovin bohatší na dusičnany než hlávka a růžice. Také bílá vnitřní část póru obsahuje více dusičnanů než odděleně sklizené listové čepele (PEKÁRKOVÁ 1992).

Kromě morfologických znaků a jejich vztahu ke kumulaci dusičnanů v rostlinách je odrůdová rozdílnost pravděpodobně určována i geneticky podmíněnou intenzitou aktivity enzymu nitrátreduktázy (PRUGAR a PECHOVÁ 1989).

U těch druhů zeleniny, kde je přirozený obsah dusičnanů nízký, jsou odrůdové rozdíly neprůkazné. U druhů charakteristických intenzivnější kumulací dusičnanů, jsou rozdíly ve vzájemném vztahu s morfologickými znaky. Např. zelené lusky fazole mají vyšší obsah dusičnanů než žluté lusky. Podobné je to u paprik. Také lépe vybarvené kořeny mrkve mají nižší obsah dusičnanů. U rychlené zeleniny, hlavně u salátu, kedlubny a ředkvičky, se odrůdové rozdíly často stírají (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Dále pak odrůdy salátu s větším podílem listových žeber jsou na dusičnany bohatší, stejně tak jako špenát s větším podílem řapíku a s tmavými bublinatými listy. Modrolisté odrůdy (např. kedluben) jsou obvykle bohatší než zelenolisté. Významnou roli hraje i vývojový charakter odrůdy. Nejsilněji dusičnany hromadí rané odrůdy s krátkou vegetací, zatímco mohutnější pozdní odrůdy dusičnany ve větší míře spotřebují. Je proto pochopitelné, že vznikla myšlenka vyšlechtit také odrůdy, které by dusičnany akumulovaly v co nejnižší míře. Ukázalo se však, že dosáhnout skutečně podstatného snížení akumulace šlechtěním není vůbec snadné. Vysvětluje to jednak přirozená fyziologická úloha dusičnanů v rostlinách, jednak silný vliv vegetačních faktorů (POKORA 2002).

Pokud jde o vliv genotypu, byly zjištěny odrůdové rozdíly ve schopnosti hromadit dusičnany. Současně bylo prokázáno, že změny obsahu dusičnanů vlivem vnějších podmínek v průběhu vegetační doby jsou velmi intenzivní, že za určitých podmínek může i odrůda s minimálními schopnostmi akumulace obsahovat značné množství dusičnanů a naopak (PRUGAR a PECHOVÁ 1989).

Odrůdové rozdíly nejsou však velké a nejsou stálé v různých podmínkách pěstování. Obsáhlý průzkum odrůd, který provedl Ústřední zkušební ústav zemědělský, ukázal, že na celkové proměnlivosti dusičnanů se odrůdy podílí jen asi 15%. Podstatnější podíl mají roky pěstování, místa a podmínky pěstování. Odrůda tedy není rozhodujícím faktorem ovlivňujícím konečný obsah dusičnanů (BARTOŠ 2000).

## **2.5.2 Vliv agroekologických podmínek**

Z hlediska obsahu dusičnanů v rostlině jsou důležité vnější podmínky, především fotosyntéza, která příznivě ovlivňuje snížení koncentrace dusičnanů v rostlinných tkáních. Pokud funguje fotosyntetický mechanismus plynule a v optimální intenzitě, nevytvářejí se podmínky pro nadměrnou kumulaci dusičnanů. Není-li ve fotosyntetickém mechanismu

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

### **2.5.2.1 Světelné podmínky**

Nedostatek světla je považován za hlavní důvod vyššího obsahu dusičnanů v zeleninách vypěstovaných pod zakrytím, ve sklenících nebo fóliovnících. Podobný efekt má i zahuštění porostů. Druhy se zvýšenou schopností akumulovat dusičnany by se zásadně neměly pěstovat na zastíněných plochách. Proto se pozornost při řešení problému zvýšeného obsahu dusičnanů soustřeďuje zejména na rychlenou zeleninu a to především v zimním období (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Všeobecně platí, že zelenina vypěstovaná volně na poli, ve dnech s dlouhou světelnou intenzitou, má zpravidla nižší obsah dusičnanů a současně i vyšší obsah vitamínů a ostatních nutričně hodnotných látek než ta, která velkou část vegetace byla pěstována ve zhoršených světelných podmínkách (BIELEK a kol. 1986).

Při pěstování zeleniny brzy na jaře je prodloužení vegetační doby z hlediska dusičnanů žádoucí. Získají se zralejší rostliny, s prodlužující se délkou dní se vegetace dostává do lepších světelných podmínek, podporuje se fotosyntéza, tím i zabudování dusičnanového iontu do bílkovin a tedy jeho relativní i absolutní úbytek (PEKÁRKOVÁ 1992).

Při pěstování zeleniny v podzimních měsících má prodloužení vegetace opačný efekt, protože dny se zkracují, světelné podmínky se zhoršují a intenzita fotosyntézy klesá (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

PETERSEN a STOLTZE (1999) zjistili tento sezónní rozdíl u hlávkového salátu, kdy prokázali významné rozdíly při sklizni v zimních měsících a v letním období.

U hlávkového salátu rychleného ve sklenících naměřila PECHOVÁ a kol. (1998) v naprosté většině případů obsah dusičnanů těsně pod povolené hodnoty. V rychlených salátových okurkách a paprikách byly tyto koncentrace dusičnanů bezproblémové.

Intenzita světelného záření a tím i obsah dusičnanů je závislý také na tom, na jaké expozici zeleninu pěstujeme. Zelenina z jižních expozic vykazuje nižší obsahy dusičnanů než z expozic severních (ŠINDELÁŘOVÁ 1985).

V podmínkách klimatizované místnosti byl zjištěn vliv osvětlení na kvalitu špenátu při různých dávkách dusíkatého hnojiva. Výsledky potvrdily, že kvalitu špenátu z hlediska  $\text{NO}_3^-$  je možné zlepšit osvětlováním tři noci před sklizní (JAWORSKA 2005).

### **2.5.2.2 Tepelné podmínky**

Teplota výrazně ovlivňuje mineralizaci a následující nitrifikaci půdních mikroorganismů a tím dostupnost dusíku pro rostliny (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

### **2.5.2.3 Vlhkostní podmínky**

Obsah dusičnanů do značné míry ovlivňuje i vodní režim v průběhu vegetace. Nedostatek vláhy (i krátkodobé sucho) vedou ke kumulaci nitrátů. To se vysvětluje poklesem aktivity nitrátoreduktázy, k němuž dochází při příliš nízkému příjmu vody rostlinou. Obsah  $\text{NO}_3^-$  se může zvyšovat i při vyšší vzdušné vlhkosti, která omezuje transpiraci (ŠINDELÁŘOVÁ 1985).

Ve svých pokusech pozorovala PECHOVÁ a kol. (1998) výrazné zvýšení hodnot obsahu dusičnanů u hlávkového zelí při dešťových srážkách v den odběru vzorků. Mrkev obsahovala v suchém 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.

Pokud po období sucha přijde silný déšť, nahromaděné dusičnany jsou ve velkém množství přijímány rostlinami. Částečně jsou vyplavovány do podzemních vod, a také touto cestou se stávají nebezpečnými pro člověka a zvířata (KALAČ a MÍKA 1988).

Silnější srážky po suchém období tedy výrazně zvyšují obsah dusičnanů v rostlinách. Z hlediska obsahu dusičnanů je vhodnější sklízet zeleninu večer než ráno a za slunečného počasí než za podmračeného, protože po několika hodinách intenzivní asimilace za slunečního záření se dusičnany v rostlinách do značné míry spotřebují. V této souvislosti je poznatek, že u mrkve a také jiné kořenové zeleniny lze snížit obsah

dusičnanů tím, že ponecháme zeleninu po vyrytí na záhoně i s natí. Tím se dusičnany částečně spotřebují (PEKÁRKOVÁ 1992).

Na lehkých půdách se při vyšším obsahu vláhy snižuje akumulace dusičnanů v zelenině v důsledku vyplavování  $\text{NO}_3^-$  do hlubších vrstev půdního profilu. Ale u hlouběji kořenících zeleninových druhů přesto může dojít ke zvýšené akumulaci dusičnanů (PECHOVÁ a MILKOVIČ 1998).

### **2.5.3 Vliv hnojení**

Jedním z hlavních faktorů rozhodujících o množství a kvalitě rostlinné produkce je výživa rostlin. Pěstitel ji zajišťuje hnojením organickými a průmyslovými hnojivy (ZELENÝ 1993).

#### **2.5.3.1 Hnojení organickými hnojivy**

Organická hnojiva jsou významná pro oživení mikrobiální činnosti a zlepšení fyzikálně chemických vlastností půd. Nedostatečná případně jednostranná výživa plodin jen některými živinami nemůže přinést dobré výnosové výsledky. Na druhé straně, nadbytečná aplikace hnojiv je nejen neekonomická, ale může mít nepříznivý vliv na životní prostředí (kontaminace vod dusičnany, přemnožení řas ve vodotečích apod.) (ZELENÝ 1993).

Pro zachycení dusíku v půdě přes zimní období se doporučují záchytné plodiny, mezi které patří ředkev olejná, které se udává schopnost odebrat za toto období až 35 kg N z hektaru. 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. Sledování potvrdilo posun nitrátového dusíku do hlubších vrstev půdy v zimním období (TRÁVNÍK 2005).

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

Dusík z organické hmoty (z přirozeného humusu, rašeliny, kompostu, hnoje, posklizňových zbytků, mulče) je pro rostliny vhodnější také svým pozvolným uvolňováním mineralizací, která probíhá celý rok kromě mrazového období. Při propočtu dusíkatého

hnojení nesmíme tedy organickou hmotu, která v půdě je a kterou ji dodáme, opominout. V příznivých podmínkách je všechen dusík z nich k dispozici následné kultuře.

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 ( TRÁVNÍK 2005).

Při hnojení organickými hnojivy, zejména kompostem, jsou sice dosahovány příznivější hodnoty kvalitativních ukazatelů (nižší obsah dusičnanů, zvýšená koncentrace vitamínu C apod.), avšak současně někdy dost razantně klesají výnosy. Při pokusech se salátem bylo zjištěno, že salát hnojený kompostem i nehnojené kontrolní varianty vykazovaly velmi nízké hodnoty obsahu nitrátů. Při srovnání minerálně a kompostem hnojených salátů se ukazuje 2,4 – 4x vyšší obsah nitrátů u minerálního hnojení (FLOHROVÁ 1990).

Organická hnojiva ale nelze použít vždy. Je-li totiž hnůj jediným zdrojem dusíku, je obtížné získat ranou produkci zeleniny. Rychlý růst je možný pouze s dusíkem v nitrátové formě. Ta vzniká při aplikaci hnoje až po biologické nitrifikaci amonného dusíku v hnoji. Rychlost této nitrifikace závisí na teplotě půdy a je tedy pomalá v chladné půdě časného jara. Je-li však půda dost teplá pro průběh nitrifikace, je hnůj i v tomto případě účinným zdrojem dusíku (FLOHROVÁ 1991).

Organická hnojiva zpravidla vedou k nižší akumulaci dusičnanů v rostlinách než minerální, avšak jejich účinek je méně předvídatelný (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

### **2.5.3.2 Hnojení minerálními hnojivy**

Zdravotní hodnotu zeleniny a zejména obsah dusičnanů v ní ovlivňuje hlavně dusík. Proto se soustředíme právě na úlohu této živiny. Dusík se ze všech živin nejvíce podílí na zvyšování výnosů. To svádí pěstitele k důkladnému dusíkatému hnojení, popř. ještě k přihnojování. Výnosy plodin však stoupají se stoupajícím zásobením dusíkem jen do určité míry. 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 odčerpají v průměru asi 100 kg dusíku z 1 ha za rok. Musí se ovšem brát v úvahu ovšem i dusík, který je v půdě jako zásoba z dřívějšíka.

Pochází částečně z hnojiv, většinou však z mineralizace, tj. z minerálního rozkladu organických látek a posklizňových zbytků. Také závlahová voda s vysokým obsahem dusičnanů obohacuje půdy dusičnany, a nemálo i voda dešťová, do níž se dostávají oxidy dusíku ze znečištěného vzduchu (PEKÁRKOVÁ 1992).

U dusíkatých hnojiv, která mohou způsobit nadměrnou kumulaci dusíku v rostlinách, je potřeba vědět, že nejrychleji účinkující jsou hnojiva s nitrátovou (ledkovou) formou, pomaleji působící forma amoniakální (dusičnan a síran amonný, kapalný amoniak) a nejpomaleji tzv. dusík amidový (dusíkaté vápno, močovina). Z minerálních hnojiv se zpravidla doporučuje část ve formě amoniakální. Pouze amoniakální výživa však má i negativní stránky, může vést k rychlé nitrifikaci v půdě a u citlivých druhů k inhibici růstu a dle některých pozorování i ke zhoršení sensorických vlastností produktů (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Podle exaktních pokusů s hnojivy obsahující různé formy dusíku, a to v různých poměrech, bylo zjištěno, že nejlépe ke vztahu k půdě a maximální účinnosti a využití dusíku bez zbytkového dusíku fungují dusíkatá hnojiva ledkového typu s vysokým podílem nitrátového dusíku (SLÁMA 2005).

Rychlá přeměna amonného dusíku na nitrátový se dá omezit přidáním inhibitorů nitrifikace. Ty se aplikují současně s hnojivy na počátku vegetace (FLOHROVÁ 1990).

