

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny
distribuovaných obchodní sítí města České Budějovice**

Obor: Zemědělství
Katedra: Katedra biologických disciplín
Autor: Jiří Zevl
Vedoucí práce: Ing. Karel Suchý Ph.D.

České Budějovice

2010

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města České Budějovice“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

Jiří Zevl

KLÍČOVÁ SLOVA:

zelenina

dusičnany

obsah

KEY WORDS

vegetables

nitrates

content

Poděkování:

Poděkování patří všem, kteří přispěli k vypracování této práce. Především děkuji panu Ing. Karlu Suchému Ph.D. za metodické vedení a cenné rady, které mi poskytl v průběhu zpracování této diplomové práce. Také děkuji paní Ing. Marcelu Plsové za technické zázemí a odbornou pomoc.

OBSAH

1. Úvod	12
2. Literární přehled	14
2.1. Význam a složení zeleniny	14
2.2. Spotřeba a produkce zeleniny v ČR	14
2.3. Zdravotní rizika zeleniny	15
2.4. Dusitany a dusičnany	16
2.4.1. Akumulace dusičnanů	17
2.5. Dusík v přírodě	17
2.6. Dusík v půdě	18
2.7. Koloběh dusíku v půdě	19
2.8. Faktory ovlivňující obsah nitrátů v zelenině	23
2.8.1. Vliv druhu a odrůdy zeleniny	23
2.8.2. Vliv agroekologických podmínek	25
2.8.3. Světelné podmínky	25
2.8.4. Vlhkostní podmínky	26
2.8.5. Tepelné podmínky	26
2.8.6. Vliv hnojení	26
2.8.6.1. Hnojení organickými hnojivy	27
2.8.6.2. Hnojení minerálními hnojivy	28
2.8.7. Vliv sklizně a posklizňové manipulace	29
2.8.8. Vliv skladování	29
2.8.9. Přípustné max. hodnoty obsahu dusičnanů dle vyhl. č. 305/04 Sb.	30
3. Metodika	32
3.1. Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)	32
3.2. Odběr vzorků	32
3.2.1. Příprava vzorků pro měření	33

3.3. Příprava extrakčního roztoku	33
3.3.1. Vlastní měření vzorku	34
3.4. Výpočet koncentrace NO ₃ ⁻ ze stanovení pomocí ISE	34
4. Výsledky a diskuse	36
4.1. Kedluben	39
4.2. Ředkvička	40
4.3. Brambory	41
4.4. Celer	42
4.5. Petržel	43
4.6. Mrkev	44
5. Závěr	45
6. Přehled literatury	46

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

Jméno a příjmení: Jiří ZEVL
Osobní číslo: Z08950
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Zemědělství
Název tématu: Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí.
Zadávající katedra: Katedra biologických disciplin

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

Cílem práce je získat přehled o množství nitrátů, jako významného antinutričního faktoru, v zelenině nabízené v obchodní síti zvoleného regionu. Dusičnany budou sledovány v běžných, nejrozšířenějších druzích zeleniny (sezónní i celoročně dostupné) v průběhu celého roku v určených časových intervalech a jejich obsah bude stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou (ISE). Podle možnosti bude u zeleniny z obchodní sítě zjišťován původ zeleniny (producent), a typ zeleniny (skleníková, polní). Získané výsledky budou graficky a statisticky zpracovány a podle dostupnosti srovnány s předchozími či souběžnými výsledky získanými příslušnými institucemi státního dozoru (OHS, KHS, ČZPI, SZU) v daném regionu.
Práce bude mít standardní formální členění.

Rozsah grafických prací: 5 - 10 str. grafů a tabulek
Rozsah pracovní zprávy: 30- 40 stran textu
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Suchý, Ph.D.
Katedra biologických disciplín

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2011

L.S.

prof. Ing. Miroslav Šoch, CSc.
děkan

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

V Českých Budějovicích dne 7. dubna 2010

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo získat přehled o množství nitrátů jako významného antinutričního faktoru ve vybraných vzorcích zeleniny, které jsou běžně k dostání v obchodní síti města České Budějovice.

Vzorky byly odebírány z obchodních domů Interspar, Terno a Albert v Českých Budějovicích. Z každého z obchodního domu bylo vždy odebráno několik vzorků od každého druhu zkoumané zeleniny. Obsah nitrátů v zelenině byl zjišťován v průběhu let 2009 a 2010 a stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou.

Ze 158 odebraných vzorků z pěti druhů zeleniny nevyhovělo stanoveným limitům na obsah nitrátů 32 vzorků, což představuje 20,25 % z kontrolovaného množství. Z naměřených výsledků (které jsou podrobněji rozvedeny v tabulce č. 2) vyplývá, že v letech 2009 a 2010 v obchodní síti města České Budějovice bylo nejvíce nevyhovujících vzorků zjištěno u ředkviček, kedlubny, celeru a brambor. Nejnižší procenta nevyhovujících vzorků vykazala mrkev a petržel. Všechny ostatní kontrolované vzorky vyhověly normě stanovujících obsah dusičnanů v zelenině.

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

ABSTRACT

The aim of this study was to gain an overview of the amount of nitrate as a significant antinutritional factor in selected samples of vegetables, which are widely available at retail outlets of the Czech Budweis.

Samples were taken from stores Interspar Terno and Albert in Czech Budweis. From each of the store was always collected several samples of each studied species of vegetables. Nitrate content in vegetables has been investigated during 2009 and 2010 and determined by the measurement of ion-selective electrode.

Of the 158 samples of five kinds of vegetables did not comply with the limits laid down in the nitrate content 32 samples, representing 20.25% of the controlled quantities. From the measured results (which are further detailed in Table 2) shows that between 2009 and 2010 in the commercial network of the Czech Budejovice was most unsatisfactory samples found in radishes, turnips, celery and potatoes. The lowest percentage of unsatisfactory samples showed a carrot and parsley. All other samples examined complied with the standard setting of nitrate in vegetables.

To improve the overall condition of the vegetables sold in the Czech Republic should be adjusted the lack of legislation and to carry out more random checks of individual vegetable vendors and their suppliers.

1. Úvod

Zelenina je potravinou, která není energeticky příliš bohatá. Neobsahuje velké množství bílkovin, tuků, ani cukrů. To je však dnes hodnoceno jako přednost. Zařazovat zeleninu ve větší míře do každodenního jídelníčku ale není pouhým trendem. Zelenina je odjakživa součástí vyrovnané stravy každého člověka. Lidé si začínají uvědomovat její význam a doceňovat její přednosti. Zelenina je nositelem důležitých vitamínů A, B, C, vlákniny a minerálních látek. Nelze opomenout ani další pozitivní účinky na organismus člověka, z nichž můžeme jmenovat například korekci špatných stravovacích návyků.

Spotřeba zeleniny se od roku 1992 kontinuálně mírně zvyšuje, lidé jí dávají přednost před masnými a moučnými výrobky. Jako minimální hranice v konzumaci zeleniny je zdravotníky uváděna hodnota 90 kg, za ideální stav je pak považována hodnota 120 – 130 kg na osobu a rok. V roce 2009 dosáhla spotřeba hodnoty 81,2 kg na osobu.

V posledním letech sledujeme i další trendy. Hlavním kritériem při výběru konzumovaných potravin spotřebitele se stala kvalita a zdravotní nezávadnost. Spotřebitel přihlíží k původu zboží, v případě ovoce a zeleniny k podmínkám, v jakých byly vypěstovány. Protože ovoce i zelenina má charakter potravin s omezenou dobou trvanlivosti, změny v jakosti jsou nápadné, rychlé a transparentní. Právem je tedy právě této komoditě věnována v obchodních sítích náležitá pozornost, je pravidelně kontrolována jakost a zdravotní nezávadnost.

Tyto kontroly provádí Česká zemědělská a potravinářská inspekce. Její oprávnění pro tuto činnost je dáno zákonem č. 63/86 sb., kterým byla Česká zemědělská a potravinářská inspekce 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.

Abychom mohli zeleninu úspěšně pěstovat, je třeba ji i náležitě vyživovat. Protože dusík má vliv na růst, výnos a kvalitu, má jako prvek nezastupitelné místo. Ovšem často se stane, že míra hnojení dusíkem překročí únosnou hranici. Pěstitel klade důraz na kvantitu, ale kvalita klesá. V zelenině se objevují rizikové látky,

zejména dusičnany. To je nepříznivé nejen pro zdravotní nezávadnost zeleniny, ale navíc se tak znečišťuje životní prostředí, zejména potom podzemní voda.

Cílem této práce bylo získat přehled o množství nitrátů – jako významného antinutričního faktoru - ve vybraných vzorcích zeleniny, které běžně konzumujeme a které lze koupit v obchodních řetězcích ve městě České Budějovice.

2. Literární přehled

2.1 Význam a složení zeleniny

Ovoce a zelenina hrají významnou úlohu ve výživě člověka. Nelze si představit racionální výživu bez dostatečného množství a potřebného sortimentu čerstvého i zpracovaného ovoce a zeleniny. Jsou to potraviny, které nelze nahradit jinými.

Zelenina a ovoce jsou významným zdrojem snadno stravitelných glycidů, organických kyselin, vitamínů, minerálních sloučenin, chuťových a aromatických látek. Zvláštní hodnoty nabývají jako důležitý zdroj biologicky aktivních látek podmiňujících účinnost jejich použití při předcházení i léčení nemocí srdce a krevního oběhu, nemocí krve, zažívacích orgánů, nervového systému, poruch výměny látkové apod. velký význam mají pro výživu dětí, dospělých i starých lidí, v dietách (ŠAPIRO et al., 1988).

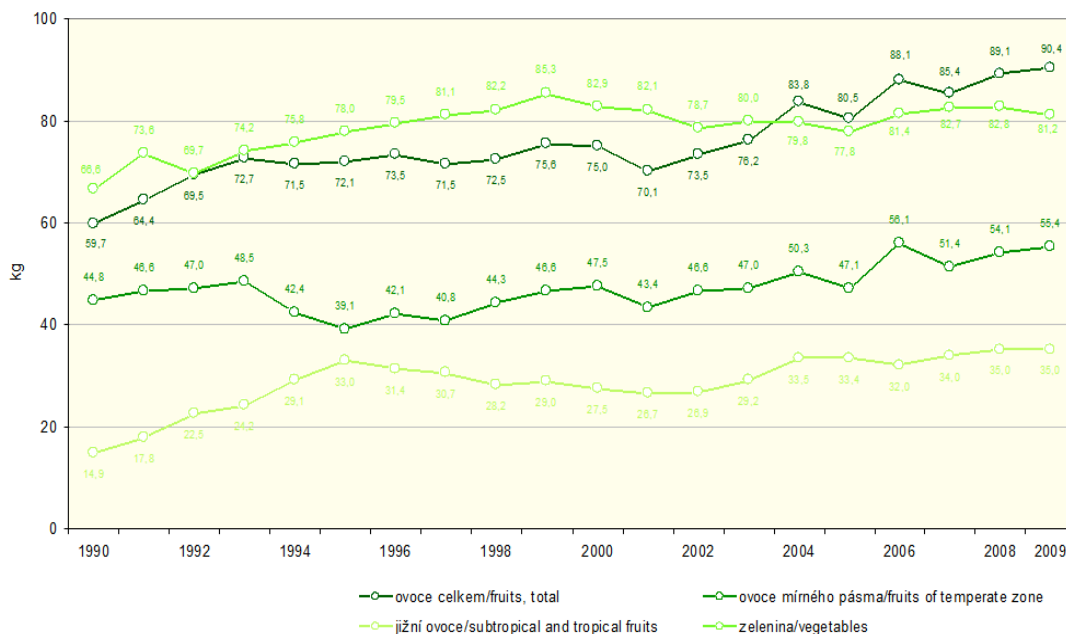
Význam zeleniny je nezpochybnitelný. Člověk si během svého fylogenetického vývoje geneticky zakotvil potřebu konzumovat značný podíl rostlinné potravy a to nejen tepelně zpracované i vařené. Čerstvé nebo lehce kuchyňky zpracované mladé výhonky rostlin patřily odedávna k potravě. Zelenina a ovoce jsou prakticky jedinou složkou naší potravy, kterou požíváme v syrovém stavu (PEKÁRKOVÁ, 1997).

