

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Katedra biologických disciplín

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství – sp. využití a ochr. zem. krajiny

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vyhodnocení obsahu a úvazků základních druhů zeleniny
distribuované obchodní sítí města České Budějovice**

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

Autor: Pavel Císař

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel CÍSAŘ**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Všeobecné zemědělství - sp. využ. a ochr. zem. krajiny**

Název tématu: **Vyhodnocení obsahu nitrátů v základních druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí města Českých Budějovic**

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

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

Práce bude mít standardní formální členění.


Rozsah práce: 40 - 60 stran
Rozsah příloh: 5-10 str. grafů a tabulek
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Suchý, Ph.D.
Katedra biologických disciplin
Datum zadání diplomové práce: 15. února 2006
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008

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


prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.
děkanka

L.S.


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

V Českých Budějovicích dne 15. března 2006

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vyhodnocení obsahu nitrátů v základních druzích zeleniny distribuovaných obchodní sítí v obci Českých Budějovic“ vypracoval samostatně pod odborným vedením a za použití uvedené literatury.

Pavel Císař

V Českých Budějovicích, 2. prosince 2009

Děkuji Ing. Karlu Suchému Ph.D., vedoucímu diplomové práce za odborné vedení a ochotnou pomoc při vypracování této diplomové práce.

Vyhodnocení obsahu nitrátů v základních druzích zeleniny distribuovaných obchodními řetězci v České republice

Abstrakt

Ve výživě zeleniny představuje hnojení dusíkem jednu ze základních podmínek pro její úspěšné pěstování, z toho důvodu má dusík ve výživě rostlin nezastupitelné místo, jelikož je rozhodujícím prvkem růstu, výnosu a kvality. Hnojení dusíkem však představuje jeden z významných zdrojů znečištění životního prostředí. Vyplavování dusíku ohrožuje také podzemní vody jako zdroj vody pitné.

Cílem diplomové práce bylo získat přehled o množství nitrátů, jako významného aniontového faktoru v zelenině, nabízené v obchodních řetězci v České republice. Celkem bylo vyhodnoceno 133 vzorků z 6 druhů zeleniny.

Zpracování dat bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel. Pro vyhodnocení naměřených obsahů nitrátů byly vypočteny základní statistické charakteristiky.

V porovnání mezi druhy zeleniny byly nejméně kontaminovány vzorky kořenové zeleniny, jmenovitě mrkve a petržele. Naopak nejvyššímu překročení povoleného limitu došlo nejčastěji u vzorků kedlubnů, kde nadlimitních bylo 42 % analytů. Maximální naměřená hodnota byla $3185 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ v čerstvém otě.

Při posouzení četnosti překročení limitů v porovnání mezi obchodními domy Globus, Tesco, Kaufland bylo nejvíce nadlimitních vzorků odebráno z obchodního domu Globus, a nejméně pak z obchodního domu Tesco.

Klíčová slova: Dusíkaté zeleniny, zelenina, limitní množství nitrátů

Evaluation content of nitrates in the basic species of vegetables distributed to the trade network in České Budějovice

Abstract

In feeding of vegetables then nitrogen fertilization presents one of the basic conditions for its successful plantation and from this account has nitrogen unsubstitutable place in the plant feeding, because it is crucial factor of growth, decrease and qualities. Nitrogen fertilization presents one of the most significant source of environment pollution. Soil washing of nitrogen threatens also subterranean waters, like the source of drinking water.

The object of my dissertation work was obtaining a review of nitrates quantity, like significant anti-nutritive factor in vegetables offered in trade network in České Budějovice. Generally there were analysed 133 samples from 6 kinds of vegetables.

Data were processed with the programme Microsoft Excel. For the evaluation of nitrate contents were calculated basic statistical characteristics.

In comparison of the among sorts of vegetables there were at least contaminated samples of root vegetables, nominally carrot and parsley. Obversely to biggest overfullment of permitted limit get most often by samples of kohlrabis, there were 42% samples above the limit. The maximal value was 3185 mgNO₃⁻.kg⁻¹ in the fresh stuff.