Dusíkaté vápno zvyšuje podíl kvalitních hlávek salátu podle pokusů v Německu o 15 až 22%. Dusík se uvolňuje postupně během vegetace, a tak dusíkaté vápno zabraňuje nadměrnému hromadění dusičnanů v rostlinách (KALINA 2006).

Nadbytek dusíku má vliv na bujný růst rostlin. Rostliny se vyznačují větší asimilační plochou, listy jsou temně zelené (spodní často žlutné v důsledku nedostatku světla). Nadbytečná aplikace dusíkatých hnojiv a zvýšená mineralizace dusíkatých sloučenin v půdách způsobují nežádoucí koncentrace nitrátů v rostlinných tkáních (RICHTER a KUBÁT 2003).

Přehnojování dusíkatými hnojivy zvyšuje obvykle i náchylnost rostlin k chorobám a zhoršuje skladovatelnost výpěstků. K největšímu vyplavování do spodiny dochází v zimě (listopad až březen), kdy půda není kryta vegetací. Proto se zásadně nemá dusíkem hnojit pozdě na podzim (PEKÁRKOVÁ 1992).

Hlavním zdrojem plošného znečištění vod ze zemědělství je také vyplavování dusičnanů z půdy v době, kdy je nízký odběr dusíku rostlinami (RŮŽEK, KUSÁ a HUMLOVÁ 2004).

Je všeobecně známo, že při letním pěstování ve volné půdě nebývají s akumulací dusičnanů v zelenině žádné problémy. Nevětší potíže nastávají při rychlení. A to tím větší, čím ranější zeleninu chceme mít, tzn. čím více se pěstováním dostáváme do světelně nepříznivých zimních a předjarních podmínek. Využití dusičnanů, které rostliny z půdy nahromadily a připravily pro svůj růst, je totiž výrazně závislé na vegetačních podmínkách (PEKÁRKOVÁ 1992).

Dalším ukazatelem intenzity využití dusíku je půdní typ. Na těžkých půdách je malá pravděpodobnost, že se propojí půdní vláhá s hladinou spodní vody, a proto je také podstatně nižší riziko ztrát nitrátového dusíku vyplavováním. Na těchto půdách volíme výrazně vyšší dávky dusíku. Zejména v sušších oblastech nejsou později dávky dusíku tolik efektivní, protože dusík zůstane v horní vrstvě a nedostane se do celého kořenového profilu půdy. Naproti tomu na lehkých půdách s propustným podložím snadno dochází k promyvnému režimu a dusičnanový dusík je vyplavován (ČERNÝ, KŘOVÁČEK a VAŠÁK 2006).

Přehnojování a následné nálezy vysokých hodnot minerálního dusíku v půdě je velmi často způsobeno tím, že pěstitelé nevědí jaká zbytková množství dusíku ve své půdě mají (PEKÁRKOVÁ 1992).

Proto základem všech hnojařských opatření musí být pravidelné rozbory půd. Pro cílené hnojení je proto důležité využívat chemických analýz půd nebo dokonce chemických analýz rostlin. Pro přesné hnojení na větších plochách se dělá půdní rozbor před výsevem nebo před výsadbou každé další kulturní rostliny (FLOHROVÁ 1991).

Stav půdní zásoby dusíku se dnes v zelinářské praxi nečastěji stanovuje laboratorně tzv.  $N_{an}$  testem, který byl dříve označován jako  $N_{min}$  test. Udává obsah minerálně vázaného dusíku a zjišťuje ho např. laboratoř Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského a další specializované laboratoře. Za optimální zásobu minerálního dusíku zjištěného analýzou  $N_{an}$  se považuje hodnota do 40 mg N na 1 kg zeminy. Zásoba nad 80 mg N je už značně vysoká (PEKÁRKOVÁ 1992).



Tab. č. 2: Obsah  $N_{\min}$  v půdě a koncentrace  $NO_3^-$  v čerstvé hmotě salátu podle RICHTERA a HLUŠKA (2003)

mg $N_{\min}$ .kg <sup>-1</sup> zeminy	Obsah $NO_3^-$ v mg . kg <sup>-1</sup> čerstvé hmoty
50	2223
150	2899
200	3287
400	3653

#### 2.5.4 Vliv sklizně a posklizňové manipulace

Na obsah nitrátů má vliv i zacházení se sklizenou zeleninou tj. podmínky při sklizni, přepravě, skladování a dalším zpracování u průmyslových zpracovatelů a u domácích spotřebitelů (FLOHROVÁ 1990).

Nižší hodnoty dusičnanů jsou zjišťovány u zeleniny sklizené v plné konzumní zralosti (VANĚK a TLUSTOŠ 1999).

Proto můžeme zaznamenat poměrně velké rozdíly v obsahu dusičnanů i u jedinců sebraných z jednoho pozemku, a to i v případě malých, půdně vyrovnaných celků (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Také sklizení v odpoledních hodinách má příznivý vliv na nižší obsah dusičnanů než při sklizni časně ráno (FLOHROVÁ 1991).

Přitom je třeba vzít v úvahu i skutečnost, že nitráty patří mezi přirozené sloučeniny v zelenině. Teprve jejich nadbytek je řadí mezi látky ohrožující lidské zdraví. Proto byly ověřovány možnosti, jak dobou a způsobem sklizně snížit tyto koncentrace. Toho lze částečně dosáhnout např. volbou doby sklizně se zaměřením na delší světelný den, příznivé teploty apod. Teplo a světlo působí na obsah nitrátů ve vzájemné korelaci (FLOHROVÁ 1990).

Obsah dusičnanů se dá pozitivně ovlivnit odstraněním rizikových částí rostliny, praním a tepelným zpracováním. Odstraněním určitých částí rostliny lze snížit obsah nitrátů o 40 až 60% původní hodnoty. Jedná se o košťály květáku a brokolice, řapíky listů u hlávkového salátu a špenátu aj. (ŠINDELÁŘOVÁ 1985).

K dalšímu snížení výchozího obsahu dusičnanů dochází při tepelném zpracování o 60 až 80%. Velikost úbytku je závislá na teplotě a době úpravy zeleniny (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

### **2.5.5 Skladování zeleniny**

Obsah dusičnanů v zelenině se dá do značné míry ovlivnit i správným zacházením se zeleninou nebo zeleninovými výrobky. Podmínky skladování po sklizni jsou především určující pro přeměnu dusičnanů na dusitany. Mnohé pokusy dokazují, že při uchování čerstvé zeleniny v teplejších pokojových teplotách dochází ke zvýšení této přeměny. Ale při uchování v lednici po dobu dvou dnů zůstaly tyto hodnoty zhruba stejné (ZELENÝ 1993).

Větší riziko přeměn dusičnanů na dusitany představují ty druhy zelenin, které se vyznačují vyššími schopnostmi akumulovat dusičnany. Z listové zeleniny je to především salát a špenát (PRUGAR a PRUGAROVÁ 1985).

Při krátkodobém uchování 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 z hlediska uchování biologicky významných látek a k přeměně dusičnanů na dusitany. Dusitany mohou totiž vznikat z dusičnanů nejenom v zaživacím traktu, ale také po sklizni přímo v rostlinách, pokud jsou nevhodným způsobem transportovány, uchovávány a zpracovány. Nevhodné je hlavně delší uchovávání při vyšších teplotách (PEKÁRKOVÁ 1992).

BAKOWSKI, MICHALIK a HARBOWICZ (1996) nezaznamenali obsah nitritů v čerstvě sklizeném špenátu. Během skladování při teplotě 6 °C a 20 °C se ve špenátu zabaleném v polyethylenové folii začala zvyšovat koncentrace nitritů po čtyřech dnech skladování. Obsah nitrátů se během skladování snižoval. Autoři také sledovali ve svých výzkumech vliv balení a skladovacích podmínek na obsah nitrátů a nitritů v salátu. Salát čerstvý a salát po jednom dni skladování neobsahoval nitrity. Ty se vytvořily po třech dnech skladování při teplotě 28 °C a po čtyřech dnech skladování při 20 °C zabaleném ve folii. Salát uchovaný při 1 °C neobsahoval nitrity do dvacátého dne skladování.

## **2.6 Přípustné max. hodnoty obsahu dusičnanů podle vyhl. č. 53/2002 Sb.**

### **2.6.1 Výklady pojmů pro jednotlivé skupiny potravin**

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

### **2.6.2 Dusičnany**

- 1) Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový iont  $\text{NO}_3^-$
- 2) Pro výrobky ze zeleniny, sterilované, nakládané, zmražené, kysané a pro zeleninové šťávy a dále pro výrobky z ovoce a ovocné šťávy platí přípustná množství jako pro výchozí základní suroviny.
- 3) Pro obsah dusičnanů používaných jako přidaná látka jsou stanovena nejvyšší přípustná množství v příloze č. 1 zmíněné normy.

V současné době je tato vyhláška zrušena a nahrazena vyhláškou č. ... , kde jsou uvedeny limity obsahu dusičnanů pouze pro salát hlávkový a špenát. Vzhledem k nedostatečné legislativě se řídím starou vyhl. č. 53/2002 Sb.

Tab. č. 3: Nejvyšší přípustná hodnota obsahu dusičnanů v zelenině vyjádřená jako dusičnanový iont NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Potravina	Nejvyšší přípustné množství (mg.kg <sup>-1</sup> )	Přípustné množství (5/2)*
zelenina – listová, kromě hlávkového salátu, pekingského a čínského zelí	1000	
plodová zelenina		400
lusková zelenina		400
kořenová zelenina		700
košťálová zelenina		700
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1.10. do 31.3.)	4500 **	
čerstvý salát hlávkový (sklizeň od 1.4. do 30.9.) s výjimkou salátu polního	3500 **	
salát polní (sklizeň od 1.5. do 31.8.)	2500 **	
pekingské a čínské zelí		2500
melouny, tykev, cuketa		700
ředkvičky	1500	
brukev rychlená	1500	
červená řepa	3000	
brambory mimo brambory rané		300
brambory rané (do 15.7.)		500

potraviny obecně A		200
potraviny obecně B (cibule, česnek, pórek)		2000

\* z 5 analyzovaných vzorků mohou vykazovat nadlimitní obsah maximálně 2 vzorky

\*\* chybí-li odpovídající značení, uvádějící výrobní způsob, aplikuje se limit pro volně pěstovaný (polní) salát

### 3 METODIKA

#### 3.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní metodou (ISE)

Požadavky na jednoduchou, rychlou a dostatečně spolehlivou metodu stanovení obsahu dusičnanů splňuje metoda potenciometrického stanovení dusičnanů iontově selektivní dusičnanovou elektrodou (ISE). Při pečlivé kalibraci elektrody poskytuje tato metoda dobré a reprodukovatelné výsledky a umožňuje značné zjednodušení jak přípravy vorků, tak vlastního měření. Potenciál iontově selektivních elektrod určují iontově-výměnné rovnováhy na fázovém rozhraní mezi elektrochemickou membránou a roztokem elektrolytu. Podstatou těchto membrán je vznik rozdílu elektrických potenciálů na rozhraní membrán, tzv. membránového potenciálu.

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

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

##### Příprava extrakčního roztoku je následující:

V odměrné baňce 1 000 ml se smíchá 250 ml 0,024 M  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  s 50 ml 0,2 M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  a se 100 ml 0,1 M  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a doplní se destilovanou vodou po značku. V případě, že rostlinný materiál obsahuje malé množství  $\text{Cl}^-$  iontů, lze použít extrakční roztok, který vznikne smícháním 200 ml 0,2 M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  s 200 ml 0,1 M  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a následným doplněním na 1 000 ml destilovanou vodou. Tento roztok byl pro měření použit.

Zelenina se pokrájí a promísí. Z připraveného směsného vzorku se přesně odváží 3 - 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a zhomogenizuje se v mixéru. Homogenát se přelije do kádinky a nechá se 15 minut v klidu. Potom se extrakt filtruje přes řídkou gázu a jímá do 50 ml kádinky, přičemž asi 5 ml počátečního filtrátu se vylije. 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  $\text{NO}_3^-$ .

### 3.2 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

### 3.3 Odběry vzorků

Jednotlivé vzorky zeleniny byly odebírány ze tří supermarketů v Turnově (Delvita, Lidl, Plus) a ze čtyř maloobchodů (Ovoce zelenina Pod Křižovatkou, Ovoce zelenina Lejdarová, Ovoce zelenina Batlička, Ovoce zelenina Na Výšince) také přímo v Turnově. Pro odběr zeleniny byly vybírány supermarkety i maloobchodní zeleniny, protože většina obyvatel Turnova nakupuje v obou typech obchodní sítě. Pro odběr vzorků byl zvolen interval 3 týdny.

Sledování dusičnanů bylo prováděno u běžných, nejrozšířenějších druhů listové a košťálové zeleniny v průběhu jednoho a půl roku. Z listové zeleniny byly analyzovány hlávkový salát, ledový salát a pekingské zelí. Košťálové druhy zahrnovaly brokolici, kedlubnu, květák, kapustu a hlávkové zelí.

Po odebrání byly vzorky zamraženy na teplotu  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  do doby, než byly analyzovány. Doba mezi zmražením a zpracováním nepřesáhla 3 týdny. K analýze byly použity směsné vzorky jednotlivých druhů, u všech vzorků byla rozlišována periferní a středová část. 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 odebrány vzorky laboratorní. U většiny vzorků se nepodařilo zjistit výrobce odebraných druhů zeleniny. Ke statistickému vyhodnocení byl použit program Microsoft Excel.