2.2 Spotřeba a produkce zeleniny v ČR

HUMPOLCOVÁ (2007) uvádí, že se zvýšila spotřeba všech druhů zeleniny. To bezprostředně souvisí se změnou spotřebitelské poptávky a se změnami ve stravovacích návycích obyvatelstva, kde je jednoznačný příklon ke zvýšené konzumaci čerstvé zeleniny. Podle prognózy se spotřeba zeleniny v kg/osobu za rok bude zvyšovat, ale hodnoty 130 kg/osobu/rok, což je doporučená dávka zdravotních orgánů ČR, nebude v dlouhodobém časovém horizontu dosaženo.

Výše spotřeby zeleniny meziročně kolísá v závislosti na množství sklizené a dovezené zeleniny. V ČR se nejvíce spotřebovává hlávkového zelí, rajčat, cibule, melounů, salátových okurek a mrkve (AGROWEB, 2000).

Graf č. 1 Spotřeba ovoce a zeleniny v hodnotě čerstvé (na obyvatele za rok)



Zdroj: ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2010)

Celková produkce zeleniny se v České republice postupně snižuje a předloni se dokonce přiblížila úrovni z roku 2005, kdy byly sklizňové plochy nejnižší za posledních osm let. Mírné zvyšování pěstebních ploch v posledních letech se zastavilo právě v roce 2008, přičemž tuzemská produkce zeleniny v současnosti dosahuje přibližně 280 tisíc tun ročně (KLEČKOVÁ, 2010).

2.3 Zdravotní rizika zeleniny

Zelenina může obsahovat i některé nežádoucí látky, které nazýváme antinutričními. Některé z nich jsou přímými metabolity rostlin nebo určitého rostlinného druhu, jiné se do rostlin dostávají z prostředí, většinou vlivem neuvážené činnosti člověka. Patří mezi ně především těžké kovy a jiné průmyslové emise a rezidua pesticidů popř. bioregulátorů (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Zájem odborníků se zaměřuje na způsoby pěstování – šetrné vůči přírodě – při nichž se zmenšuje jak zatížení životního prostředí, tak sklizené zeleniny cizorodými látkami. Znamená to nové přístupy ke hnojení, ochraně rostlin a boji s pleveľy (FLOHROVÁ, 1991).

2.4 Dusitany a dusičnany

PEKÁRKOVÁ (1992) uvádí, že škodlivinou, o které dnes ví snad každý, jsou dusičnany (nitráty). Nelze je v rostlinách považovat za cizorodé látky, protože jsou jedním z běžných asimilačních produktů všech rostlin. Samy o sobě nejsou dusičnany pro člověka toxické.

PRUGAR (2008) však upozorňuje na zdravotní rizika, která vznikají redukcí dusičnanů na toxické dusitany. Tuto redukci zajišťuje enzym nitrátoreduktáza, kterou produkují některé běžné, většinou neškodné mikroorganismy, přítomné v potravinách a ve střevní mikroflóře člověka. Ty se rovněž resorbují do krve a v ní oxidují krevní barvivo hemoglobin na methemoglobin, který nemá schopnost přenášet kyslík. Tím vzniká nebezpečí tzv. dusičnanové methemoglobinemie. U zdravého dospělého člověka se tento stav rychle likviduje obranným enzymovým oxidoredukčním systémem, jehož součástí je enzym methemoglobinreduktáza přítomná

v erythrocytech. Díky aktivitě tohoto systému je zdravý člověk schopen vyrovnat se i se zvýšeným příjmem dusičnanů anebo přímo dusitanů. Jiná je situace u kojenců (cca do 4 měsíců věku), kteří nemají dosud dostatečně vyvinutý a aktivovaný obranný enzymový systém a mimo to v jejich krvi převládá ještě tzv. fetální hemoglobin, přenesený z matčina těla. Ten je mnohem citlivější na dusitany než hemoglobin dospělého člověka, kterým je až později postupně nahrazován.

Kromě methemoglobinemie existuje však další neméně závažné riziko, spojené se zatížením člověka dusičnany a dusitany z potravy, a to je možnost vzniku kancerogenních, mutagenních a teratogenních N-nitrososloučenin (nitrosaminů a eventuálně i nitrosamidů). V tomto případě nejde o omezení jen na malé děti, nebezpečí ohrožuje celou populaci, jak bylo experimentálně mnohokrát ověřeno na vícerozích druzích zvířat (PRUGAR, 2008).

2.4.1 Akumulace dusičnanů

PRUGAR a HADAČOVÁ (1994) uvádějí, že různé druhy zeleniny mají rozdílný metabolismus a rozdílně hromadí dusičnany. Velmi přitom záleží na skladbě hnojiva, především na poměru dusíku k uhlíku.

Intenzita akumulace dusičnanů u téže rostliny je různá a zpravidla zachovává pořadí:

semena – plody – hlízy – kořeny – listy

Z toho je zřejmé, že z hlediska příjmu dusičnanů je důležité i to, který orgán rostliny je konzumován.

Probíhá-li fotosyntéza plynule, nevytvářejí se podmínky pro nadměrnou kumulaci dusičnanů. Jakmile se však vlivem nevyhovujících světelných, tepelných, či vlhkostních podmínek, nadbytkem některé živiny, či naopak jejím nedostatkem (např. i některého stopového prvku) fotosyntéza přeruší, pak nastávají předpoklady pro zvýšené hromadění dusičnanů. Jejich obsah je tedy vlastně současně i jakýmsi indikátorem zdravotního stavu rostliny. Nadměrný obsah netypický pro daný druh signalizuje, že podmínky, za kterých rostliny vegetují, se vzdalují optimu (PRUGAR, 2008).

Přehnojené výpěstky některých zahrádkářů často také obsahují značná množství dusičnanů a překračující hodnoty obvyklé u zeleniny z velkovýroby (PRUGAR, 1990).

2.5 Dusík v přírodě

Dusík je jednou z hlavních živin, je naprosto nezbytný pro tvorbu biomasy a životní funkce buněk všech organismů. Je složkou mnoha důležitých biomolekul včetně bílkovin (je nezbytným stavebním prvkem všech aminokyselin; bílkoviny obsahují v průměru 15% hmotn. dusíku), ribonukleových (RNA) a deoxyribonukleových (DNA) kyselin, chlorofylu, chitinu a peptidoglykanů tvořících buněčné stěny a mnoha jiných látek včetně enzymů. (ŠIMEK, 2003; KALINOVÁ, 2007).

Prvotním zdrojem dusíku je atmosféra, obsahující 77,5 % N₂. Tato forma však není bez předchozí přeměny (ionizace) a vytvoření NH₄⁺ nebo NO₃⁻ pro vyšší rostliny přijatelná. Další cestou využití a přeměny dusíku je vázání vzdušného N₂ pomocí biologické vazby (fixace) (KALÁČ a MÍKA, 1997).

2.6 Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdách je dle RICHTERA (1996) 0,1 – 0,2 % . Z tohoto celkového množství dusíku je 98 – 99 % obsaženo ve formě organické a zbytek 1 – 2 % ve formě minerální.

BAIER (1962) navíc uvádí rozdíl mezi černozemní půdou, kde je obsah dusíku 0,10 – 0,50 % a podzolovou půdou, kde se obsah pohybuje v rozmezí 0,04 – 0,13 %.

DUSÍK CELKOVÝ V PŮDĚ	
1. DUSÍK MINERÁLNÍ (N min 1 – 2 %)	2. DUSÍK ORGANICKÝ (N 98 – 99 %)
<ul style="list-style-type: none"> - amoniakální NH₄⁺ - nitrátový NO₃⁻ - nitritový NO₂⁻ 	2.1. NEHYDROLYZOVATELNÝ - humusové látky
	2.2. HYDROLYZOVATELNÝ - aminokyseliny - bílkoviny - aminocukry - ostatní N látky

(RICHTER, 1996)

Jako zdroj dusíku pro rostliny BIELEK (1989) vyjmenovává organická a minerální hnojiva, fixaci vzdušného dusíku symbiotickými i volně žijícími bakteriemi a elektrické výboje v atmosféře.

SLAVÍKOVÁ (1986) dále dodává, že v poslední době činností člověka přichází do ovzduší stále větší množství oxidů dusíku z kouřových emisí při spalování tuhých paliv nebo s výfukovými plyny z letadel a aut. Jako další způsob, jak se dusík dostává do půdy uvádí mineralizaci odumřelé organické hmoty rostlinného nebo živočišného původu i odumřelé biomasy mikroorganismů, které dusík vážou.

Zdrojem většiny půdního dusíku je atmosféra. Dusík je dnes v atmosféře obsažen hlavně jako molekulární dusík (N_2) a dále ve formě některých oxidů (NO , N_2O , NO_x). Fixací je tento jinak nepřijatelný dusík zpřístupňován pro organismy (ŠIMEK, 2003). Fixace může být prováděná volně žijícími bakteriemi schopnými ročně obohatit každý ha půdy o 5 – 15 kg N nebo symbiotickými bakteriemi žijícími na kořenech bobovitých rostlin, kde množství dusíku dosahuje 50 – 60 kg.ha⁻¹ a až 200 – 300 kg.ha⁻¹ (RICHTER, 1996).

Celkové množství dusíku vázaného v organických látkách v půdě se většinou mění jen velmi pomalu. Procesy uvolňování dusíku z organických do anorganických forem a zároveň procesy syntézy a resyntézy organických látek přesto v půdě probíhají nepřetržitě, byť s proměnlivou intenzitou (ŠIMEK, 2003).

LEDVINA et al. (1992) uvádějí, že přijatelné formy minerálního dusíku nalezneme v půdě jako dusičnany a amonné ionty. Především je obsažen v organických sloučeninách. Tato organická hmota, která je základem biologické aktivity půdy, podléhá neustálé transformaci činností půdní mikroflóry (MATULA, 1997).

PRUGAR (2008) zdůrazňuje, že dusičnanový aniont NO_3^- je pro rostlinný metabolismus esenciální a jakožto jedna z významných forem dusíku se účastní mnohých biochemických a fyziologických procesů. Je proto z přírodovědeckého hlediska protismyslné hovořit o dusičnanech jako o „cizorodých, škodlivých a dokonce toxických“ látkách, stejně jako o jimi „zatěžované“ půdě. Nežádoucími se stávají až v okamžiku, kdy se jejich koncentrace zvýší nad přijatelnou mez a jakmile se redukuje na dusitany NO_2 (nitrity).

2.7 Koloběh dusíku v půdě

Při koloběhu dusíku v půdě sehrávají důležitou roli zejména dva protichůdné procesy - mineralizace organických látek až na amoniak a imobilizace, tj. zpětné zabudovávání dusíku do půdní organické hmoty (BAIER a BAIEROVÁ, 1988).

Rychlost mineralizace organických N látek na N minerální (N min) je ovlivněna celou řadou povětrnostních a půdních podmínek (teplota, vlhkost, pH, obsah vzduchu v půdě, obsah organických látek aj.) a z těchto důvodů jsou značné problémy s využitím obsahu N min v půdě pro praktické určení dávky dusíku k plodinám (RICHTER, 1996).

Mineralizace organických dusíkatých látek je hlavním zdrojem dusíku jako živiny mikroorganismů a rostlin v přirozených a jiných nehněných ekosystémech. Ztráty dusíku z ekosystému jsou pak doplňovány hlavně fixací molekulárního dusíku. Mineralizace půdní organické hmoty je však významným zdrojem dusíku i v agroekosystémech, v nichž se dusík vnáší do půdy ve formě minerálních i organických hnojiv.