From stores Globus, Tesco and Kaufland the most of samples above limit were obtained from the store Globus and on the other site at least from the store Tesco

Keywords: Nitrates, vegetables, limiting quantity nitrates

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	8
2.1 Sorpce živin	8
3 Dusík	9
3.1 Výskyt významného dusíku	9
3.2 Dusík v půdě	10
3.3 Koloběžný dusík v půdě	11
3.4 Inhibitory nitrifikace	16
4 Dusičnany	18
4.1 Výskyt dusičnanů	18
4.2 Vliv dusičnanů na lidský organismus	19
4.3 Faktory ovlivňující akumulaci obsahu dusičnanů	20
4.3.1 Vliv drůbeže částí rostlin na akumulaci dusičnanů	21
4.3.2 Vliv vegetačních podmínek na obsah dusičnanů	23
4.3.3 Vliv hnojení na akumulaci dusičnanů	25
5 Zelenina	26
5.1 Produkce a spotřeba zeleniny	26
5.2 Cenový vývoj zeleniny v ČR	27
5.3 Produkce zeleniny v EU	28
5.4 Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině	28
5.5 Limity obsahu dusičnanů v zelenině	29
6 Metodika	30
6.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou	30
6.2 Odběr vzorků	30
6.3 Příprava vzorků	31
6.4 Vlastní měření	32
6.5 Výpočet koncentrace NO_3^- z stanovení pomocí ISE	32
7 Výsledky a diskuse	34
7.1 Celkový počet nadlimitních vzorků	34
7.2 Kořenová zelenina	37
7.2.1 Mrkev	37
7.2.2 Petržel	39

7.2.3 Celer	41
7.2.4 Ředkvička	42
7.3 Koš ťálovázelenina	44
7.3.1 Kedluben.....	44
7.4 Brambory	45
8 Záv ěr	48
9 Seznampoužitěliteratury.....	50

1. Úvod

Pěstování zeleniny patří k významným odvětvím zemědělské výroby, neboť zelenina představuje nezbytnou část lidské výživy, v níž má nezastupitelné místo pro vysokou biologickou a nízkou energetickou hodnotu. V uplynulých letech spotřeba zeleniny v České republice pozvolna stoupala, pěstování ani v současné době nedosahuje požadované úrovně co do množství, a také druhová skladba zeleniny nemá žádoucí strukturu. Za minimální hranici v konzumaci zeleniny je zdravotníky považováno 90 kg, za ideální stav 120–130 kg na osobu a rok.

Ve výživě zeleniny představuje hnojení dusíkem jednu ze základních podmínek pro její úspěšné pěstování, z toho důvodu má dusík ve výživě rostlin nezastupitelné místo, jelikož je rozhodujícím prvkem množství, výnosu a kvality. Dusík dodaný do půdy zvyšuje produkci biomasy a proto jím byly agroecosystémy bohatě zásobeny. Ve většině vyspělých zemích se úroveň dusíkatého hnojení dostala na nejvyšší únosnou hranici a často až za ni. Příliš vysoké obsahy nitrátů ve sklizené zelenině jsou nepříznivým jevem. Hnojení dusíkem však představuje jeden ze závažných zdrojů znečištění životního prostředí. Vyplavování dusíku ohrožuje také podzemní vody jako zdroj vody pitné.

Konsumace zeleniny v dostatečném množství by měla být pro dnešního člověka samozřejmostí. Důležité je, aby zelenina, která se dostane na trh, byla vysoce kvalitní a neobsahovala nežádoucí látky. V důsledku přílišného hnojení a rychlení však často klesá kvalita na úkor kvantity a objevuje se v ní neustále více rizikových látek, mezi něž patří zejména dusičnany. Docílit dobrých výnosů s vyhovujícím obsahem dusičnanů u zeleniny a brambor není vždy snadné. K úspěchům lze očekávat komplexní řešení nitrátové problematiky.

Cílem této práce bylo získat přehled o množství nitrátů, jako významného antinutričního faktoru u zeleniny, nabízené v obchodní síti města České Budějovice.

2.Literární přehled

2.1 Sorpce živin

Obecně sorpce vysvětluje jako zachycování složky kapalné či plynné směsi (sorbatu) na povrchu tuhé fáze (sorbentu) vlivem buď chemických vazebných sil (chemisorpce), nebo sil nevazebné interakce (adsorpce). Užívá se k odělování složek ze směsi (Kala č, 1996).

Nebezpečí vyplavení živin je při pěstování zeleniny zvláště velké, protože většina zeleninových kultur potřebuje zvýšené množství živin a ty se po sklizni mohou v půdě nacházet ve vyšší koncentraci.