#### 4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro stanovení obsahu dusičnanů bylo v letech 2004 a 2005 odebráno a vyhodnoceno celkem 471 vzorků ze tří druhů listové a čtyř druhů košťálové zeleniny. Počty analyzovaných vzorků, jednotlivé druhy zeleniny a počet vzorků, u nichž byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů, uvádí tabulka č. 4.

Tab. č. 4: Početní zastoupení analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zelenin

Druh zeleniny		Počet analyzovaných vzorků	Z toho nevyhovujících vzorků	% zastoupení nevyhovujících vzorků
kedlubna	košťál	29	27	93
	periferie	30	11	37
salát ledový	střed	30	27	90
	periferie	30	8	27
zelí hlávkové	košťál	30	19	64
	periferie	30	4	13
brokolice	košťál	30	17	57
	periferie	30	1	3
kapusta	košťál	29	13	45
	periferie	29	2	7
zelí pekingské	střed	30	10	33
	periferie	30	2	7
květák	košťál	30	6	20
	periferie	30	1	3
salát hlávkový	střed	27	5	19
	periferie	27	3	11
Celkem		471	156	33

Kontrolu dusičnanů v zelenině na území České republiky provádí Česká zemědělská a potravinářská inspekce (ČZPI). ČZPI je orgánem státní správy podřízeným Ministerstvu zemědělství. Hlavní náplní její činnosti je kontrola fyzických a právnických osob, které vyrábějí nebo uvádějí do oběhu potraviny a tabákové výrobky.

Česká zemědělská a potravinářská inspekce s regionálním sídlem v Ústí nad Labem v současné době neprovádí rozборы dusičnanů vzhledem k nedostatečné legislativě. Pouze příležitostně je analyzován salát (v souvislosti s většími dovozy) a vzorky byly vždy vyhovující.



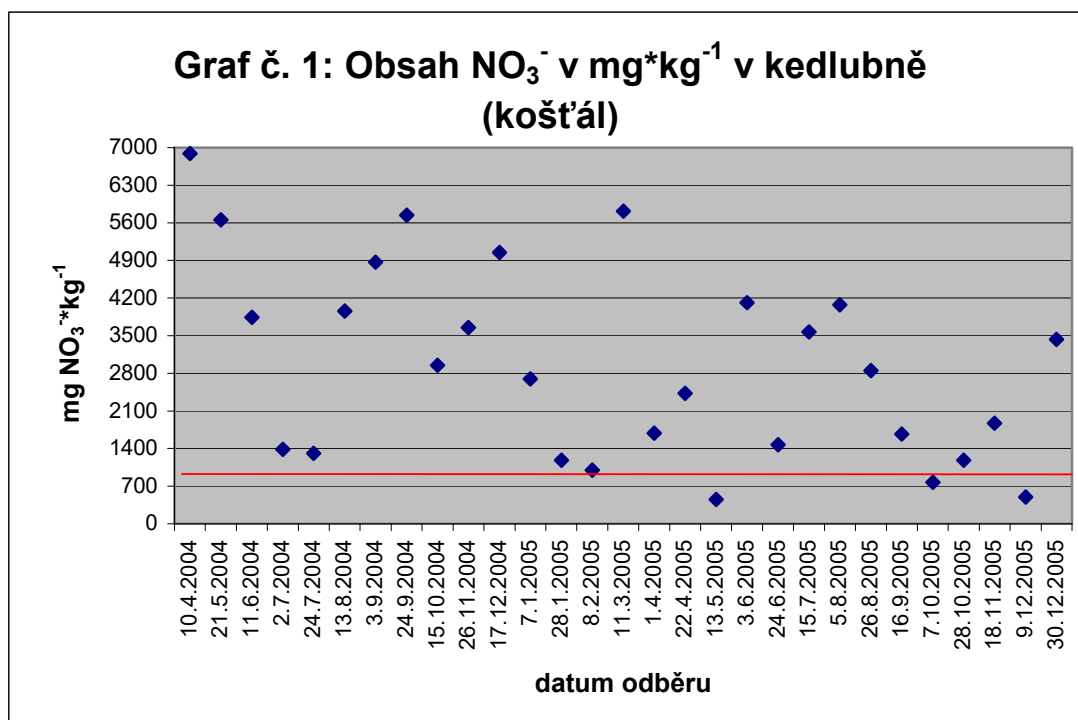
### Obsahy dusičnanů v kedlubně

U kedluben v košťálu byly zjištěny nevyhovující hodnoty obsahu dusičnanů u 27 vzorků, což představuje 93% z kontrolovaného množství. K překročení přípustného limitu, stanoveného na  $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , došlo více než u 9/10 vzorků.

Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v kedlubnách košťálu znázorňuje graf č. 1. Červená úsečka udává přípustný limit obsahu dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny vyjádřený v  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty jsou tabulkově zpracovány na konci této práce v přílohách.

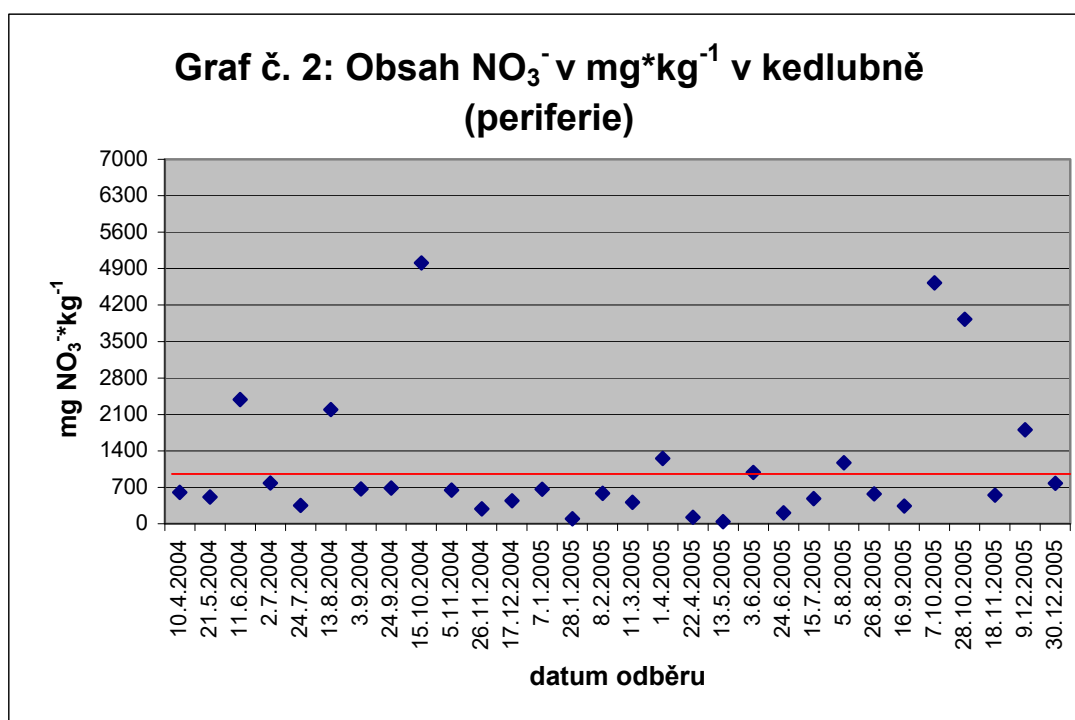
V kedlubně košťálu byla minimální koncentrace dusičnanů naměřena u vzorku č. 18. ze dne 13. 5. 2005 a to  $454,2 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Společně se vzorkem z 9. 12. 2005, jehož hodnota byla  $497,8 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ , odpovídal přípustné normě. U ostatních vzorků byla zjištěna nadlimitní koncentrace  $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Maximální hodnota u kedlubny košťálu byla  $6891,1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  z 10. 4. 2004.

Tuto vysoce nadlimitní koncentraci dusičnanů v kedlubně v průběhu skladování potvrzuje i STRNADOVÁ (1986).



Z grafu č. 2 je zřejmé, že obsah dusičnanů v kedlubně periferii nepřekročil tak často požadovanou normu jako u kedlubny košťálu, tzn. že koncentrace dusičnanů jsou výrazně nižší v periferii než v košťálu.

Minimální koncentrace u kedlubny v periferii byla naměřena dne 13. 5. 2004 a to 44,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Nevyhovujících vzorků bylo analyzováno 11, což je 37%. Maximální hodnota vykazuje 5007,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> ze dne 15. 10. 2004.



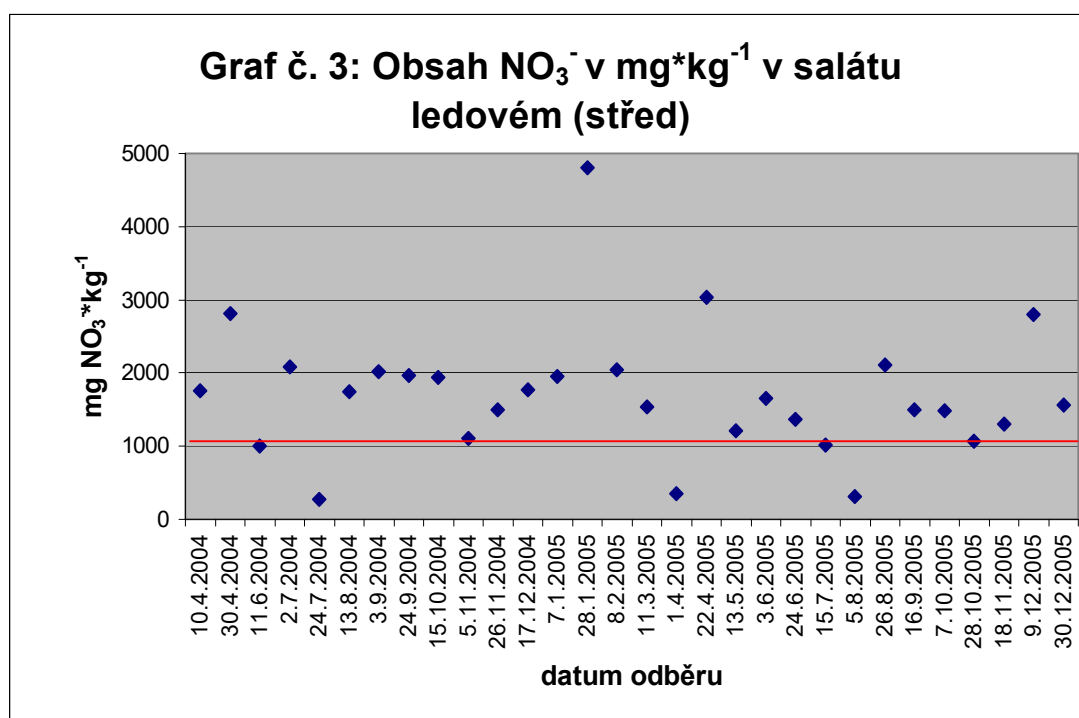
V analýzách DOUCHY (2003) byly u kedluben v obchodní síti zjištěny nevyhovující hodnoty dusičnanů u 22 vzorků, což představuje 71% z kontrolního množství. U vzorků, odebraných a analyzovaných v roce 2001 – 2002 byla minimální hodnota 125,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> z 24. 4. 2002 a maximální 3403 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> z data 2. 11. 2001.

KOLÁŘOVÁ (2003) ve svých sledováních uvádí, že všechny průměrné hodnoty jsou u kedlubny vysoko nad vyhláškou povolených 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, s výjimkou prvního

měření ve sledovaném úseku 3. 4. až 24. 4. 2002, kdy bylo zjištěno 670,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. V průběhu sledovaného období došlo po určité době k výraznému poklesu obsahu dusičnanů oproti hodnotám nejvyšším, ale ani v jednom případě se konečná hodnota nepřiblížila normě pro košťálovou zeleninu.