Mineralizace organických dusíkatých látek představuje procesy jejich rozkladu na jednoduché minerální formy dusíku:



Nejběžnější minerální formou dusíku uvolňovaného mineralizací organických látek je amonná forma. Mineralizace organických dusíkatých látek je klíčovým procesem zpřístupňování dusíku jako živiny ve většině ekosystémů (ŠIMEK, 2003).

Mineralizace dusíku sestává ze dvou kroků – amonifikace a nitrifikace. Amonifikace je proces, kdy je organicky vázaný dusík transformován na NH_4^+ ionty. Tyto jsou hlavním zdrojem dusíku hlavně pro producenty. Schopností transformovat organický dusík do NH_4^+ je vlastní poměrně velkému množství mikroorganismů. Ne tak nitrifikace, do které je zapojeno mnohem menší množství bakterií.

Celková mineralizace je závislá na mnoha faktorech jako pH, vlhkost půdy, obsah kyslíku apod. Zejména nitrifikace je citlivě řízený, energeticky náročný proces, který se zastavuje jako jeden z prvních, je-li půda nějakým způsobem narušená (MAIER et al., 2000). PRUGAR a PRUGAROVÁ (1985) dodávají, že pro tuto přeměnu je důležitý poměr C : N v rozkládané organické hmotě. Zvyšuje-li se v rozkládané hmotě celkový dusík, uvolňuje se také více amoniaku.

Obsah amoniakálního dusíku je v půdě velmi nízký (pouze několik mg na kg zeminy), neboť se rychle přeměňuje (nitrifikuje) na nitráty (NO_3^-). Reakce probíhá ve dvou stupních:

1. nitritace



2. nitratace



Při nitrifikaci se uvolňuje teplo a vodík (H^+), který okyseluje půdu, zvláště pokud není v sorpčním komplexu nebo v půdním roztoku vápník a nebo hořčík. Průběh nitrifikace ovlivňují teplota, vlhkost a půdní kyselost. Během roku se intenzita nitrifikace mění v závislosti na vnějších podmínkách. Nejvyššího stupně dosahuje v dubnu až květnu, pak se snižuje a na podzim vykazuje druhé maximum. Velmi intenzivní nitrifikace může vést ke ztrátám nitrátového dusíku vyplavením, popřípadě k jeho rozkladu (denitrifikace) na vzdušný N_2 v podmínkách, kde je nedostatek vzduchu (ŠIMEK, 2003).

Denitrifikace spočívá v redukci dusičnanového dusíku na oxidy dusíku nebo na molekulární dusík (BÍZIK, 1989). FLOHROVÁ (1990) vysvětluje, že tento proces způsobují bakterie, které z nitrátů dostávají potřebný kyslík, je-li půda málo provzdušněná a její teploty se pohybují mezi $5-10^{\circ}C$ a BÍZIK (1989) k tomu dodává, že tyto redukční procesy probíhají při nadbytku vody v půdě a při nedostatku kyslíku.

Rozlišení na autotrofní a heterotrofní nitrifikace v půdě je nesnadné. Dosavadní metodické přístupy neumožňují spolehlivě rozlišit ani autotrofní či heterotrofní cestu vzniku nitrátů a nitritů jako produktů nitrifikace, ani původ plyných metabolitů (NO , N_2O) a v půdním vzduchu, jež se sice tradičně přiřazují denitrifikátorům, ale které také nepochybně v nemalé míře vznikají při autotrofní i heterotrofní nitrifikaci (ŠIMEK, 2003).

Rychlost nitrifikace můžeme ovlivňovat pomocí látek omezujících nebo zpomalujících jejich průběh (inhibitory nitrifikace) či používáním organických látek s širokým poměrem uhlíku k dusíku $C : N$ (sláma obilnin, řepka, slunečnice). Čím je poměr $C : N$ užší (nižší než $30 : 1$), tím rychleji se dusík dočasně spotřebovává (imobilizuje) a postupně se opět mineralizuje. Lze tedy pravidelným používáním slámy omezit v půdě ztráty na cenném dusíku a snížit i kontaminaci podpovrchových vod nitráty (RICHTER, 1995).

Opakem k procesu mineralizace je proces imobilizace – asimilace minerálních forem dusíku a jejich zabudování do organických látek biomasy organismů. Procesy mineralizace a imobilizace probíhají v prostředí současně (HAY a PORTER, 2006).

PRUGAR a PRUGAROVÁ (1985) uvádějí jako předpoklad organickou hmotu v biologickém rozkladu s nízkým obsahem dusíku, respektive s širokým poměrem C : N. Čím je v rozkládající látce dusíku více, tím více se uvolňuje i amoniaku.

Vysoký obsah uhlíku vede naopak k tomu, že uvolňovaný dusík se spotřebovává a váže na mikroorganismy. Imobilizaci zabezpečují rozkládané organické látky, které pocházejí z posklizňových zbytků, humusu a chlévských hnojiv dodaných do půdy (PECHOVÁ et al., 1998).

Proces rychlé přeměny amoniakální formy hnojiv v půdě na formu nitrátovou mohou zpomalit inhibitory nitrifikace; jsou pro půdu i rostliny zcela neškodné a prodlužují amoniakální fázi o mnoho týdnů. Inhibitory nitrifikace však působí jen na minerální dusíkaté sloučeniny, nikoliv na mineralizaci organických látek (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985). Cílem inhibice nebo zpomalení nitrifikace v půdě je snížení koncentrace nitrátů produkovaných nitrifikací. Důvodem může být snaha zmenšit ztráty dusíku z půdy vyplavováním nebo snížit obsah nitrátů v plodinách (ŠIMEK, 2003). Z přirozených látek se mohou uplatnit např. fenolické produkty rozkladu ligninu, které vznikají při rozkladu dřevnatých organických látek v kompostu. Mezi další inhibitory patří i různé chemické látky, např. nitrapyrin, dikyandiamid, thiomčovina a mnoho dalších sirných a jiných sloučenin (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

Praktické použití inhibitorů nitrifikace však naráží na četné obtíže, a to z různých biologických, ekologických a ekonomických důvodů. Efektivitu inhibitorů nitrifikace v polních podmínkách ovlivňuje řada různých faktorů. Kromě fyzikálně chemických vlastností samotných inhibitorů to jsou fyzikálně chemické i biologické vlastnosti půdy, abiotické faktory prostředí a technologické aspekty, jako např. forma a způsob aplikace hnojiva. Přes současné problémy s praktickým využitím inhibitorů nitrifikace v polních podmínkách představují tyto látky poměrně slibný a účinný nástroj pro regulaci procesů přeměn dusíku v půdách – nástroj, kterým by bylo možné omezit obecně ztráty dusíku a zejména emise dusíkatých plynů ze zemědělsky využívaných půd (ŠIMEK, 2003). Celkově je tedy možno říci, že k vyšší akumulaci dusičnanů dochází především v kvalitních, intenzivně hnojených půdách. Příčinou 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; BIELEK et al. 1989).

2.8 Faktory ovlivňující obsah nitrátů v zelenině

Existuje řada důkazů o tom, že mechanismus příjmu dusičnanů rostlinou je aktivním procesem, řízeným geneticky. Různí autoři zjistili v hromadění dusičnanů u rostlin rozdíly nejen druhové, ale i odrůdové (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

MÍČA et al. (1991) uvádějí, že různé faktory, jež přímo či nepřímo ovlivňují obsah dusičnanů v produkci zemědělských plodin působí ve vzájemné interakci a za hlavní potom považují tyto:

- 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.

2.8.1 Vliv druhu a odrůdy zeleniny

Vlivy odrůdy mohou být tak silné, že nejsou překrývány vlivy prostředí nebo agrotechnikou. Někdy mohou být tyto rozdíly dokonce větší než rozdíly vyvolané různými způsoby hnojení. Také individuální rozdíly mezi rostlinami téže odrůdy bývají někdy značné (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

Jednotlivé druhy i odrůdy zeleniny se liší v nárocích na dusík, ve schopnosti příjmu dusíku, v citlivosti na jeho dostatek, nedostatek či přebytek a ve sklonu k jeho akumulaci. Při vysokém obsahu dusíku v půdě dochází k akumulaci nitrátů

v zelenině, přitom však různé druhy zeleniny ukládají nitráty ve velmi rozdílném množství. I při značném obsahu nitrátů v půdě je tu skupina rostlin, která ukládá poměrně malé množství nitrátů. Sem patří např. rajče, okurky, cibule a luskoviny. Jiné druhy, ke kterým náleží např. květák, mrkev, kedlubny a také brambory, vykazují i při přiměřeném N- hnojení střední obsah NO_3^- (FLOHROVÁ, 1990).

PRUGAR et al. (2008) zeleninovou skupinu třídí podle schopnost akumulovat nitráty do tří kategorií:

- vysoký obsah $> 1000 \text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$: listové, kořenové košťálové, ale i cibulové zeleniny pěstované při vyšším obsahu přístupných N-živin v půdě a při nedostatku slunečního svitu (rychlené, skleníkové); salát listový a hlávkový, špenát, mangold, štěrбак, rukola, řepa salátová, ředkvička, ředkev (bílá i černá), zelí čínské, zelí pekingské, kedluben, celer řapíkatý, reveň (rebarbora), řeřicha zahradní fenykl sladký, kopr, kozlíček polníček, šrucha.
- střední obsah $250 - 1000 \text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$: zelí hlávkové (bílé a červené), kapusta hlávková, kadeřávek, květák, pór, lilek, mrkev, celer, petržel, pastinák, okurky salátové rychlené, okurky nakládačky, meloun cukrový a vodní, tykev (obecná a velkoplodá), patizon, cuketa, brokolice, pažitka, česnek, čekanka, tuřín, vodnice, křen, fazol zahradní, brambory. Sem řadíme i některé plodové zeleniny v případě, že byly pěstovány při vyšším obsahu přístupných N-živin v půdě a při nedostatku světla.
- nízký obsah $< 250 \text{ mg NO}_3^-\cdot\text{kg}^{-1}$: plodové zeleniny pěstované v polních podmínkách, hlavně v letním období: kapusta růžičková, cibule, paprika, rajče, hrách zahradní, artyčok, chřest, černý kořen okurky, kukuřice cukrová, kozí brada.

PRUGAR et al. (2008) upozorňují také na rozdíly v zastoupení dusičnanů v jednotlivých orgánech rostlin. Ty jsou poměrně stálým charakteristickým znakem jednotlivých rostlinných druhů. Přednostně se hromadí v rostlinných orgánech s vyšším podílem xylémových pletiv a s dokonale vyvinutými vakuolami, tedy v orgánech zajišťujících především transport živin. Nejvyšší koncentrace NO_3^- se nacházejí v listových řapících, žilkách a žebrech, v košťálech, stoncích, špičkách kořenů a vnějších listech, naopak nejnižší v plodech, v listových čepelích

a ve vnitřních listech hlávek. V povrchových vrstvách bývají zjišťovány zpravidla vyšší obsahy než uvnitř plodů, hlíz a kořenů.

Představa, že šlechtitelé budou vyvíjet pro praxi odrůdy, které v jedlých podílech obsahují jen minimální množství nežádoucích dusičnanů, má tedy logiku a početné konkrétní výsledky z uplynulých let potvrzují, že jde o cestu vedoucí k vytčenému cíli (PRUGAR et al., 1990).

2.8.2 Vliv agroekologických podmínek

BIELEK et al. (1989) zdůrazňují, 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.

2.8.3 Světelné podmínky

Světelné podmínky mají velký význam na redukci dusičnanů. Vyšší světelná intenzita a větší množství slunečního svitu podporují asimilaci přijatého dusíku a tím pokles množství dusičnanů v rostlině (PRUGAR, 1990).