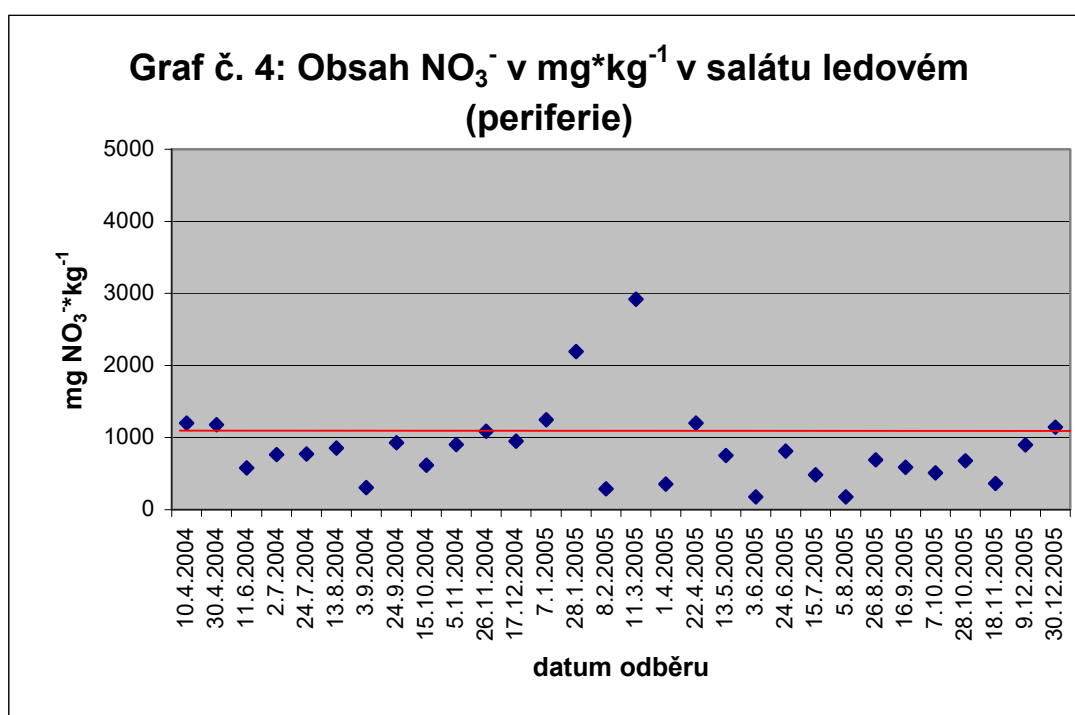
#### Obsahy dusičnanů v salátu ledovém

Druhé nejvyšší zastoupení nadlimitních hodnot dusičnanů obsahoval salát ledový středová část. Z 30 vzorků bylo 27 nevyhovujících, což znamená, že 90% vzorků mělo hodnotu vyšší než 1000 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Minimální hodnotu obsahoval vzorek č. 5 a to 275,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> z 24. 7. 2004. Současně přípustné množství dusičnanů obsahovaly pouze další dva vzorky (1. 4. 2004 a 5. 8. 2005). Maximální koncentraci dusičnanů obsahoval vzorek z 28. 1. 2005 a to hodnotu 4808,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v ledovém salátu znázorňuje graf č. 3.



U salátu ledového (periferie) bylo procento nevyhovujících vzorků dost vysoké, skoro 27%. Z 30 odebraných vzorků v průběhu období od 10. 4. 2004 do 30. 12. 2005

nevyhovělo 8 vzorků. Limit překročily vzorky z data 10. 4. 2004, 30. 4. 2004, 26. 11. 2004, 7. 1. 2005, 28. 1. 2005, 11. 3. 2005, 22. 4. 2005 a 30. 12. 2005. Maximální hodnoty dosáhl vzorek č. 16 z 11. 3. 2005 naměřenými 2920,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Vyhovělo celkem 22 vzorků, z nichž nejnižší hodnotu měl vzorek č. 23 z 5. 8. 2005 s naměřenou hodnotou 175 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů v ledovém salátu periferní části v letech 2004 až 2005 znázorňuje graf č. 4.

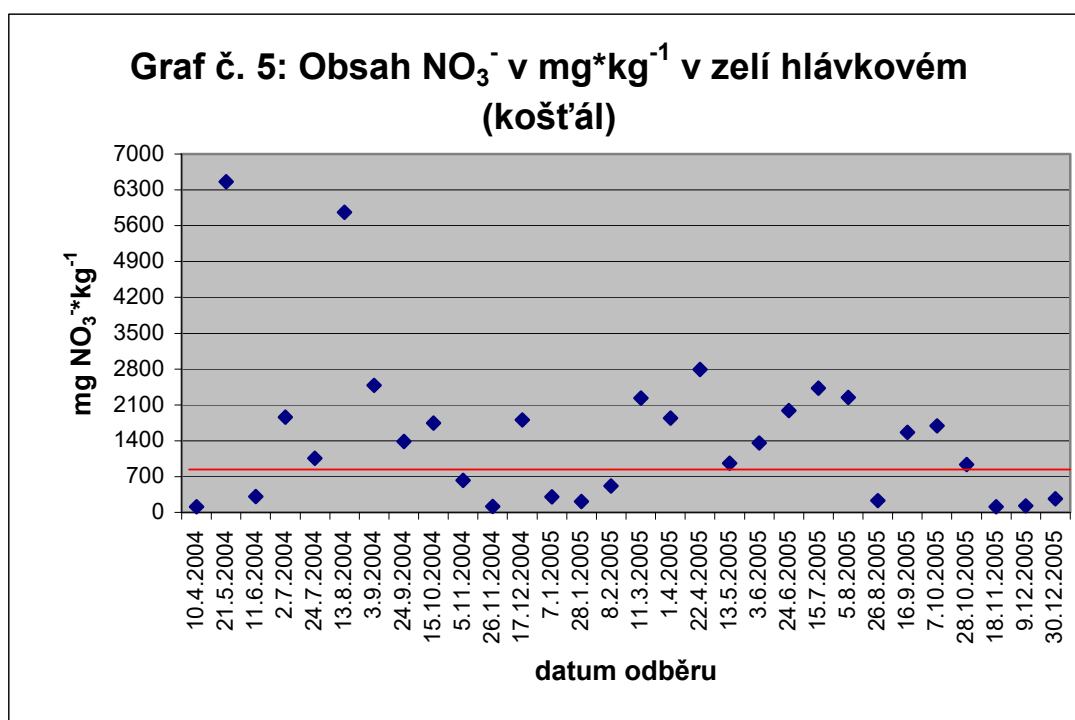


Listová zelenina patří mezi zeleniny, které velmi silně kumulují dusičnany. Nejvyšší koncentrace bývá v listových řapících, protože v nich je vysoký podíl vodivých pletiv (ŠINDELÁŘOVÁ 1985). To se potvrdilo i při porovnání obsahu dusičnanů ve středové (kořenové) a povrchové (periferní) části ledového salátu. Srovnáním grafů č. 3 a 4 je patrné, že středové části měly vyšší koncentrace dusičnanů než periferní, u nichž jsou silnější a koncentrovanější soustředěné řapíky listů.

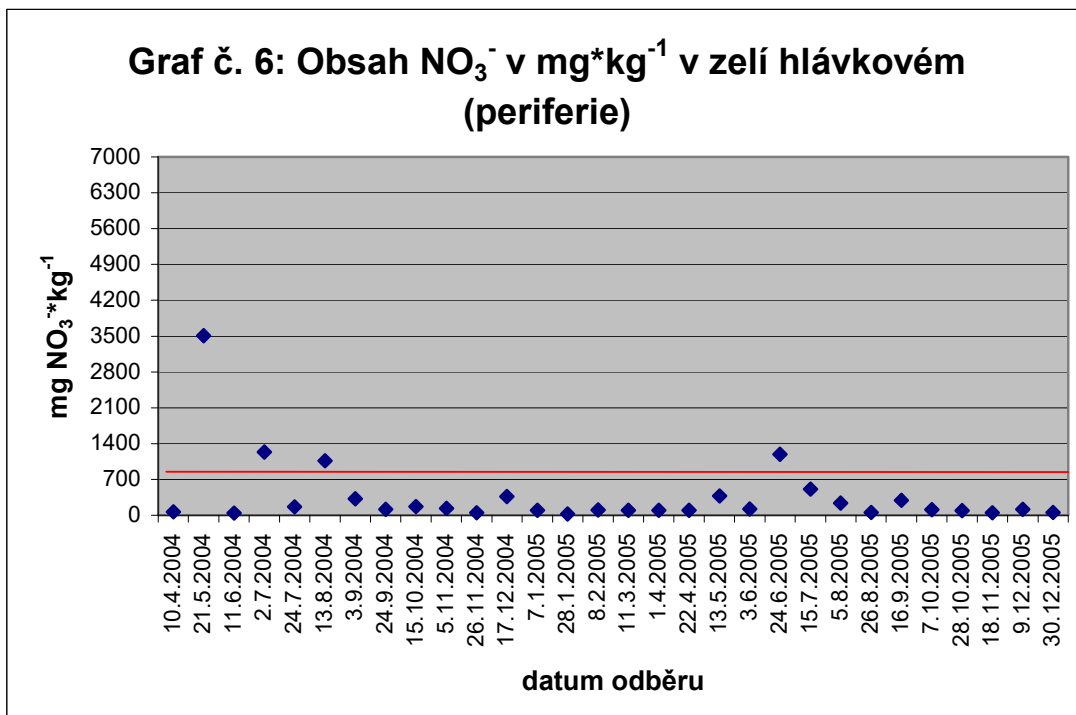
#### Obsahy dusičnanů v zelí hlávkovém

V zelí hlávkovém (košťál) přesahovalo limit ze 30 vzorků 19 vzorků, což představuje 63%. Maximum dosáhl vzorek č. 2 odebraný 21. 5. 2004 a to s hodnotou 6457,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. V limitu do 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> bylo pouze 11 vzorků, z nichž nejnížší měl hodnotu 110 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> z 10. 4. 2004. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v hlávkovém zelí košťálu znázorňuje graf č. 5.

Podle sledování KOLÁŘOVÉ (2003) z roku 2001 byl obsah dusičnanů u hlávkového zelí košťálu překročen třemi ze šestnácti vzorků, tj. 18,8%, přičemž nejvyšší hodnota 1414,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> (což je o 100% více než je povolen limit) byla zjištěna ze dne 3. 9. 2001. Nejnížší množství dusičnanů, 46,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, bylo naměřeno téhož dne u jiné partie zelí.



U zelí hlávkového periferii nevyhověly 4 vzorky, což představuje 13% z celkového počtu odběrů 30 vzorků. Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů v hlávkovém zelí periferii v letech 2004 a 2005 znázorňuje graf č. 6.



Nejvyššího maxima dosáhl vzorek č. 2 z 21. 5. 2004 s hodnotou 3509 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a minima dosahuje většina odběrů, které jsou v podlimitní hodnotě 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, z nichž nejnižší má hodnotu 40,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a byl odebrán 11. 6. 2004.

KOLÁŘOVÁ (2003) u hlávkového zelí sleduje obsah dusičnanů také v periferní části. Při hodnocení povrchových částí zelí nevyhověly normě 4 vzorky, což je 25%. Nejvyšší hodnoty 1599,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> bylo dosaženo při prvním měření. Nejnižší hodnota, zjištěna 10. 9. 2001, byla 50,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

V pozorováních DOUCHY (2003) byly v obchodní síti zjištěny 4 nevyhovující nálezy, což představuje 11,4% nevyhovujících vzorků z kontrolního množství. Přípustný limit byl překročen u vzorků ze dne 23. 3. 2001, 5. 9. 2001, 11. 7. 2002 a 28. 8. 2002. Minimální hodnota byla naměřena 30. 5. 2001 s hodnotou 51 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a maximální hodnota byla zjištěna ze dne 17. 7. 2002 s hodnotou 1560,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

Hlávkové zelí patří podle FLOHROVÉ (1990) mezi zeleniny, které vykazují střední koncentrace obsahu dusičnanů, tj. 200 – 600 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Z výsledků měření vyplývá, že se množství dusičnanů v průměru pohybuje ve výše uvedených hodnotách.

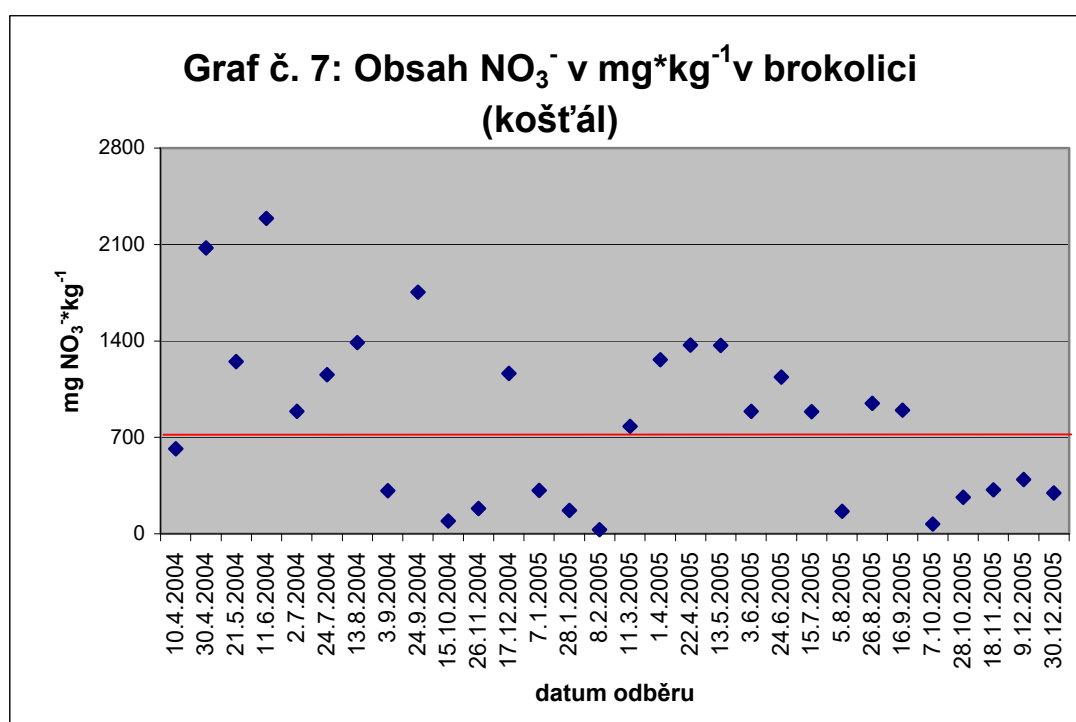
Košťálová zelenina kumuluje nejvíce dusičnanů v košťálech. Tomu odpovídá i pozorování množství dusičnanů ve středové a povrchové části hlávkového zelí. Z výsledků

je zřejmé, že ve většině případů je větší obsah dusičnanů ve středových částech, kde byla do analyzování zahrnuta i část košťálu.