Na základě působení několika faktorů, které způsobují, že nejvyšší obsah dusičnanů mívá rychlená zelenina, a to hlavně zelenina rychlená v zimním a předjarním období. Rozhodující tu jsou zřejmě méně příznivé světelné podmínky (krátký den, malá světelná intenzita). Ty způsobují narušení syntézy proteinů. Všechny okolnosti, které brání normálnímu průběhu fotosyntézy, vedou k hromadění dusičnanů v rostlinách (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

2.8.4 Vlhkostní podmínky

Také vláhový režim ovlivňuje koncentraci dusičnanových iontů v rostlinách; na sucho reagují jejich zvýšeným hromaděním (PRUGAR, 1990). Vliv nedostatečné vlhkosti se zvyšuje při vysokých teplotách. Vysvětluje se to poklesem aktivity nitrátoreduktázy, k němuž dochází při příliš nízkém příjmu vody rostlinou (MALÝ a PETŘÍKOVÁ, 2000).

Obsah nitrátů se může zvyšovat i při vyšší vzdušné vlhkosti, která omezuje transpiraci. Dochází proti i k poklesu translokace nitrátů (FLOHROVÁ, 1990).

Půdní vlhkost má vliv na zásobování rostlin dusíkem i na akumulaci dusičnanů také tím, že je na ní závislá nitrifikace v půdě (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

2.8.5 Tepelné podmínky

PRUGAR A PRUGAROVÁ (1985) uvádějí, že teplota výrazně ovlivňuje mineralizaci a následující nitrifikace půdních mikroorganismů a tím dostupnost dusíku pro rostliny.

Vliv klimatických podmínek se projevuje i v průběhu roku. V teplé půdě se živiny uvolňují rychleji, v chladné půdě se jejich uvolňování zpomaluje. Je třeba brát na toto ohled, protože uvolňování živin při nízkých teplotách bývá příliš pomalé. Proto moderní hnojiva obsahují malou část živin v rychle přístupné formě, zbývající pak se uvolňují postupně. Při mírných teplotách se však zpomaluje i příjem živin kořeny, takže pokud zpomalení není příliš velké pro nároky kultury, dochází k souladu mezi uvolňováním a příjmem živin z hnojiv i v závislosti na teplotě půdy (FLOHROVÁ, 1990).

2.8.6 Vliv hnojení

V rámci agrotechnických opatření, která ovlivňují hromaděním dusičnanů v rostlinných produktech, je hnojení bezesporu nejdůležitějším činitelem. Současně také činitelem, který se dá nejnáze usměrňovat (ŠINDELÁŘOVÁ, 1985).

Dávka hnojení dusíkem se stanoví na základě nároků příslušného druhu zeleniny a její výnosové úrovně (HLUŠEK, 2004). Základem všech hnojařských opatření musí být pravidelné rozbory půd. Každé přehnojení nebo jednostranné zásobování živinami, zejména dusíkem, snižuje kvalitu a trvanlivost získaných produktů a ohrožuje navíc podzemní vody (FLOHROVÁ, 1991).

Nesmíme také zapomenout, že dusíkem nehnojíme půdu, ale rostlinu. To znamená, že dusíkatá hnojiva se přednostně musí aplikovat v období intenzivního vývoje a růstu plodin, kdy rostlina roste a odčerpává dusík z půdy. V opačném případě zůstává hnojený dusík v půdě nevyužitý transformuje se na dusičnany (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Při nadměrné dusíkaté výživě dochází k počátečnímu bujnému růstu rostlin, tvoří se řídká a vodnatá pletiva, která snadněji napadají choroby a škůdci. Zeleniny přehnojené dusíkem poskytují méně kvalitní produkty (HLUŠEK et al., 2002).

2.8.6.1 Hnojení organickými hnojivy

Organická hnojiva představují hmoty a materiály, jejichž společným znakem je biologický původ a jsou získané nebo vyrobené v zemědělské prvovýrobě. Považujeme je za hnojiva základní, neboť půda po delší dobu jimi nehnojená ztrácí svou úrodnost a jsou prakticky nepostradatelná. (LHOTSKÝ et al., 1994). Různé druhy hnojiv obsahují různé množství organických zbytků, proto se též různou měrou podílejí na přísunu živin porostu. Při jejich použití je též třeba přihlížet ke struktuře půdy; hospodaření s vodou, teplem a vzduchem se odvíjí právě od struktury půdy (KONVALINA, 2007). Ze statkových hnojiv má význam především močůvka a tekutý hnůj, močůvka je přitom velmi účinné a rychle působící dusíkato-draselné hnojivo, které obsahuje snadno přístupné živiny, jejichž obsah závisí na zředění a u dusíku též na ztrátách na ztrátách při uskladnění (MRKVIČKA, 2002).

Organická forma výživy dusíkem je z hlediska akumulace dusičnanů v rostlinách příznivější. Velmi přitom záleží na skladbě hnojiva, především na poměru dusíku k uhlíku. Nejlépe se jeví dobře uleželý hnůj a komposty z materiálů bohatých na uhlík (zbytky rostlin, listí, sláma, rašelina, stromová kůra apod.), poutajících nadbytečný dusík do pomalu působících forem. Přirozené inhibitory

nitrifikace přítomné v kompostu brzdí při dosažení určité koncentrace NO_3^- v půdním roztoku nitrifikační pochody, které se obnoví teprve, když rostlina spotřebuje z vytvořené zásoby další množství dusičnanů, a tím jejich koncentrace v půdním roztoku poklesne (PRUGAR a HADAČOVÁ, 1994).

Výhodou organických hnojiv je pomalejší uvolňování N z organických materiálů a menší vymývání nitrátů (FLOHROVÁ, 1990).

2.8.6.2 Hnojení minerálními hnojivy

Dusík se ze všech živin nejvíce podílí na zvyšování výnosů. Výnosy plodin stoupají však jen do určité hranice. Dalším dusíkatým hnojením se už výnosy nedají zvýšit a dokonce klesají. Rostliny odčerpávají v průměru cca 100 kg čistého dusíku z 1 ha za rok. Při hnojení musíme však brát v potaz i dusík, jež je v půdě jako zásobní z dřívějšíka (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Ve vztahu k půdě a vzhledem k účinnosti a také využití dusíku fungují dusíkatá hnojiva ledkového typu s vysokým podílem nitrátového dusíku (SLÁMA, 2005).

Vzhledem k malé pohyblivosti NH_4^+ ve srovnání s NO_3^- N nehrozí jeho ukládání v hlubších vrstvách půdy, ani jeho vymývání. Současně to však znamená, že se dusík v této formě musí aplikovat do kořenové zóny rostlin, má-li být pro rostliny využitelný jako zdroj dusíku. I když zelenina využívá amonnou formu oproti nitrátové přednostně, může přesto dodatečný přísun N z půdy působit obohacení zeleniny nitráty. Zelenina by se tedy neměla přehnojovat ani dusíkem v amonné formě.

Rychlá přeměna amonného dusíku na nitrátový se dá omezit přidáním inhibitorů nitrifikace. Jsou to látky netoxické, zcela neškodné pro rostliny i půdu. Jejich účelem je zpomalení přeměny dusíku amonného na nitráty. Méně pohyblivý amonný dusík se tak udrží i po několik týdnů ve vrchní vrstvě půdy a nedochází k jeho vymývání. Inhibitory nitrifikace se aplikují současně s hnojivy na začátku vegetační doby.

Toxicitu NH_4^+ formy lze snížit tím, že se aplikuje k zelenině lokálně do kořenové zóny. Vzhledem k této skutečnosti stačí pro zásobování zeleniny jednorázové hnojení na začátku vegetace (FLOHROVÁ, 1990).

Dusíkatá hnojiva mohou i při zúrodnovacích postupech kontaminovat podzemní a povrchové vody, a tím i životní prostředí a zdraví člověka. Při nesprávné, především jednorázově vysoké aplikaci dusíku se může splavit část dusíku do hlubších půdních profilů a tím do podzemních vod (LHOTSKÝ et al., 1994).

2.8.7 Vliv sklizně a posklizňové manipulace

Ověřovaly se možnosti, jak dobou a způsobem sklizně snížit obsah nitrátů v zelenině. Lze ho dosáhnout např. volbou doby sklizně se zaměřením na vyšší světelný požitok, příznivé teploty a podobně (FLOHROVÁ, 1990).

VANĚK a TLUSTOŠ (1999) potvrzují, že nižší hodnoty dusičnanů jsou zjišťovány u zeleniny sklizené v plné konzumní zralosti.

Akumulace nitrátů v zelenině kolísá i podle roční doby. Vyšší obsah v zimních měsících je důsledkem nižší intenzity světla, protože přeměna přijatých nitrátů v rostlině pro jejich další využití je energeticky náročná. (FLOHROVÁ, 1990).

Doba sklizně a následné uskladnění ovlivňuje i konečné množství nitrátů v produktu, 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).

Na základě řady pokusů bylo zjištěno, že přerušení příjmu dusíku po dobu několik dnů před sklizní vede k výraznému pokladu obsahu nitrátů. Z toho lze vyvodit, že můžeme pěstovat zeleninu s nízkým obsahem nitrátů, aniž by tím podstatně utrpěl výnos (FLOHROVÁ, 1990).

2.8.8 Vliv skladování

V průběhu skladování je nutno provádět dvojí kontrolu, a to jednak kontrolu vývoje jakosti uskladněného zboží a jednak kontrolu dodržování skladovacích

podmínek, zejména teploty, vlhkosti vzduchu a stanoveného složení řízené atmosféry (NOVÁK a HLADÍKOVÁ, 1979).

Nejvhodnější zelenina je čerstvá, ovšem v našich podmínkách ji máme k dispozici jen několik měsíců v roce. K zachování její výživové hodnoty proto musíme zvolit správný způsob skladování. Při krátkodobém skladování je nejvhodnější zeleninu uskladnit při 2 – 4 °C, čímž se zabrání mikrobiální zkáze, ale také zde nedochází k přeměně dusičnanů na dusitany (PEKÁRKOVÁ, 1992).

Podmínky po sklizni jsou především určující pro přeměnu dusičnanů na dusitany. Během skladování čerstvé zeleniny může probíhat přeměna dusičnanů na dusitany zvláště při pokojové a vyšší teplotě. Tehdy může koncentrace dusitanů dosáhnout mimořádně vysokých hodnot. Používá-li se zelenina s původně vysokým obsahem dusičnanů v době, kdy se již vytvořily při skladování dusitany a dříve, než došlo k jejich redukci, zvyšuje se možnost toxicity. Situace je o to horší, konzervuje-li se i voda, ve které se zelenina připravovala.

PRUGAR (1990) zdůrazňuje, že k redukci dusičnanů mikrobiální cestou působením enzymů nitrátoreduktáz může dojít např. při dopravě, přechovávání a zpracování zemědělských produktů. Jako zvlášť nebezpečné z tohoto hlediska je nevhodné skladování hotových zeleninových pokrmů s vyšším obsahem dusičnanů, zejména při jejich udržování po delší dobu v teplém stavu.

Zelenina, která je určena ke skladování, se nesmí přehnojovat dusíkem. Nadbytečná zásoba dusíku a zvýšený obsah nitrátů váže větší množství vody a tím se zvyšuje náchylnost k chorobám. Zelenina, určená ke skladování, musí být také šetrně sklizena, protože každá ranka je branou pro infekci. Měla by být suchá a nepřezrálá. Teplota, při které zeleninu uchováváme by se měla pohybovat v rozmezí 4 – 5 °C (PEKÁRKOVÁ, 1992).