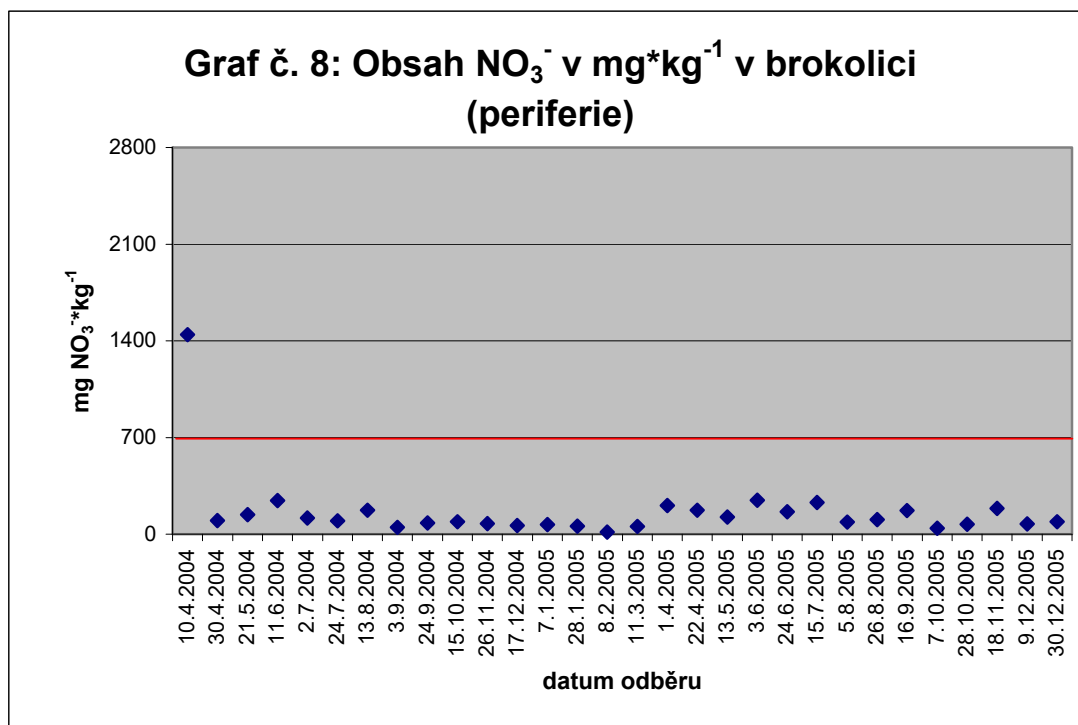
RESCHOVÁ (2000) zjistila v letech 1998 a 1999 4 nevyhovující nálezy u hlávkového zelí, což představuje 19% z kontrolovaného množství. Přípustný limit  $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  byl překročen 30. 10. 1998 o 35,5%, 19. 2. 1999 o 11,6%, 25. 6. 1999 o 11,8% a 6. 8. 1999 o 31,3%.

### Obsahy dusičnanů v brokolici

Obsah dusičnanů v brokolici (košťálu) byl nadlimitní v 17 vzorcích, což představuje 57% ze všech odběrů brokolice košťálu, kterých bylo 30. Limit  $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  nejvíce nesplnil vzorek č. 4 z 11. 6. 2004, jemuž bylo naměřeno  $2289 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naopak minimum měl vzorek z 8. 2. 2004, který byl zanalyzován na pouhých  $28,9 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zjištěné hodnoty obsahu dusičnanů v brokolici periferii v letech 2004 a 2005 znázorňuje graf č. 7.



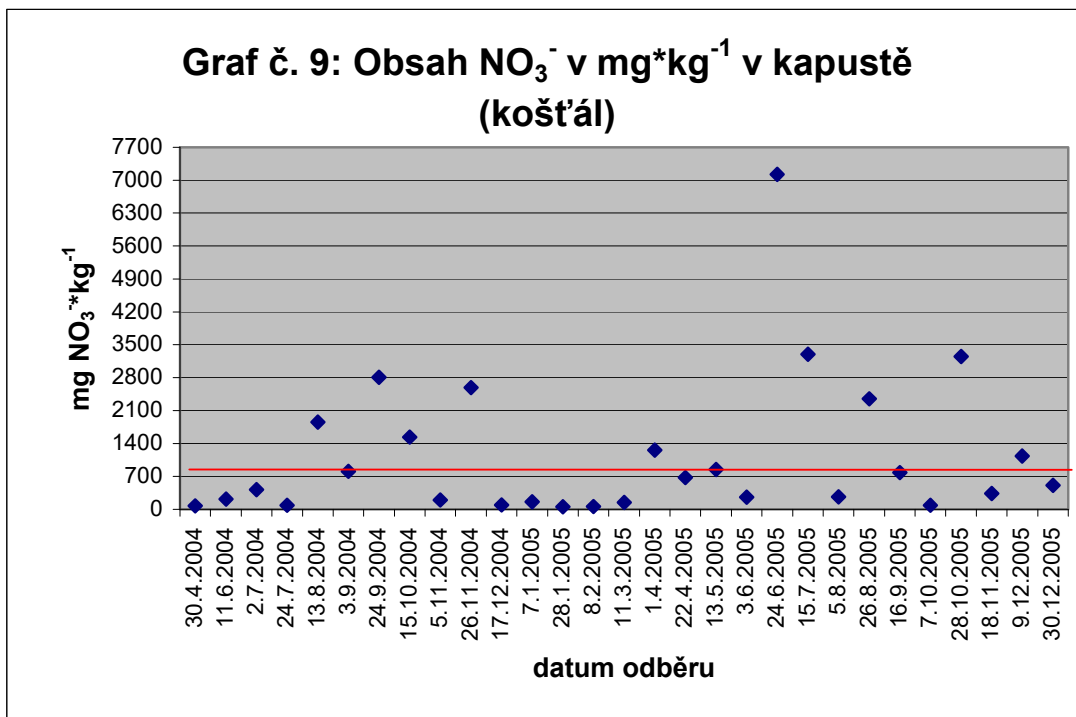
Brokolice (periferie) překročila limit pouze u prvního vzorku z 10. 4. 2004 o více než dvakrát tolik než přípouští norma (1444,2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>). V ostatních případech bylo naměřeno pod hranicí 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> jak znázorňuje graf č. 8.



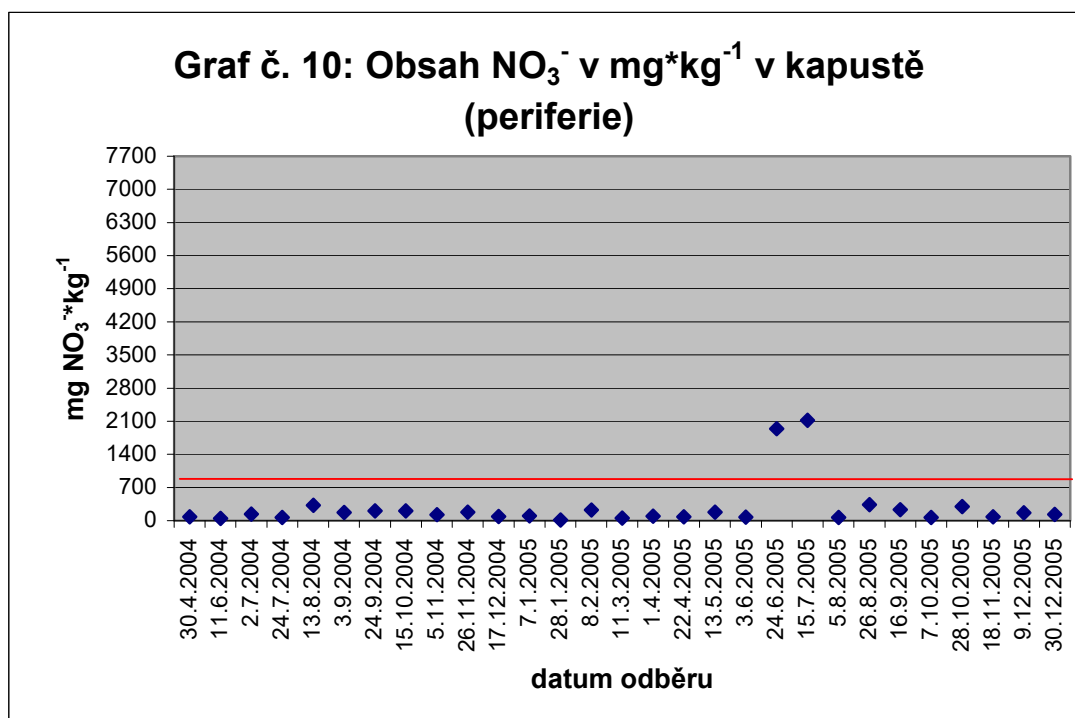
#### Obsahy dusičnanů v kapustě

Z 29 odebraných a analyzovaných vzorků kapusty košťálu bylo 13 vzorků v nadlimitní koncentraci, což odpovídá 45%. Vzorek ze dne 24. 6. 2005 byl maximálním a bylo u něho naměřeno 7126,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, což je 10krát více než přípouští limit. Minimální hodnotu vykazoval vzorek z 28. 1. 2005 s hodnotou 52,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a jednalo se o vzorek č. 13. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v kapustě košťálu znázorňuje graf č. 9.





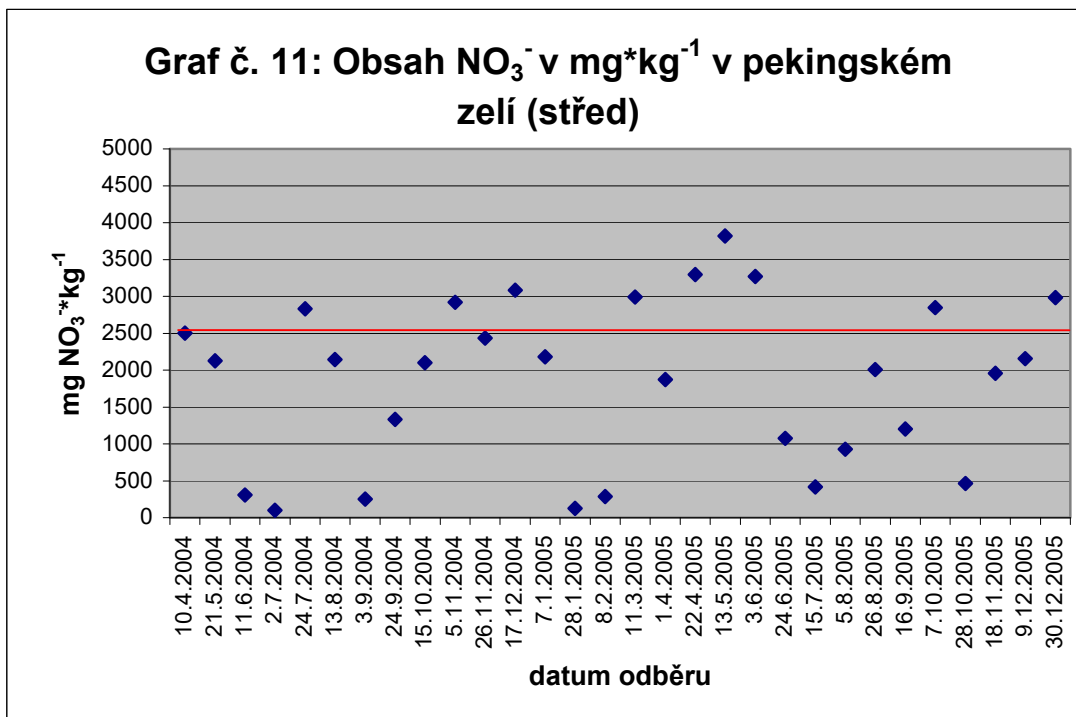
V případě kapusty (periferie) překračovaly limit pouze 2 vzorky, což z celkového množství 29 vzorků představuje jen 7% analyzovaných vzorků. Tyto vzorky se ovšem nacházely v tři násobných koncentracích než přípustný limit pro košťálové druhy zeleniny. Nejvyššího maxima dosáhl vzorek odebraný dne 15. 7. 2005 a ten měl hodnotu 2121,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Vzorek s nejnižší koncentrací byl naměřen 28. 1. 2005 s hodnotou 15,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v kapustě periferní části znázorňuje graf č. 10.



#### Obsahy dusičnanů v pekingském zelí

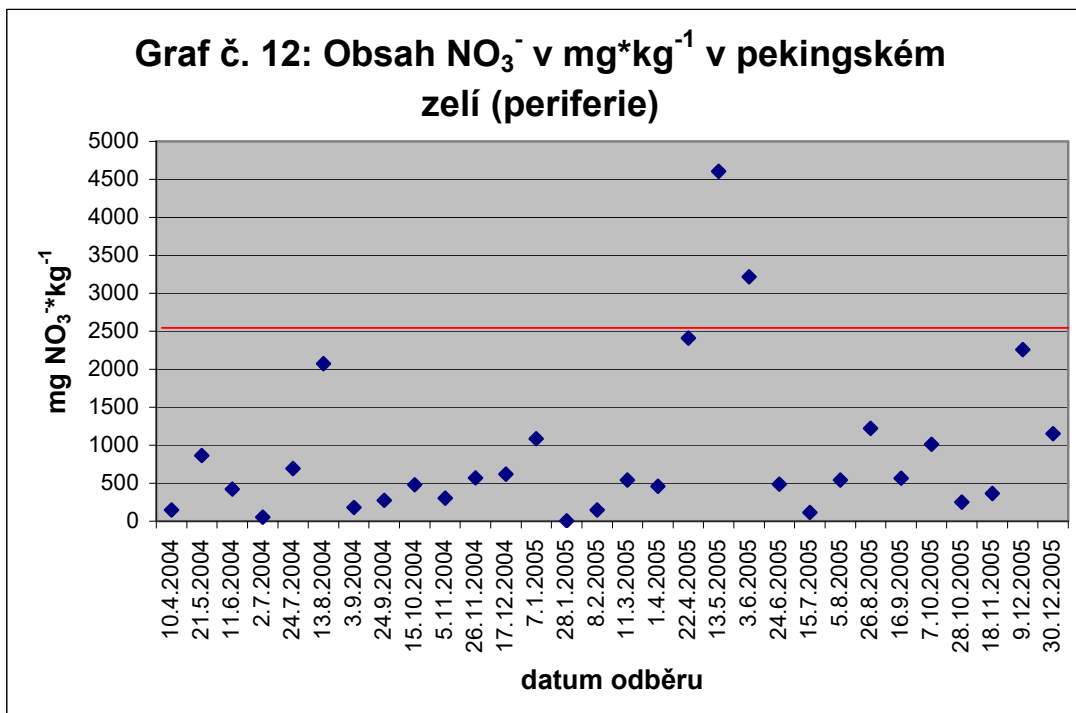
U pekingského zelí (střed) se více než jedna třetina vzorků pohybovala v nadlimitní koncentraci 2500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, nejvyšší pak u vzorku č. 19 s hodnotou 3816,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, který byl odebrán 13. 5. 2005. 33% vzorků, čemuž odpovídá 10 analyzovaných vzorků bylo nad požadovanou hodnotou. Nejnižší koncentraci dusičnanů jsem zaznamenala u vzorku č. 4 ze dne 2. 7. 2004 s hodnotou 102,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v pekingském zelí středové části znázorňuje graf č. 11.

KOLÁŘOVÁ (2003) obsah dusičnanů v pekingském zelí zjišťovala u 13 vzorků středové části a 13 vzorků povrchové části. Povolenému množství 2500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> vyhověly všechny analýzy středové části, přičemž minimální hodnota byla 125 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a maximální 1487,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Při sledování povrchové části pekingského zelí byl zjištěn jeden nevyhovující vzorek, u kterého byl obsah dusičnanů 2844,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota byla 231,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.



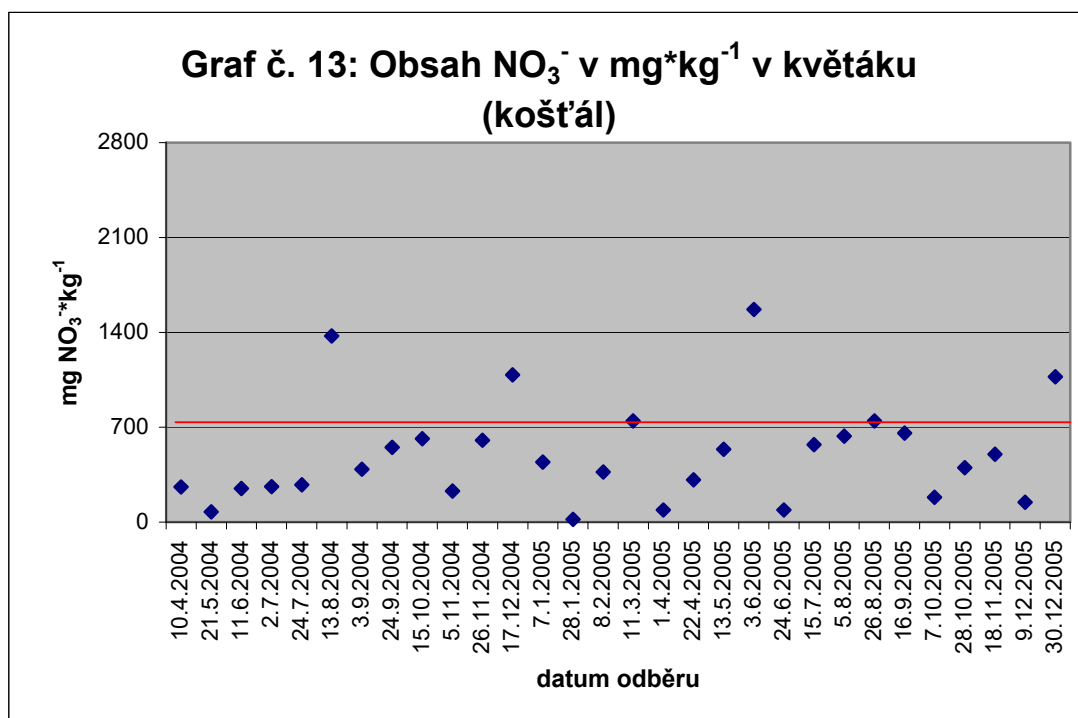
U pekingského zelí (periferie) překročilo limitní hranici 2500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> 7% analyzovaných vzorků, čemuž odpovídají dva z odebraných vzorků. Maxima bylo dosaženo dne 13. 5. 2005 s naměřenou hodnotou 4605,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a druhý nejvyšší vzorek byl z data 3. 6. 2005 s hodnotou 3215,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Ostatní odebrané vzorky vyhověly, byly tudíž v limitu pod 2500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší koncentrace dusičnanů bylo zaznamenáno u vorku odebraného 28. 1. 2005 s hodnotou pouhých 4,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v pekingském zelí periferii znázorňuje graf č. 12.

KOLÁŘOVÁ (2003) při sledování periferní části pekingského zelí zjistila 1 nevyhovující vzorek z celkem 13 vzorků, u kterého byl obsah dusičnanů 2844,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Nejnižší hodnota byla 231,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.



#### Obsahy dusičnanů v kvěťáku

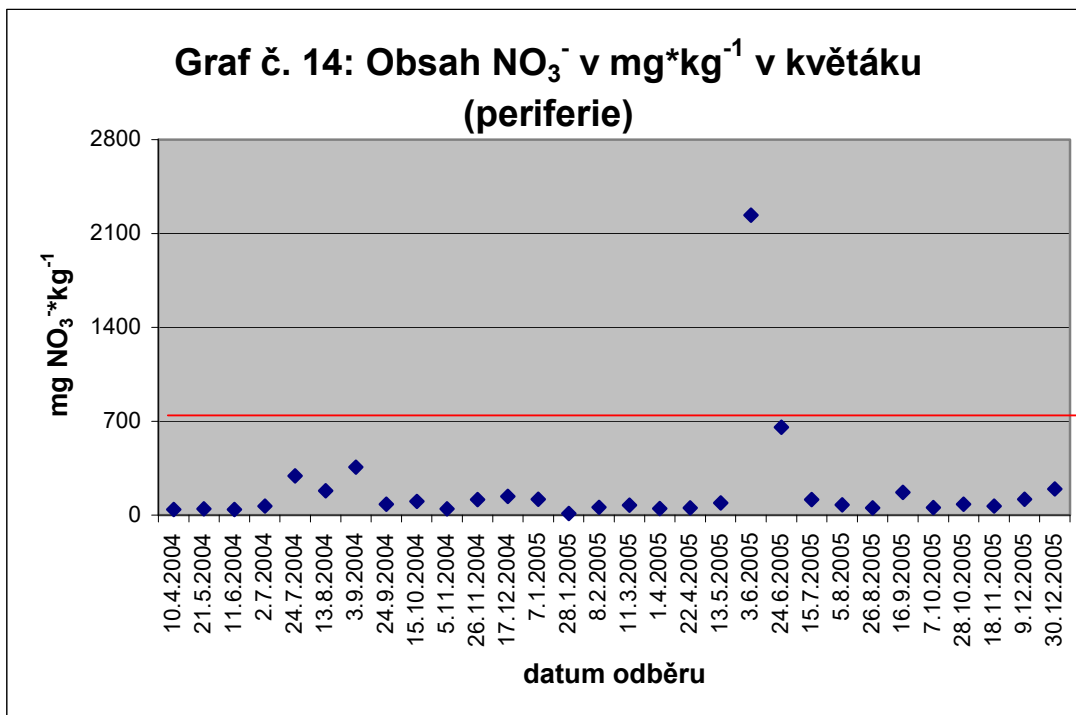
U kvěťáku v košťálu bylo nevyhovujících vzorků z celkového počtu 30 vzorků 20% (6 vzorků). Maxima bylo dosaženo 3. 6. 2005 a hodnota 1569,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> limitního množství nitrátů byla překročena o více než 100% jak znázorňuje graf č.13.



Nejnižší koncentrace dusičnanů v periférii jsem zaznamenala u kvěťáku. Jeden analyzovaný vzorek překročil limit pro košťálovou zeleninu. Hodnota 2235,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> jej překročila více než dvojnásobně, byl odebrán dne 3. 6. 2005. Ostatní odběry vzorků byly v optimu pod hranicí 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>, z nichž nejnižší měl koncentraci dusičnanů 11,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a byl odebrán dne 28. 1. 2005. Naměřené hodnoty obsahu dusičnanů kvěťáku periferní části znázorňuje graf č. 14.

U kvěťáku v obchodní síti zjistil DOUCHA (2003) 1 nevyhovující vzorek, což představuje 2,9% nevyhovujících vzorků z kontrolovaného množství. Přípustný limit byl překročen 28. 11. 2001 v hodnotě 853 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> o 21,9%. Minimální hodnota byla naměřena u vzorku z 28. 8. 2002 v hodnotě 30,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

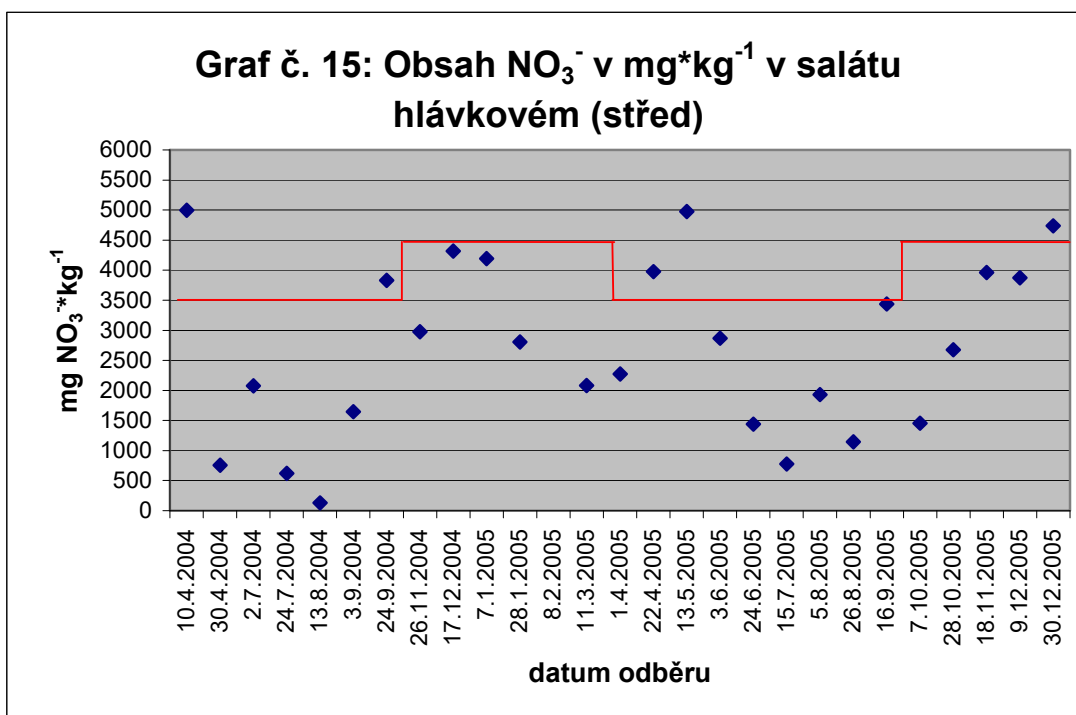
Naměřené hodnoty RESCHOVÉ (2000) se u kvěťáku pohybovaly hluboko pod stanovenou normou 700 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.