2.8.9 Přípustné max. hodnoty obsahu dusičnanů dle vyhl. č. 305/04 Sb.

Nejvyšší přípustná množství dusičnanů v zelenině byla dříve upravena vyhláškou č. 53/2002 Sb., kterou se stanovily chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití

látek přídatných, pomocných a potravních doplňků. V této vyhlášce jsou podrobně stanovena přípustná množství dusičnanů pro jednotlivé druhy zeleniny (příloha vyhlášky č. 2). Po vstupu ČR do EU byla vydána nová vyhláška, kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a obohacování potravin potravními doplňky č. 446/2004 Sb. Dusičnanů v zelenině se týká i vyhláška, kterou stanoví zdravotní požadavky na identitu a čistotu přídatných látek v potravinách č. 54/2002 Sb., a především její příloha č. 3 „Požadavky na identitu a čistotu přídatných látek jiných než barviva a sladidla“. Vyhláška č. 305/2004 Sb. Stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách. Dusičnanů se týká část 5. „Dusičnany“, což je upraveno nařízením Komise 563/2002/ES a 655/2004/ES (nařízení 655/2004 se týká dusičnanů v potravinách pro kojence a malé děti). V těchto nařízeních jsou stanovena přípustná množství dusičnanů, ale pouze pro čerstvý a zmrazený špenát a čerstvý a ledový salát (příloha vyhlášky č. 3 a 4) (EPIS, 2009).

Tab. č. 1 Limity pro obsah nitrátů v zeleninách:

Potravina	Nejvyšší přípustné množství (mg.kg ⁻¹)	Přípustné množství (mg.kg ⁻¹)
zelenina – listová, kromě hlávkového salátu, pekingského a čínského zelí	1000	
plodová zelenina		400
lusková zelenina		400
kořenová zelenina		700
košťálová zelenina		700
čerstvý špenát (sklizeň od 1.11. do 31.3.)	3000	
čerstvý špenát (sklizeň od 1.4. do 31.10.)	2500	
špenát zmrazený, konzervovaný	2000	
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	

Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový iont NO₃⁻.

3. Metodika

3.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)

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

Požadavky na jednoduchou, rychlou a dostatečně spolehlivou metodu stanovení obsahu dusičnanů splňuje metoda potenciometrického stanovení dusičnanů iontově dusičnanovou elektrodou (ISE).

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

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

Potenciál iontově selektivních elektrod určují iontově výměnné rovnováhy na fázovém rozhraní mezi elektrochemickou membránou a roztokem elektrolytu. Podstatou těchto membrán je vznik rozdílu elektrických potenciálů na rozhraní membrán, tzv. membránového potenciálu.

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

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

3.2 Odběr vzorků

Vzorky byly odebírány z obchodních domů Interspar, Terno a Albert v Českých Budějovicích. Z každého z obchodních bylo vždy odebráno několik vzorků od každého druhu zkoumané zeleniny.

Zeleninu rozdělujeme na skupiny a to na listové, kořenové, luskové, plodové, cibulové a košťáloviny (PEKÁRKOVÁ, 2001). Při volbě odebíraných druhů byly snahou vybrat zástupce jednotlivých skupin, které jsou nejvíce náchylné na kumulaci dusičnanů. Odebírány byly vzorky z těchto druhů zeleniny ředkvička, kedluben, celer, petržel a mrkev. V každém obchodním domě byly odebrány i vzorky brambor.

Získané vzorky byly co nejrychleji pečlivě označeny a zmrazeny na teplotu $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, při které byly uchovány až do následného vyhodnocení v laboratoři. Doba skladování žádného ze vzorků nebyla delší než 14 dní.

3.2.1 Příprava vzorků pro měření

Příprava vzorku pro vlastní měření představuje stejně jako předcházející fáze vzorkování, dopravy a skladování vzorku nedílnou součástí celého komplexu analytické práce. Zelenina se pokrájí a promísí. Získáme tak reprezentativní vzorek, který má dle SEMLER et al. (1990) velký význam zejména v potravinářské analytice materiálů, u nichž je známo nerovnoměrné zastoupení analytu v jejich jednotlivých částech (např. obsah dusičnanů v listové zelenině).

Další operace prováděné se vzorkem vedou k převodu analytu do měřitelné formy v roztoku. Z připraveného průměrného vzorku se naváží 3 – 5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a zhomogenizuje se v mixéru. Otázka homogenity vzorku je jednou ze základních v analytice obecně a v analýze biologických materiálů věcí zvlášť. Přímo s ní souvisí přesnost stanovení, neboť u málo homogenního vzorku se zvětšuje hodnota směrodatné odchylky výsledku (SEMLER et al., 1990).

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

3.3 Příprava extrakčního roztoku

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

200 ml 0,1 M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a následným doplněním na 1 000 ml destilovanou vodou. Tento roztok byl pro měření použit.

3.3.1 Vlastní měření vzorku

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

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

Kalibrační křivky se sestaví pomocí standardních roztoků (alespoň dva), které se připraví ředěním zásobního roztoku o koncentraci 1 000 ppm NO_3^- . Koncentrace standardních roztoků se zvolí tak, aby koncentrace NO_3^- iontů měřených vzorků byla mezi koncentracemi obou standardů. Ředění se provádí extrakčním roztokem. Při měření potenciálu standardů se měří nejdříve standard o nižší koncentraci NO_3^- . Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátů bylo u několika vzorků provedeno opakované měření téhož vzorku.

3.4 Výpočet koncentrace NO_3^- ze stanovení pomocí ISE

K výpočtu obsahu dusičnanů je vhodná metoda matematická, která vychází z logaritmické rovnice přímky. Výpočet byl realizován pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel. Nejdříve bylo potřebné zadat hodnoty naměřených standardů, navážku analyzovaného vzorku zeleniny a naměřené hodnoty daného vzorku v mV.

Matematická metoda vychází z rovnice přímky:

$$y = kx + q$$

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

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

x.....potenciál v mV

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

k,q.....parametry přímky

$$q = \log y_2 - kx_2$$

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:

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

a vypočtená hodnota v ppm

z navážka vzorku v mg

4. Výsledky a diskuse

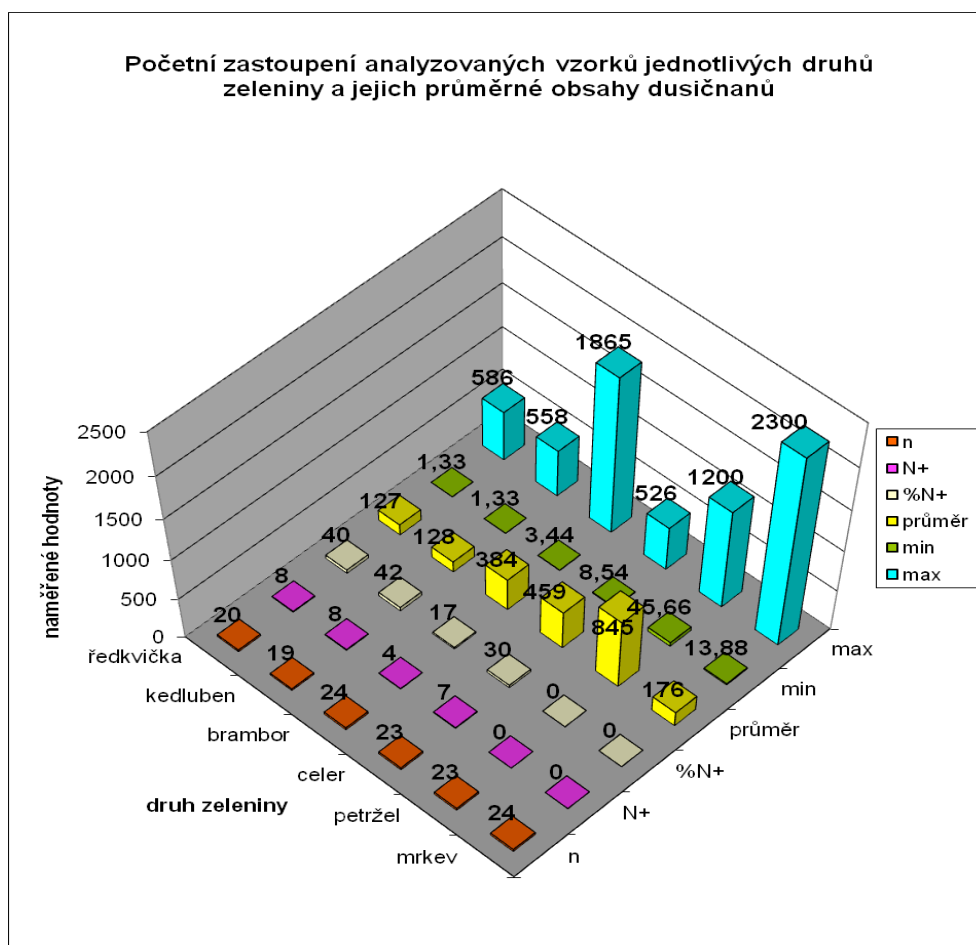
Pro stanovení dusičnanů bylo autorem v letech 2009 a 2010 odebráno a následně vyhodnoceno 158 vzorků zeleniny, z 5 druhů zeleniny a brambor. Celkový počet analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a počet vzorků u nichž byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů ukazuje tabulka č. 2

Tab. č. 2: Početní zastoupení analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a průměrné hodnoty obsahu dusičnanů

druh zeleniny	n	N+	%N+	průměr	min	max
ředkvička	18	9	50	1215,9	210	2525
kedluben	28	11	39	770,4	212	3220
brambor	28	4	14	233,8	102	856
celer	28	6	21	795,9	38	4540
petržel	28	1	3	238,3	27	892
mrkev	28	1	3	257,9	11	791

n – počet analyzovaných vzorků, N+ - počet nadlimitních nálezů, %N – podíl nadlimitních nálezů v %, průměr – aritmetický průměr souboru výsledků, min – nejnižší hodnota výsledků, max – nejvyšší hodnota výsledků.

Graf č. 2 Početní zastoupení analyzovaných vzorků jedn. druhů zeleniny a průměrné obsahy dusičnanů



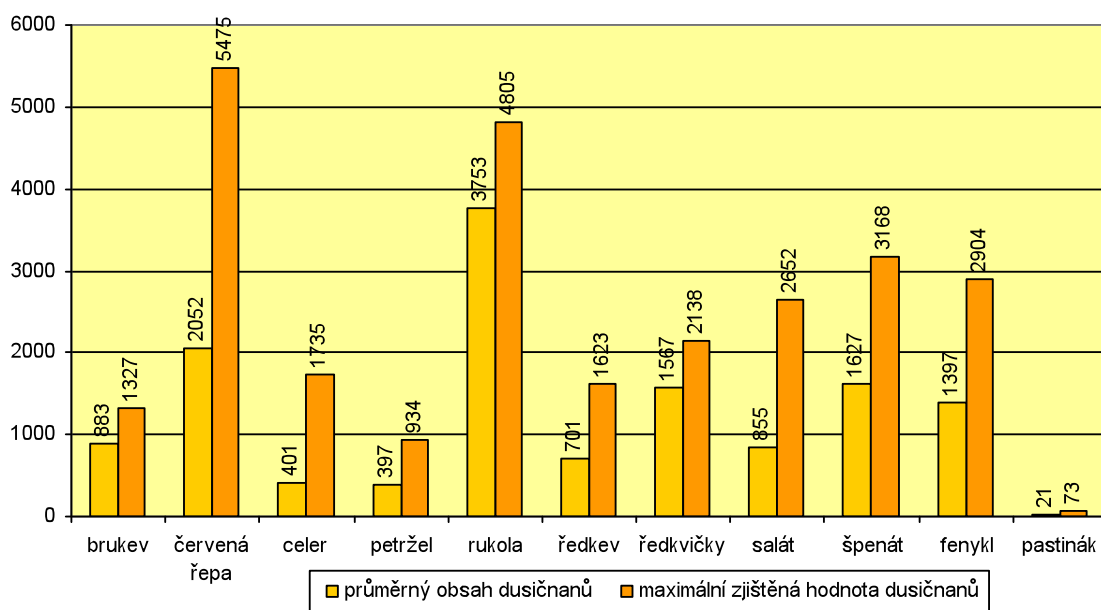
Kontrolu obsahu dusičnanů na území města České Budějovice zajišťuje oblastní laboratoř Státní zemědělské a potravinářské inspekce (SZPI). Stanovení dusičnanů se provádí fotometricky.