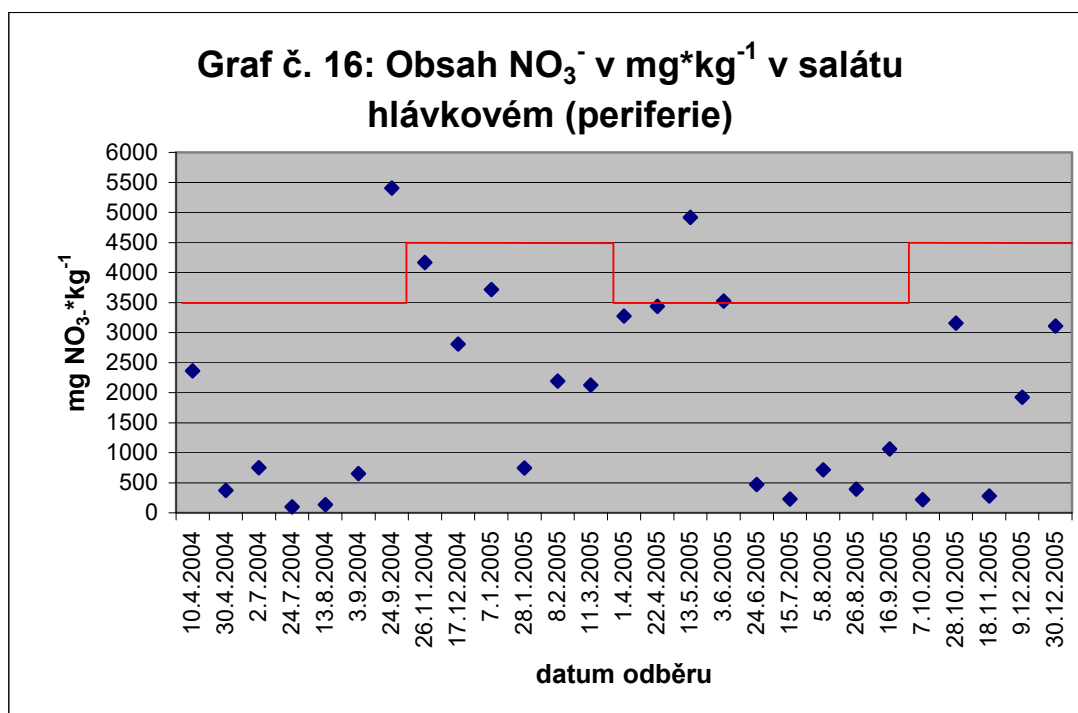
#### Obsahy dusičnanů v salátu hlávkovém

Z důvodu sezónního způsobu pěstování salátu hlávkového jsou limity koncentrace dusičnanů stanoveny rozdílně pro letní a zimní pěstování. Při sklizni od 1. 10. do 31. 1. by koncentrace dusičnanů neměla přesáhnout hodnotu 4500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. V tomto ročním období se předpokládá pěstování hlávkového salátu ve sklenících nebo fóliovnících. Při sklizni od 1. 4. do 30. 9. je povoleno množství dusičnanů pouze 3500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Vertikální červená čára upozorňuje na změnu normy během roku.

V mém sledování překročily vzorky povolené hodnoty hlávkového salátu středu 19%, což představuje 5 vzorků. Maximum bylo při prvním odebraném vzorku a jeho hodnota z 10. 4. 2004 činila 4993,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Minimum bylo změřeno 13. 8. 2004 a to hodnotou 126,9 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Zjištěné hodnoty jsou vyjádřeny v grafu č. 15.



Hlávkový salát (periferie) vykazoval nadlimitní koncentrace ve třech případech, což je 11% z 27 odebraných vzorků, z nichž nejvyšší koncentrace byla ze dne 24. 9. 2004 s hodnotou 5403,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Hlávkový salát díky vysokým přípustným hodnotám 3500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a 4500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> nevykazoval tak vysoké procento nevyhovujících vzorků jak by se na první pohled předpokládalo. Graf č. 16 to potvrzuje.



DOUCHA (2003) v letech 2001 až 2002 analyzoval celkem 24 vzorů salátu hlávkového, z toho jich 5 nevyhovělo stanovené normě, což je 20,8 % kontrolovaného množství. Tyto vzorky byly odebírány z obchodní sítě. Překročení přípustného limitu pro čerstvý salát, sklizený v termínu od 1. 10. do 31. 3., došlo u 4 vzorků. U salátu sklizeného od 1. 4. do 30. 9. byla překročena hodnota 3500 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> celkem jedenkrát, a to u vzorku, který dosáhl hodnoty 4736,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>. Minimální naměřená hodnota byla 84,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> a celková maximální hodnota z obou dvou období byla 5826,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>.

Listová zelenina obsahuje poměrně dost dusičnanů, i když je pěstována při nízké hladině dusíku a se vzrůstajícími dávkami dusíku akumuluje dusičnany velmi silně (PRUGAR a HADAČOVÁ 1994).

Hromadění dusičnanů probíhá v rostlinách specificky podle jejich orgánu či části. Například listová žebra u hlávkového salátu jsou na dusičnany bohatší než ostatní části listů (ŠINDELÁŘOVÁ 1985).

PECHOVÁ (1996) zaznamenala distribuční rozdíly obsahu dusičnanů v jednotlivých částech hlávkového salátu. Nejvyšší obsah zjistila v žilkách vnějších listů a v košťálech. Při obsahu dusičnanů 3100 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> ve vnějších listech naměřila zároveň 2300 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> ve středních listech a přímo v srděčku 1600 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup> v čerstvé hmotě.



Tab. č. 5: Minimální a maximální naměřené hodnoty dusičnanů v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.kg<sup>-1</sup>

Druh zeleniny		Minimální hodnota	Datum	Maximální hodnota	Datum
kedlubna	košťál	454,2	13. 5. 2005	6891,1	10. 4. 2004
	periferie	44,7	13. 5. 2004	5007,1	15.10. 2004
salát ledový	střed	275,3	24. 7. 2004	4808,9	28. 1. 2005
	periferie	175,0	5.8.2005	2920,8	11. 3. 2005
zelí hlávkové	košťál	110	10. 4. 2004	6457,6	21. 5. 2004
	periferie	40,7	11. 6. 2004	2 3509	21. 5. 2004
brokolice	košťál	28,9	8. 2. 2004	2289	11. 6. 2004
	periferie	16,4	8. 2. 2005	1444,2	10. 4. 2004
kapusta	košťál	52,6	28.1.2005	7126,5	24. 6. 2005
	periferie	15,5	28.1.2005	2121,8	15.7.2005
zelí pekingské	střed	102,4	2. 7. 2004	3816,5	13.5.2005
	periferie	4,6	28.1.2005	4605,1	13. 5. 2005
květák	košťál	21,4	28.1.2005	1569,9	3. 6. 2005
	periferie	11,4	28.1.2005	2235,3	3. 6. 2005
salát hlávkový	střed	126,9	13. 8. 2004	4993,8	10. 4. 2004
	periferie	100,1	24.7.2004	5403,1	24. 9. 2004

U jednoho odběru z 30. 4. 2004 byla provedena 4 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. Vzhledem k těmto hodnotám a vysokému počtu odebraných vzorků byla opakovaná měření provedena pouze u těchto vzorků.

Tab. č. 6: Naměřené hodnoty dusičnanů, jejich průměr a směrodatná odchylka u směsných vzorků

Druh zeleniny	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . kg <sup>-1</sup>	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>pekingské zelí</b>			
vzorek č.1	251,6	387,9	111,5
č.2	304,4		
č.3	494,1		
č.4	501,6		
<b>kedlubna</b>			
vzorek č.1	775,2	864,3	58,5
č.2	853,1		

č.3	896,9		
č.4	931,8		
<b>květák</b>			
vzorek č.1	78,8	89,3	9,0
č.2	90,6		
č.3	103,2		
č.4	84,6		
<b>zelí hlávkové</b>			
vzorek č.1	251,8	241,3	42,3
č.2	304,3		
č.3	190,8		
č.4	218,2		

U odběru ze dne 21. 5 . 2004 bylo provedeno opakované měření čtyř vzorků 2 druhů zeleniny (kapusta košťál, kapusta periferie, ledový salát střed a ledový salát periferie). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 7. Vzhledem k těmto hodnotám a vysokému počtu odebraných vzorků byla opakovaná měření provedena pouze u těchto vzorků jednoho košťálového a jednoho listového druhu zeleniny.

Tab č. 7: Naměřené hodnoty dusičnanů, jejich průměr a směrodatná odchylka u opakovaných měření

Druh zeleniny	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . kg <sup>-1</sup>	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>kapusta košťál</b>			
měření č.1	113,6	127,1	8,9
č.2	128,0		
č.3	128,0		
č.4	138,6		
<b>kapusta periferie</b>			
měření č.1	64,6	72,2	4,5
č.2	75,7		
č.3	75,7		
č.4	72,8		
<b>salát led. střed</b>			
měření č.1	1610,2	1749,5	149,1
č.2	1610,2		
č.3	1963,8		
č.4	1813,8		

<b>salát led. periferie</b>			
měření č.1	690,0	804,7	78,3
č.2	808,8		
č.3	808,8		
č.4	911,1		

Ačkoliv v obou případech došlo k určitým odchýlkám, 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, nezfiltrovaných částic ve výluhu, které částice mohou ovlivňovat elektrochemický potenciál na membráně elektrody.

## 5 ZÁVĚR

Měření obsahu dusičnanů prováděná oblastními laboratořemi České zemědělské a potravinářské inspekce vykazovaly v letech 2004 a 2005 minimální frekvenci. Vzhledem k nedostatečné legislativě nejsou rozборы prováděny, pouze příležitostně je analyzován salát hlávkový (v souvislosti s většími dovozy) a jeho vzorky byly vždy vyhovující.

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu dusičnanů v běžných druzích listové a košťálové zeleniny nabízených obchodní sítí města Turnova a tím přispět ke sledování zdravotní nezávadnosti zeleniny distribuované do této obchodní sítě v letech 2004 a 2005.

Analýza byla provedena u 478 vzorků zeleniny. Podle vyhl. 53/2002 Sb. nevyhovělo limitům 148 vzorků, což představuje 33% z kontrolovaného množství.

Z naměřených výsledků, které vychází z tabulky č. 4 vyplývá, že v letech 2004 a 2005 v obchodní síti města Turnova byly nejvíce rizikové vzorky kedlubny košťálu (90% nevyhovujících vzorků), středové části ledového salátu (83% nevyhovujících vzorků). Dále pak nadlimitní koncentrace dusičnanů byly zjištěny u hlávkového zelí košťálu (63%), brokolice košťálu (48%), kapusty košťálu (43%) a pekingského zelí středové části (35%).

Výsledky poukazují na to, že by se před konzumací měly odstranit rizikové části zeleniny – košťál u košťálové zeleniny a středová část u listové zeleniny. Platí to zejména u pokrmů pro malé děti. Obsah dusičnanů by se také mohl u problémových druhů snížit vařením. Tepelnou úpravou totiž podle autorů dojde k výraznému poklesu obsahu dusičnanů v zelenině.

Z této práce nelze vyvozovat širší obecné závěry, neboť údaje o původu a typu zeleniny se nepodařilo zjistit z důvodu neochoty prodejců podávat informace o dodavatelích a prodávané zelenině.

Pro zlepšení celkového stavu prodávané zeleniny na území České republiky je třeba upravit nedostatečnou legislativu a provádět více namátkových kontrol jednotlivých obchodních řetězců a dodavatelů.

Při hodnocení vlivu dusičnanů je však třeba vidět souvislost s příjmem kyseliny askorbové, která značnou měrou inhibuje tvorbu karcinogenních nitrosaminů v organismu a právě zelenina je jejím dostatečným zdrojem. Významný je i obsah vlákniny, která zkracuje dobu kontaktu karcinogenů ve střevní sliznici.

Dále někteří autoři upozorňují na skutečnost, že nitráty v potravě mohou mít i terapeutickou úlohu, která spočívá především ve snižování rizika onemocnění různými gastroenteritidami. Například acidifikované nitrity mají baktericidní účinky na některé druhy patogenů.

Z uvedených skutečností je možné konstatovat, že pozitivní účinky kyseliny askorbové a vlákniny převažují nad negativním působením dusičnanů i při jejich zvýšeném obsahu v zelenině.

## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. 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, s. 91 – 103
2. BAIER, J., BAIEROVÁ, V.: Jak hnojit na zahrádce. SZN Praha 1988, 208 s.
3. BARTOŠ, J. a kolektiv : Pěstování a odbyt zeleniny. Vydal Ing. František Savov – AGROSPÓJ, 2000, str. 323.
4. BERGMANN, W.: Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, visuelle und analytische Diagnose. VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 1986, 306 s.
5. BIELEK, P. a kol.: Kumulácia dusičnanov v zeleninách (příčiny a východiská). 1. vyd. Bratislava, vydala pobočka ČSVTS při VÚPVR 1986, 96 s.
6. BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. 1. vydání, Bratislava, Veda, 1989, 192 s.
7. BUCHTOVÁ, I.: Situační a výhledová zpráva - zelenina. Mze ČR, Praha 2001, 55 s.
8. BUCHTOVÁ, I.: Situační a výhledová zpráva - zelenina. Mze ČR, Praha, 2004, 49 s.
9. ČERNÝ, L., KŘOVÁČEK, J., VAŠÁK, J.: Jarní hnojení minerálními hnojivy. Zemědělec, ročník 14, 3/2006, strana 11
10. DOUCHA, M.: Sledování obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny produkovaných malovýrobce a distribuovaných obchodní sítí ve zvoleném regionu. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2003, str. 82.
11. DUDÁŠ, F., PELIKÁN, M.: Využití produktů rostlinné výroby. VŠZ Brno 1989, 247 s.

12. FLOHROVÁ, A.: Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Studie VTR, ÚVTIZ, Praha 1990, č. 6, 83 s.
13. FLOHROVÁ, A.: Trendy v pěstování polní zeleniny. Studie VTR, ÚVTIZ, Ř. Rostl. Výr., Praha 1991, č. 1, 60 s.
14. JAVORSKÝ, P. a kol.: Chemické rozborý v zemědělských laboratořích. MZVž ČSR, Praha 1987, 397 s.
15. 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, 2005, str. 395 - 401.
16. KALAČ, P., MÍKA, V.: Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech a jejich vliv na zdraví a užitkovost hospodářských zvířat. 1. vyd., České Budějovice 1988, MZVž (Ministerstvo zemědělství a výživy v ČSR), 212 s.
17. KALINA, M.: Dusíkaté vápno i pro malé zahrádky. Zahrádkář, ročník 38, 2/2006, s. 39 – 42
18. KOLÁŘOVÁ, H.: Vliv různých podmínek skladování vybraných druhů zeleniny na obsah nitrátů. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2003, 68 s.
19. KOLEK, J., KOZINKA, V. a kol.: Fyziologie kořenového systému rostlín. Metodické příručky experimentální botaniky, VEDA, Bratislava 1988, 384 s.
20. MALÝ, I.: Jakost zeleniny podle norem. Zahrádkář, ročník 33, září 2001, str. 16
21. MARSCHNER, H.: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, London, 1995, 889 s.
22. MATULA, J.: Výživa a hnojení dusíkem. Agro, ročník 2, červenec 1997, str. 42 – 45
23. MC KNIGHT a kol.: Dietary nitrate in man: friend or foe? British Journal of Nutrition, č.81, 1999, str. 349 – 358
24. MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Nakladatelství Fischer 1991, 470 s.
25. MENGEL, K., KIRKLEY, E. A.: Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute Borne, Switzerland, 1978, 593 s.
26. MÍČA, B., VOKÁL, B., PENK, J.: Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. MZ ČR, Praha 1991, 75 s.

27. NÁTR, L.: Fotosyntetická produkce a výživa lidstva. 1. vyd., Praha, ISV nakladatelství 2002, s. 423
28. PECHOVÁ, B. a kol.: Processes of nitrate accumulation in vegetable crops. In: Scientia agricultural bohemia 1998, ročník 29, č. 2, 118 s.
29. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Grada Publishing, Praha, 2001, str. 72.
30. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme salát, špenát a další listové zeleniny. 1. vydání Praha, Grada Publishing, spol. s r. o. 2002, 96 s.
31. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme zdravou zeleninu. 1. vyd. Praha, SNTL Květ 1992, 144 s.
32. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme zeleninu. 2. vyd., Grada Publishing s. r. o. Praha 2000, 152 s.
33. PENNINGTON, J. a T.: Dietary exposure models for nitrates and nitrites. Food Control, 9, č. 6, 1998, s. 385 - 395
34. PETERSEN, A., STOLTZE, S.: Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake. Food additives and contaminants, 1999, č. 18, 300 s.
35. POKORA, J.: Jakost čerstvého ovoce a zeleniny. Zemědělec, ročník 10, leden 2002, str. 12.
36. PROCHÁZKA, S. a kol.: Fyziologie rostlin. 1. vydání, Praha, Academia 1998, 484 s.
37. PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a bramborách, Studijní zpráva ÚZPI, Praha 1995, řada Rostlinná výroba, č. 3, 52 s.
38. PRUGAR, J., HADAČOVÁ, V.: Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. Studijní zpráva ÚZPI, Praha 1994, řada Rostlinná výroba, č. 5, 60 s.
39. PRUGAR, J., PECHOVÁ, B.: Výskum problematiky dusičnanov v zeleninách na Ústave podoznalectva a výživa rastlín VCPÚ v Bratislave /1981 - 1989/. In: Sborník referátů z odborné akce „Nitráty a nitrosaminy v potravinovém řetězci“, ČSVTS, České Budějovice, 1989, 9 - 32 s.
40. PRUGAR, J., PRUGAROVÁ, A.: Dusičnany v zelenině. 1. vyd., v Bratislave, Příroda, 1985, 150 s.
41. PRUGAR, J.: Jakost rostlinných produktů konvenčního a ekologického zemědělství. Studijní informace, ÚZPI 1994, Ř. Rostl. Výr., č. 4., 48 s.
42. PRUGAR, J.: Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství. Studijní informace ÚZPI, Praha 2000, řada Rostlinná výroba, č. 5, 79 s.



43. PRUGAR, J.: Výskyt dusičnanov v poľnohospodárskych produktoch. In: Sborník z celoslovenského seminára Dusičnany v poľnohospodárskych produktoch, OvSa, Bratislava 1987, 18 - 29 s.
44. RESCHOVÁ, M.: Sledování obsahu nitrátů v zelenině distribuované obchodní sítí. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2000, 67 s.
45. RICHTER, R., HLUŠEK, J.: Půdní úrodnost. ÚZPI Praha 2003, 44 s.
46. RICHTER, R., HLUŠEK, J.: Regulace obsahu nitrátů a některých cizorodých prvků ve vybraných zeleninách. In: Sborník referátů z konference Integrovaná produkce zeleniny, Výzkumný a šlechtitelský ústav zelinářský Olomouc 1991, 98 - 108 s.
47. RICHTER, R., HUŠEK, J.: Výživa a hnojení rostlin (1. obecná část). VŠZ v Brně 1994, 177 s.
48. RICHTER, R., KUBÁT, J.: Organická hnojiva, jejich výroba a využití. ÚZPI Praha 2003, 56 s.
49. RŮŽEK, P., KUSÁ, H., HUMLOVÁ, A.: Nové trendy v hnojení minerálními hnojivy. Agro, ročník 9, 2/2004, strana 58
50. ŠEBÁNEK, J. a kol.: Fyziologie rostlin. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1983, 558 s.
51. ŠINDELÁŘOVÁ, J.: Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině. Studijní informace, ÚVTIZ, řada Ochrana a tvorba životního prostředí v zemědělství a lesnictví, Praha 1985, č. 1, 64 s.
52. SLÁMA, T.: Proč je správné hnojit na jaře ledkem? Agro, ročník 10, 1/2005, s. 32 – 33
53. STRNADOVÁ, I.: Dynamika obsahu  $\text{NO}_3^-$  iontů u košťálové zeleniny při skladování. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 1986. 65 s.
54. TORMA, S.: Dusík - nenahraditelný prvek v půdě a rostlině. Agro, ročník 10, 1/2005, s. 27 – 29
55. TRÁVNÍK, K.: Sledování pohybu živin v půdě. Úroda, ročník 53, 5/2005, s. 36 – 39
56. TUREK, B., HRUBÝ, S., ČERNÁ, M.: Nutriční toxikologie. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví 1994. 123 s.
57. VANĚK, V. a kol.: Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. Farmář - zem. listy, Praha 1998, 124 s.

58. VANĚK, V., TLUSTOŠ, P.: Nitráty v rostlinách. Farmář 5/1999, č. 6, s. 24 – 25
59. ZELENÝ, F.: Výživa rostlin a potřeba hnojení. Studijní informace ÚZPI, Praha 1993, řada Rostlinná výroba, č. 4., 60 s.

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2004 část 1

	brokolice košťál	brokolice periferie	peking.zelí střed	peking.zelí periferie	hláv.salát střed	hláv.salát periferie	kapusta košťál
10.4.2004	616,1	1444,2	2502,0	146,5	4993,8	2362,3	
30.4.2004	2075,4	98,3			757,0	372,1	71,7
21.5.2004	1250,0	141,0	2126,0	866,5			
11.6.2004	2289,0	243,3	310,0	423,6			215,5
2.7.2004	888,9	116,3	102,4	53,6	2078,4	753,1	414,7
24.7.2004	1154,6	96,2	2831,8	694,0	621,0	100,1	85,7
13.8.2004	1387,9	172,9	2144,8	2075,4	126,9	132,5	1854,6
3.9.2004	312,0	50,5	253,3	179,8	1644,6	654,3	808,4
24.9.2004	1754,2	81,5	1335,1	273,9	3831,4	5403,1	2807,9
15.10.2004	93,0	90,0	2102,9	479,0			1538,9
5.11.2004	131,3	66,1	2920,6	304,1	4554,6	3107,1	199,2
26.11.2004	183,8	76,3	2433,0	569,5	2977,6	4164,7	2586,4
17.12.2004	1162,8	63,8	3084,8	619,2	4315,6	2809,3	94,6

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2004 část 2

	kedlubna košťál	kedlubna periferie	květák košťál	květák periferie	led. salát střed	led. salát periferie	zelí hláv. košťál
10.4.2004	6891,1	606,2	260,3	41,6	1758,6	1198,4	110,0
30.4.2004					2807,1	1176,8	
21.5.2004	5657,9	514,5	75,1	47,5			6457,6
11.6.2004	3841,4	2385,7	248,2	42,4	1002,6	580,4	308,8
2.7.2004	1384,3	783,1	261,7	66,4	2078,4	766,3	1860,1
24.7.2004	1309,9	351,4	275,3	292,4	275,3	774,4	1056,8
13.8.2004	3958,1	2194,6	1373,8	181,4	1750,3	853,2	5864,8
3.9.2004	4865,2	669,4	390,7	357,4	2012,8	307,8	2481,6
24.9.2004	5741,7	685,8	551,0	81,5	1971,2	930,2	1389,1
15.10.2004	2947,7	5007,1	616,0	102,3	1945,0	618,8	1745,7
5.11.2004	3323,9	645,5	230,2	45,5	1107,7	903,9	629,0
26.11.2004	3652,0	284,8	604,3	115,2	1492,5	1087,0	115,3
17.12.2004	5044,7	443,0	1087,0	139,8	1776,0	951,2	1805,3

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2005 část 1

	brokolice košťál	brokolice periferie	peking.zelí střed	peking.zelí periferie	hláv.salát střed	hláv.salát periferie	kapusta košťál
7.1.2005	313,9	69,5	2182,1	1084,6	4195,7	3716,9	158,0
28.1.2005	169,0	59,7	128,0	4,6	2807,1	744,2	52,6
8.2.2005	28,9	16,4	287,6	147,9	7250,7	2189,3	59,6
11.3.2005	779,6	56,0	2990,3	541,1	2079,0	2123,8	148,7
1.4.2005	1264,3	206,6	1873,2	457,7	2272,0	3274,1	1257,8
22.4.2005	1369,8	174,7	3294,4	2408,1	3976,9	3435,9	674,7
13.5.2005	1367,6	124,1	3816,5	4605,1	4976,3	4919,0	847,7
3.6.2005	888,2	244,8	3268,3	3215,4	2865,9	3521,6	256,5
24.6.2005	1136,4	161,7	1076,9	488,5	1441,4	470,1	7126,5
15.7.2005	884,8	229,4	418,8	114,0	775,0	227,7	3299,1
5.8.2005	162,4	88,1	927,4	540,6	1929,7	717,0	261,6
26.8.2005	946,7	106,2	2007,9	1220,9	1144,1	394,3	2348,8
16.9.2005	897,1	172,3	1202,9	566,1	3437,3	1061,0	780,5
7.10.2005	69,1	42,4	2847,0	1013,9	1456,1	217,9	86,7
28.10.2005	264,0	71,1	464,1	249,8	2676,5	3156,5	3251,7
18.11.2005	319,2	186,0	1956,0	363,0	3959,3	280,5	336,9
9.12.2005	393,5	73,3	2155,4	2258,2	3870,1	1921,3	1131,8
30.12.2005	296,6	90,5	2984,1	1153,0	4736,3	3107,1	509,7

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2005 část 2

	kedlubna košťál	kedlubna periferie	květák košťál	květák periferie	led. salát střed	led. salát periferie	zelí hláv. košťál
7.1.2005	2693,9	665,3	444,2	119,0	1947,5	1250,0	301,5
28.1.2005	1182,4	93,2	21,4	11,4	4808,9	2194,6	213,5
8.2.2005	994,0	587,9	370,2	57,4	2043,6	290,3	514,4
11.3.2005	5815,8	414,7	745,7	74,8	1530,4	2920,8	2230,7
1.4.2005	1686,4	1258,0	90,0	48,0	351,9	351,9	1842,9
22.4.2005	2425,6	128,5	311,8	53,5	3029,8	1198,7	2791,0
13.5.2005	454,4	44,7	537,4	89,4	1206,2	751,1	961,1
3.6.2005	4113,6	989,3	1569,9	2235,3	1658,5	176,5	1355,2
24.6.2005	1471,4	208,7	90,3	653,9	1368,4	810,5	1989,9
15.7.2005	3566,9	485,2	572,7	116,3	1010,8	485,2	2425,2
5.8.2005	4075,7	1173,4	634,9	76,0	310,7	175,0	2246,9
26.8.2005	2851,2	575,9	747,0	53,2	2109,2	690,0	228,3
16.9.2005	1668,0	339,0	657,2	168,6	1498,7	588,2	1561,5
7.10.2005	769,5	4629,2	184,3	56,4	1487,1	511,6	1688,8
28.10.2005	1183,8	3928,6	402,4	80,8	1073,1	679,9	939,5
18.11.2005	1870,4	549,2	501,4	68,4	1301,9	364,4	111,7
9.12.2005	497,8	1804,2	146,5	118,2	2804,1	897,3	125,4
30.12.2005	3432,8	776,4	1072,5	195,6	1563,5	1143,3	267,1

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2004 u směsných vzorků

	peking.zelí	kedlubna	květák	zelí hláv.
30.4.2004	251,6	775,2	78,8	251,8
	304,4	853,1	90,6	304,3
	494,1	896,9	103,2	190,8
	501,6	931,8	84,6	218,2

### Naměřené hodnoty v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> . kg<sup>-1</sup> v roce 2004 u opakovaných měření

	kapusta košťál	kapusta periferie	ledový sal. střed	ledový sal. periferie
21.5.2004	113,6	64,6	1610,2	690
	128	75,7	1610,2	808,8
	128	75,7	1963,8	808,8
	138,6	72,8	1813,8	911,1