V roce 2008 provedla SZPI na základě požadavku usnesení vlády č. 810/1998 (Akční plán zdraví a životního prostředí) měření cizorodých látek v potravinách. Při sestavování monitoringu dusičnanů v potravinách v roce 2008 byly zohledněny následující předpisy a dokumenty: Nařízení Komise č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity určitých kontaminantů v potravinách (SZPI, 2009).

Ve zprávě SZPI o měření kontaminantů v zelenině je dále uvedeno, že v souladu s nařízením EK č. 1881/2006 článkem 9 sledovala SZPI množství dusičnanů nejen v listové zelenině, ale i dalších druzích zeleniny, které je obsahují ve zvýšené míře. Jak je viditelné z tabulky č.6, tak v roce 2008 bylo odebráno celkem 116 vzorků u 13 druhů komodit včetně dětské výživy na bázi ovoce a zeleniny. Z tohoto celkového počtu nebyla pouze u 4 vzorků přítomnost dusičnanů detekována. (SZPI, 2009)

Právním předpisem je limit pro obsah dusičnanů stanoven pouze v listové zelenině a dětské výživě. Maximálnímu limitu nevyhověly 3 vzorky špenátu z Nizozemí, u kterých byly zjištěny následující hodnoty: 2734, 2973 a 3168 mg.kg⁻¹. U dětské výživy se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 51 do 168 mg.kg⁻¹, svým obsahem však žádný vzorek nepřekročil platný limit 200 mg/kg. Z ostatních komodit byl nejvyšší obsah dusičnanů zaznamenán ve vzorcích červené řepy (5475 mg.kg⁻¹) a rukoly (4805 mg.kg⁻¹) a zároveň i nejvyšší průměrné hodnoty viz graf č. 2 (SZPI, 2009).

Graf č. 3: Průměrný obsah a maximální zjištěná hodnota dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny v roce 2008 (hodnoty v mg.kg⁻¹)



Zdroj: (SZPI, 2009)

Tabulka č.3: Obsah dusičnanů v zelenině (hodnoty v mg.kg⁻¹)

Analyt	n	pozit	% pozit	N+	%N+	průměr	medián	90% kv.	min	max
Celer	9	7	77,78	0	0,00	400,86	282,00	1735,00	n.d.	1735,00
Čer. řepa	10	10	100,00	0	0,00	2051,70	1757,00	4165,50	491,00	5475,00
brukev	11	11	100,00	0	0,00	882,64	992,00	1306,50	110,00	1327,00
fenykl	6	6	100,00	0	0,00	1397,17	1251,00	2904,00	348,00	2904,00
pastinák	4	2	50,00	0	0,00	21,03	5,40	73,30	n.d.	73,30
petržel	6	6	100,00	0	0,00	396,68	343,50	934,00	91,10	934,00
rukola	2	2	100,00	0	0,00	3752,50	3752,50	4805,00	2700,00	4805,00
ředkev	10	10	100,00	0	0,00	700,50	620,00	1515,50	107,00	1623,00
ředkvičky	11	11	100,00	0	0,00	1568,73	1720,00	2129,00	893,00	2138,00
Salát	11	11	100,00	0	0,00	855,36	657,00	2041,00	117,00	2652,00
špenát	10	10	100,00	3	30,00	1627,20	1532,50	3070,50	45,00	3168,00

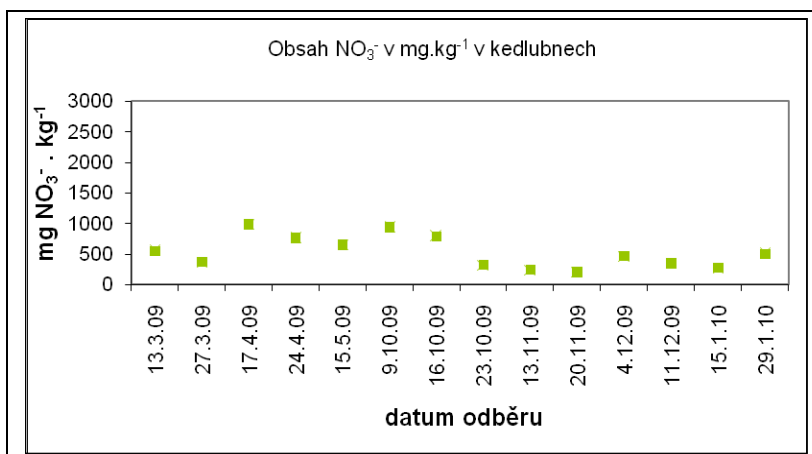
Zdroj: (SZPI, 2009)

4.1 Kedluben

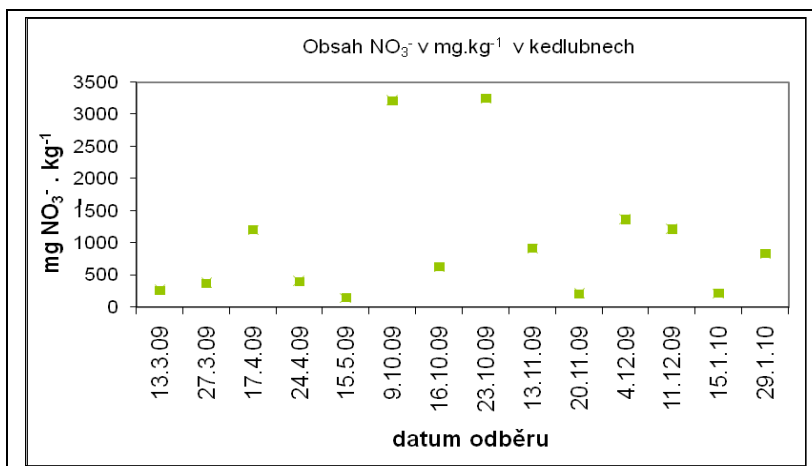
U kedlubny bylo odebráno a analyzováno celkem 28 vzorků, z nichž 11 nevyhovělo povolenému limitu $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, což představuje 39 %. Podle sledování ŠIMONOVÉ (2006) byl překročen obsah dusičnanů v kedlubnách 27 z 29 vzorků, tj. 93 %. DOUCHA (2003) zjistil z počtu 31 analyzovaných vzorků 71 % nevyhovujících, tedy 22 vzorků.

Maximální množství dusičnanů $3251 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ bylo naměřeno ve vzorku z 16.10. 2009, který byl odebrán v obchodním domě Interspar. Naproti tomu minimální obsah dusičnanů byl $145 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ze dne 15. 5. 2009 z obchodního domu Terno. Naměřená množství NO_3^- v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty v kedlubnách zobrazuje graf č. 4.a č. 5.

Graf č. 4 Obsah dusičnanů v kedlubnu v období od března 2009 do ledna 2010



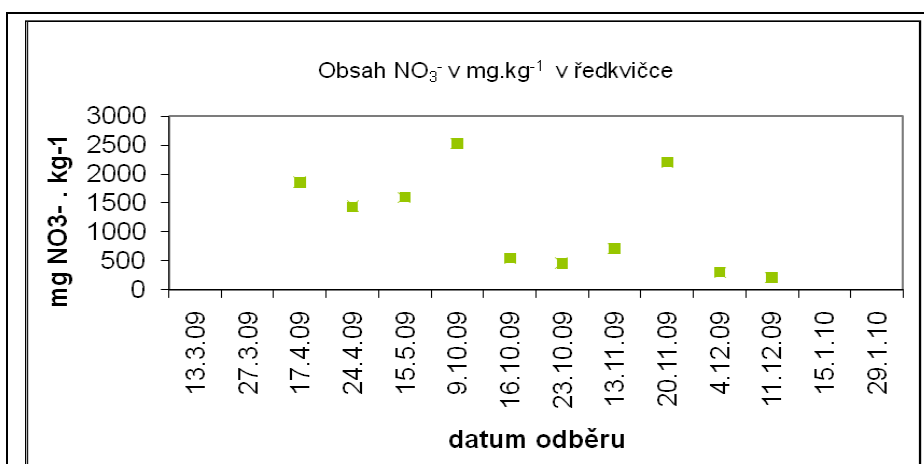
Graf č. 5 Obsah dusičnanů v kedlubnu v období od března 2009 do ledna 2010



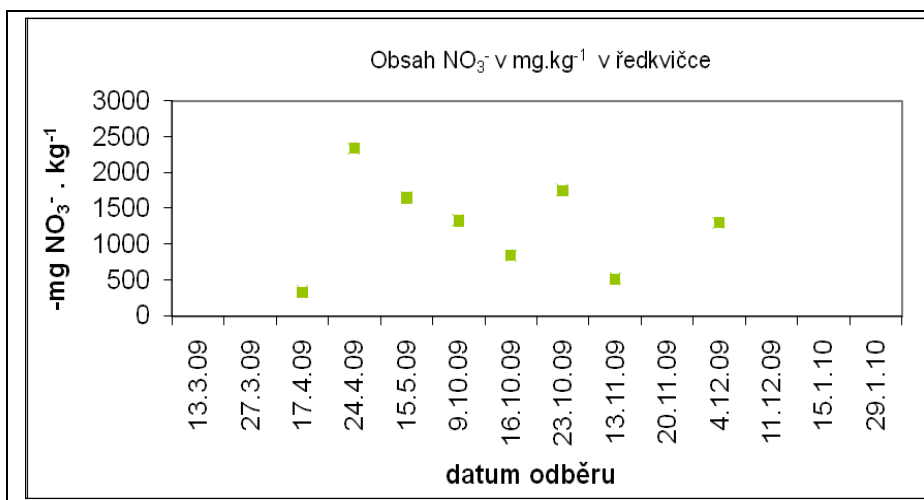
4.2 Ředkvička

U ředkvičky byla změřena nadlimitní koncentrace u 9 vzorků, což odpovídá 50 % nevyhovujících vzorků. DOUCHA (2003) zjistil překročení limitu dusičnanů u 6 ze 13ti kontrolovaných vzorků, tedy 46,2 %. POSPIŠILOVÁ (2006) analyzovala 15 vzorků, z nichž dané normě nevyhovělo 6, tj. 40 %. U ředkvičky je limit $1500 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Maximální naměřenou koncentrací dusičnanů ve vzorcích ředkviček byla hodnota $2525 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Minimální hodnotou byla $210 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Průměrem ze zkoumaných vzorků bylo $1215.888 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Hodnoty měřených vzorků jsou uvedeny v grafu č. 6 a grafu č. 7

Graf č.6 Obsah dusičnanů v ředkvičce v období od března 2009 do ledna 2010



Graf č.7 Obsah dusičnanů v ředkvičce v období od března 2009 do ledna 2010

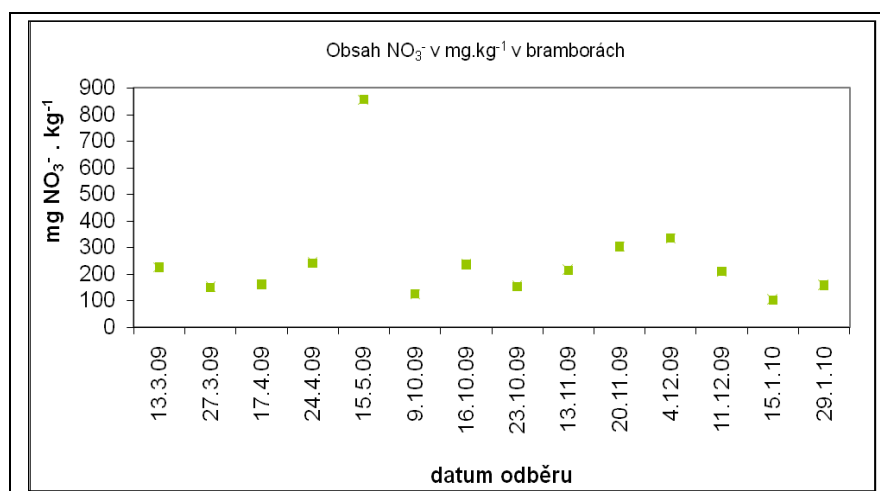


4.3 Brambory

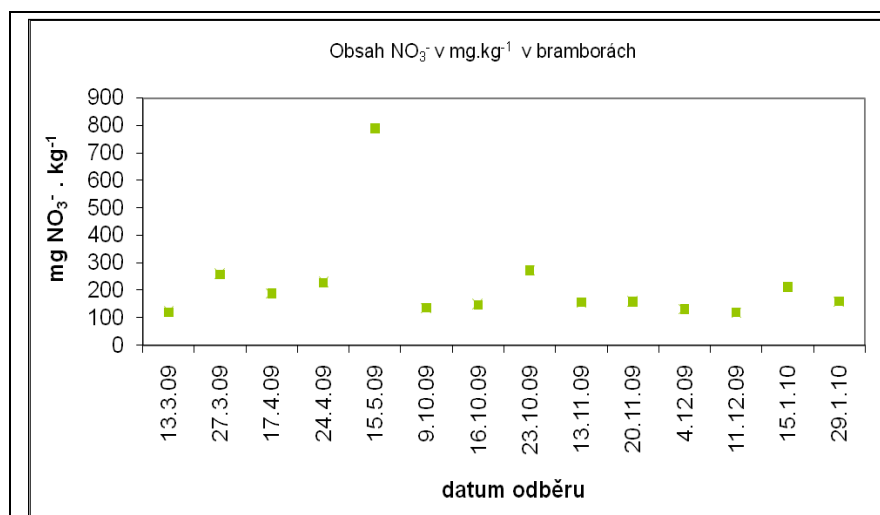
U brambor byly zjištěny nevyhovující nálezy dusičnanů u 4 vzorků, což představuje 14 % z kontrolovaných vzorků. DOUCHA (2003) zjistil 5 nevyhovujících vzorků, což představuje 13,5 % z kontrolovaného množství 37 vzorků. POSPÍŠILOVÁ (2006) analyzovala 19 vzorků brambor, ze nichž 2 vzorky překročily danou normu, tedy 11 %.

Půměrný obsah dusičnanů ze všech analyzovaných vzorků je $233,785 \text{ mg.NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Minimální hodnota byla naměřena $102 \text{ mg.NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ dne 15.1. 2010 ve vzorku z obchodního domu Interspar a maximální hodnota byla změřena dne 24.4. 2010 ze vzorku z obchodního domu Interspar a odpovídala $2341 \text{ mg.NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. V grafu číslo 9. a grafu číslo 10. jsou uvedeny všechny naměřené hodnoty.

Graf č.8 Obsah dusičnanů v bramborách v období od března 2009 do ledna 2010



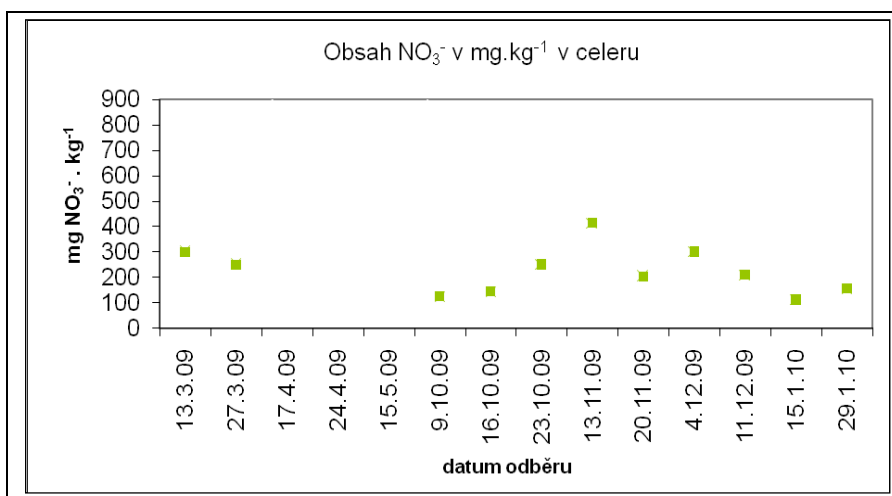
Graf č.9 Obsah dusičnanů v bramborách v období od března 2009 do ledna 2010



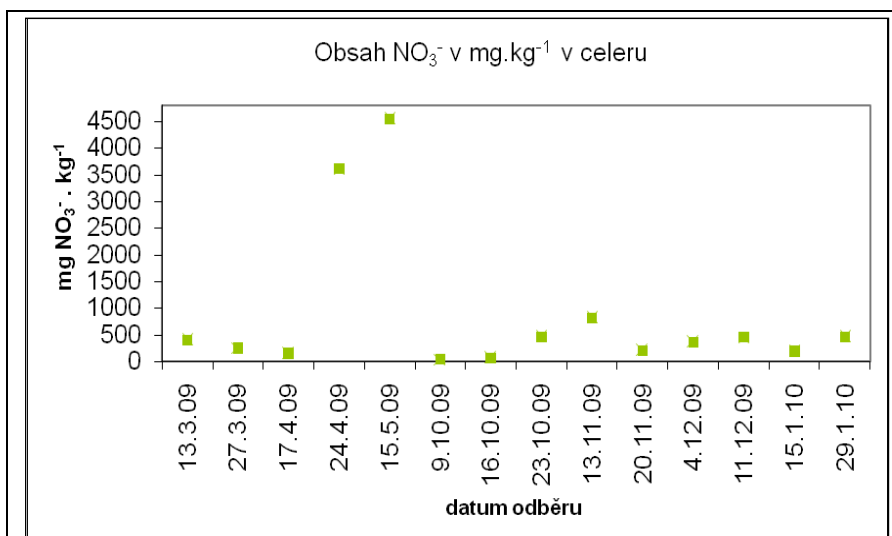
4.4 Celer

Nevyhovující obsah dusičnanů v celeru byl naměřen u 6 vzorků z 28, jež byly měřeny, což odpovídá 21 %. POSPÍŠILOVÁ (2006) analyzovala celkem 12 vzorků, z nichž 25 %, tj. 3 vzorky, byly nevyhovující. Nejvyšší naměřenou hodnotu 4540 mg NO₃⁻.kg⁻¹ byla hodnota změřena dne 15.5. 2009 ve vzorku z obchodního domu Terno. Nejnižší hodnotou dusičnanů v celeru byla hodnota 38 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v grafu č. 10 a č. 11.

Graf č.10. Obsah dusičnanů v celeru v období od března 2009 do ledna 2010



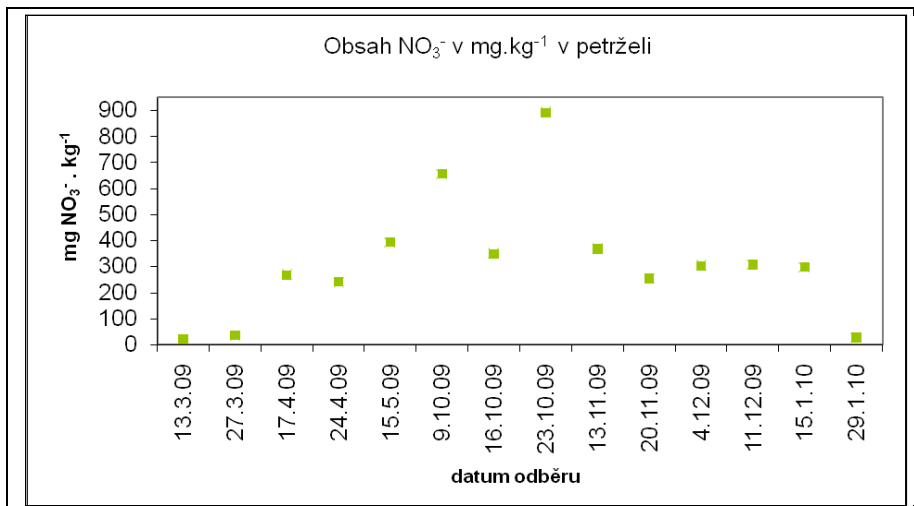
Graf č.11. Obsah dusičnanů v celeru v období od března 2009 do ledna 2010



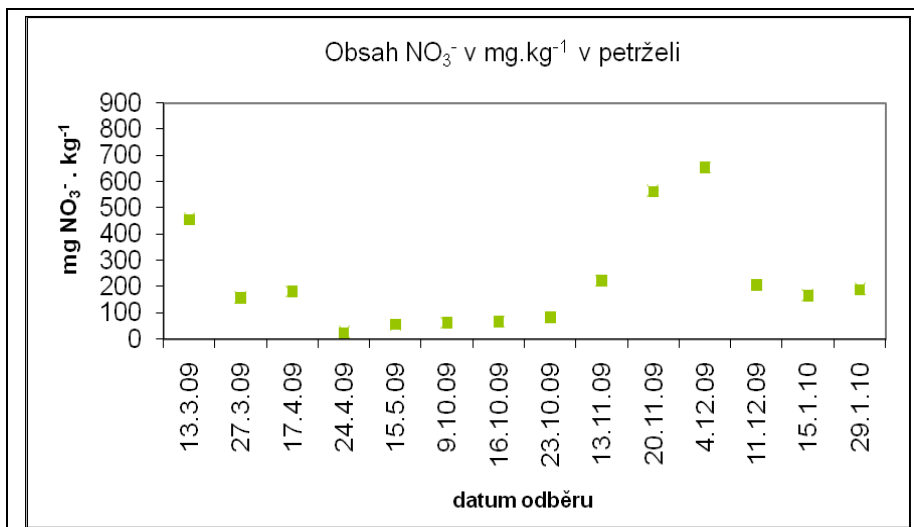
4.5 Petržel

Celkem bylo v daném období odebráno a následně analyzováno 28 vzorků petržele. Nevyhovující hodnoty byly zjištěny v jednom případě, maximální obsah dusičnanů byl stanoven 23.10. 2009 ve vzorku z obchodního domu Albert a to množství $892 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, což přesahuje maximální povolený limit, který je stanoven na $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší hodnota byla změřena 29.1. 2010 u vzorku z obchodního domu Terno, množství $27 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Podle sledování POSPÍŠILOVÉ (2006) byl překročen obsah dusičnanů v petrželi 2 z 11 vzorků, tj. 18 %. Naměřené hodnoty dusičnanů u petržele jsou zobrazeny v grafu č.12 a č. 13.

Graf č.12. Obsah dusičnanů v petrželi v období od března 2009 do ledna 2010



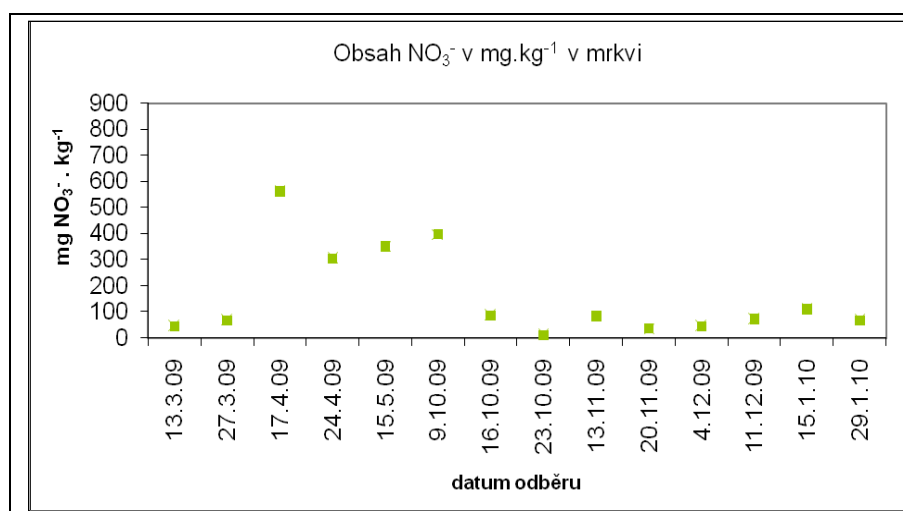
Graf č.13 Obsah dusičnanů v petrželi v období od března 2009 do ledna 2010



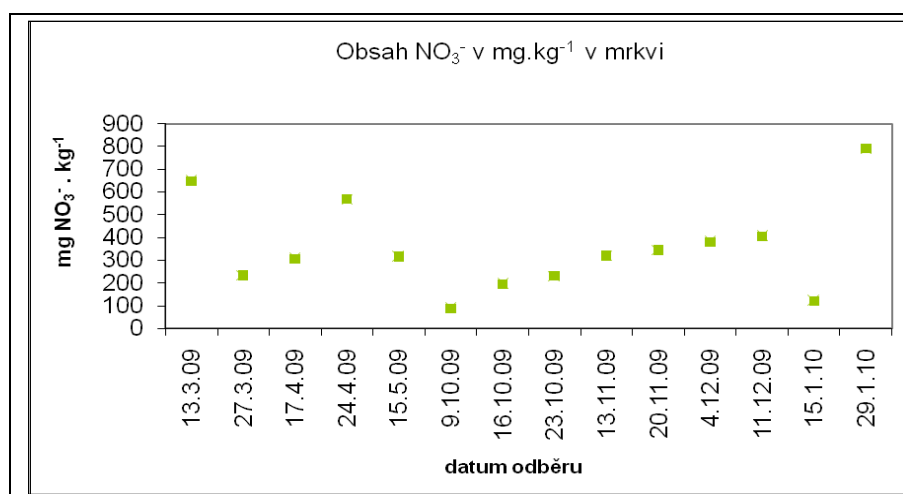
4.6 Mrkev

Celkem bylo v daném období odebráno a následně analyzováno 28 vzorků mrkve. Nevyhovující hodnoty byly zjištěny v jednom případě, maximální obsah dusičnanů byl stanoven 29.1. 2010 ze vzorku z obchodního domu Interspar, množství 791 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Toto číslo přesahuje nejvyšší limit, který je stanoven na 700 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Naopak nejnižší hodnota byla změřena 23.10. 2009 u vzorku z obchodního domu Albert a to množství 11 mg $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. DOUCHA (2003) zjišťoval obsah dusičnanů v mrkvi u 36 vzorků. Žádný z těchto vzorků nepřekročil maximální stanovený limit. Podle sledování POSPÍŠILOVÉ (2006) byl překročen obsah dusičnanů ve vzorcích mrkve 2 ze 14 vzorků, tj. 14 %. Naměřené hodnoty dusičnanů u vzorků mrkve jsou zobrazeny v grafu č.14 a č. 15.

Graf č.14. Obsah dusičnanů v mrkvi v období od března 2009 do ledna 2010



Graf č.15. Obsah dusičnanů v mrkvi v období od března 2009 do ledna 2010



5. Závěr

Měření obsahu nitrátů prováděná oblastními laboratořemi České zemědělské a potravinářské inspekce nevykazují v posledních letech příliš velkou frekvenci. Vzhledem k nedostatečné legislativě se v některých regionech neprovádí vůbec. Problematiku obsahu dusičnanů v zelenině řeší vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002Sb., která uvádí maximální přípustné limity obsahu dusičnanů v zelenině. Prioritou kontroly ČZPI v minulých letech byla zdravotní nezávadnost a klamavé označování potravin.

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu nitrátů v běžných druzích zeleniny a v bramborách nabízených v obchodní síti města České Budějovice.

Obsah nitrátů v zelenině byl zjišťován v průběhu let 2009 a 2010 a stanoven metodou měření iontově selektivní elektrodou.

Ze 158 odebraných vzorků z pěti druhů zeleniny nevyhovělo stanoveným limitům na obsah nitrátů 32 vzorků, což představuje 20,25 % z kontrolovaného množství. Z naměřených výsledků, které vycházejí z tabulky č.2 vyplývá, že v letech 2009 a 2010 v obchodní síti města České Budějovice bylo nejvíce nevyhovujících vzorků zjištěno u ředkviček, a to 50 %, dále u kedlubny, 39 %. U celeru bylo zjištěno 21 % nevyhovujících, u brambor 14 %, petržel a mrkev měly shodně 3 % nevyhovujících vzorků. Všechny ostatní kontrolované vzorky vyhověly normě stanovujících obsah dusičnanů v zelenině.

Z této práce nelze vyvozovat širší obecné závěry, neboť údaje o typu a původu zeleniny se ne vždy podařilo zjistit. Pro zlepšení celkového stavu prodávané zeleniny na území České republiky je třeba upravit nedostatečnou legislativu a provádět více namátkových kontrol jednotlivých prodejců zeleniny a jejich dodavatelů.

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

6. Přehled literatury:

- BAIER, J. Abeceda výživy rostlin. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1962. 250 s.
- BAIER, J. ; BAIEROVÁ, V. Jak hnojit na zahrádce. Praha : SZN, 1988. 208 s.
- BIELEK, P., et al. Kumulácia dusičnanov v zeleninách (příčiny a východiska). Bratislava : ČSVTS při VÚPVR, 1989. 96 s.
- BÍZIK, J., Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava : Veda, 1989. 192 s.
- DOUCHA, M., Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny produkovaných malovýrobce a distribuovaných obchodní sítí ve zvoleném regionu. České Budějovice, 2003. 82 s. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita.
- EPIS ekonomicko právní informační systém [online]. 2009 [cit. 2010-11-10]. Dostupné z WWW: <www.epis.cz>.
- FLOHROVÁ, A., Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1990. 83 s.
- FLOHROVÁ, A., Trendy v pěstování polní zeleniny. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1991. 60 s.
- FLOHROVÁ, A., Význam stopových prvků pro výživu polní zeleniny. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství : Praha, 1991. 39 s.
- HAY, R.; PORTER, J., The physiology of crop yield. Oxford : Blackwell Publishing, 2006. 309 s.
- HLUŠEK, J., et al. Výživa a hnojení zahradních plodin. Praha : Vydáno redakcí odborných časopisů, 2002. 80 s.
- HLUŠEK, J., Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2004. 55 s.
- HUMPOLCOVÁ, L., Spotřeba a výroba zeleniny - současný stav a perspektivy. Praha, 2007. 89 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- JAVORSKÝ, P., et al. Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. Praha : MZVŽ, 1987. 397 s.
- KALÁČ, P.; MÍKA, Václav. Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 316 s.
- KALINOVÁ, J., et al. Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 41 s.
- KLEČKOVÁ, J., Zahraniční obchod se zeleninou je pasivní. Zahrada [online]. 2010, 08, [cit. 2010-11-09]. Dostupný z WWW: <http://www.zahradaweb.cz/informace-z-oboru/skolkarstvi/Zahranicni-obchod-se-zeleninou-je-pasivni__s515x48194.html>.

KONVALINA, P., et al. Zahradnictví : pěstování polní zeleniny v ekologickém zemědělství. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 57 s.

LEDVINA, R.; KOUBALÍKOVÁ, J.; HORÁČEK, J.. Geologie a půdoznalství. České Budějovice : Scientific-Pedagogical Publishing, 1992. 82 s.

LHOTSKÝ, J., et al. Kultivace a rekultivace půd. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1994. 198 s.

MAIER R. M., PEPPER I. L., GERBA C. P. (2000): *Environmental microbiology*. Academic Press London, 261, s. 331-340

MALÝ, I.; PETŘÍKOVÁ, K.. Základy pěstování zeleniny. Praha : Institut výchovy a vzdělávání MZ ČR, 2000. 27 s.

MATULA, J. Výživa a hnojení dusíkem. Agro. 1997, 2, s. 42-45.

MÍČA, B., et al. Dusičnany v bramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha : MZ ČR, 1991. 75 s.

MRKVIČKA, J.; VESELÁ, M.; DVORSKÁ, I., Příručka ekologického zemědělce. Praha : Ministerstvo zemědělství ČR a Ústavu zemědělských a potravinářských informací, 2001. 16 s.

NÁTR, L. Fotosyntetická produkce a výživa lidstva. Praha: Nakladatelství ISV, 2002. 423 s.

NOVÁK, I.; HLADÍKOVÁ, I., Koncepce skladování a přepravy ovoce, zeleniny a brambor. Praha : Merkur, 1979. 157 s.

PECHOVÁ, B., et al. Processes of nitrate accumulation in vegetable crops. Scientia agricultural bohemica. 1998, 2, s. 93-118.

PEKÁRKOVÁ, E., Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny. Praha : Grada publishing, 2001. 100 s.

PEKÁRKOVÁ, E., Pěstujeme zeleninu. Praha : Grada Publishing, 1997. 149 s.

PEKÁRKOVÁ, E., Pěstujeme zdravou zeleninu. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1992. 143 s.

PETR, J., et al. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1980. 447 s.

POSPÍŠILOVÁ, H., Sledování a srovnání obsahu nitrátů ve vybraných druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Rakovníka. České Budějovice, 2006. 65 s. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita.

Produkce, spotřeba, cena, obchod. Agroweb [online]. 29.1.2008, [cit. 2010-11-09]. Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/Produkce,-spotreba,-ceny,-obchod__s65x26994.html>.

PRUGAR, J. Kvalita rostlinných produktů. Praha : Československá akademie zemědělství, 1990. 66 s.

- PRUGAR, J.; HADAČOVÁ, V. Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. Studijní zpráva ÚZPI. 1994, 5, s. 60.
- PRUGAR, J.; PRUGAROVÁ, A. . Dusičnany v zelenině. Bratislava : Příroda, 1985. 150 s.
- PRUGAR, J., et al. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha : Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s.
- PRUGAR, J.; HADAČOVÁ, V., Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1995. 59 s.
- RICHTER, R., úrodnost. Praha : Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, 1996. 35 s.
- SEMLER, M., et al. Iontově selektivní elektrody a jejich využití v potravinářské a zemědělské praxi. Praha : Středisko technických informací potravinářského průmyslu Výzkumného ústavu potravinářského průmyslu, 1990. 214 s.
- SLÁMA, T. Proč je správné hnojit na jaře ledkem. Agro. 2005, 1, s. 32.
- SLAVÍKOVÁ, J. Ekologie rostlin. Praha : Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1986. 366 s.
- Spotřeba ovoce a zeleniny v hodnotě čerstvé (na osobu a rok). Výkaz českého statistického úřadu [online]. 30.11.2010, 11, [cit. 2010-12-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.czso.cz/csu/2010edicniplan.nsf/tab/EA0049D184>>.
- ŠAPIRO, D.K., et al. Ovoce a zelenina ve výživě člověka. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1988. 227 s.
- ŠIMEK, M., Základy nauky o půdě - 3. biologické procesy a cykly prvků. České Budějovice : Biologická fakulta JU, 2003. 151 s.
- ŠIMONOVÁ, A., Sledování a vyhodnocení obsahu nitrátů v listových a košťálových druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Turnova. České Budějovice, 2006. 55 s. Diplomová práce. Jihočeská Univerzita.
- ŠINDELÁŘOVÁ, J., Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1985. 64 s.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 sb. Česká republika
- VANĚK, V.; TLUSTOŠ, P. Nitráty v rostlinách. Farmář. 1999, 6, s. 24-25.