Pěstováním rostlin na zelené hnojení lze z živin chránit především nitratový dusík a biologicky ho konzervovat před vyplavením srážkami zvláště na podzim a v zimě. Vyplavování živin je nežádoucí protože živiny jsou na jednu stranu nedosažitelné pro následující kultury a na druhou stranu může dojít ke kontaminaci spodních vod. Pro konzervování živin jsou ideální zimy, mrazivá zima, které rostou a přijímají živiny i při nižších teplotách půdy. Zde je třeba jmenovat některé trávy. Pro udržení konzervace živin a přes zimu lze upotřebit i rostliny nesnášející nízké teploty. Pro tento účel se hodí například ředkev olejná, jako rostliny rychle rostoucí hluboce zakořeňující a snázející pozdní setí. Rozdrcení a zpracování pomrzlé zelené biomasy se uskutečňuje až pozdě na podzim, nebo při příliš brzkém období je podnícena mineralizace a vzniká tak opět nebezpečí vyplavení. Aby bylo možné zaručit cenný příjem živin rostlinám z zeleného hnojení, musí se setí uskutečnit příliš pozdě na podzim. Rostliny musí stačit vytvořit dostatek biomasy, zvláště kořenů, jinak sotva nastane efekt biologického ukládání živin. Při říznivé době vývoje a odpovídajících zásob živin v půdě lze přes zimu udržet v rostlinách 80-100 kg ha⁻¹. (Nečas kol., 2004)

Živiny jsou prvky, které rostliny potřebují pro normální růst a vývoj. Nejsou nahraditelné jinými chemickými prvky.

3 Dusík

3.1 Výskyt a význam dusíku

Dusík (nitrogenium) tvoří základní a převažující složku zemské atmosféry. Jeho koncentrace ve vzduchu je přibližně 78% (KALÁČ, 1996).

MÍČKA a kol. (1991) uvádí, že dusík je přirozenou součástí přírodního prostředí. Nachází se v atmosféře, v horninách, v půdě, v rostlinných a živočišných organismech.

Dusík patří mezi základní biogenní prvky, je čtvrtou nejhojnější složkou živé hmoty. Hraje nezastupitelnou roli při tvorbě jednoho ze základních stavebních kamenů všeho živého – bílkovin (KALÁČ, 1996).

Dusík je nepostradatelnou živinou pro všechny zemědělské plodiny, zajišťuje nejen vyšší výnos produktu, ale rovněž ovlivňuje jeho kvalitu (MÍČKA, 1993).

Pro dobrý stav rostlin, jejich růst a vývoj pro dobrou výnosy je přístup dusíku nezbytnou podmínkou (FLOHROVÁ, 1990).

HLUŠEK (1996) uvádí, že dusík je při pěstování zeleniny rozhodujícím prvkem růstu, výnosu a kvality.

Dusík hraje hlavní roli v metabolismu rostlin a jeho obsah v půdě je důležitým faktorem pro produkci biomasy. Je nepostradatelným prvkem pro tvorbu asimilačních orgánů i pro zajištění všech funkcí rostlinných pletiv. Obsah dusíku v sušině rostlin se pohybuje obvykle mezi 1 – 5%. Rostlinné bílkoviny obsahují v průměru 15–18,9% dusíku (TOMESÁK a kol., 1992).

Dle BÍZIKY (1989), má dusík ve výživě rostlin nezastupitelné místo. Je součástí všech biologicky důležitých látek a sloučenin a v porovnání s ostatními živinami nejčastěji limituje úrodu. Přebytek i nedostatek dusíku v kořenové zóně ovlivňuje produkci, její kvantitu a kvalitu.

Jedním z prvních projevů nedostatku dusíku je pokles hodnoty udávající poměr hmotnosti sušiny nadzemní části/kořeny. Změna tohoto poměru způsobena spíše poklesem rychlosti růstu nadzemní části, než zvýšením rychlosti růstu kořenů. Mezi další nápadné symptomy deficitu dusíku patří pokles syntézy chlorofylu, a tím vyvolané světle zelené až žluté zabarvení listů (PACHÁZKA a kol., 1998).

VANĚK a kol. (2002) konstatuje, že vzhledem ke značné spotřebě a velkému významu dusíku pro život rostlin jeho nedostatek působí silnou inhibici vegetativního růstu.

Nedostatek dusíku od počátku vegetace má za následek omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů rostlin (listů, stébel, lodyh, u ovocných stromů letorostů apod.). Při nedostatku dusíku rostliny slabší a nižší, často jsou porosty nevyrovnané a světlejší (ANONYM, 2009c).

Podle FLOHROVÉ (1996) lze dle výsledky nedostatku dusíku (anorganického i organického) pro rostliny rozdělit na:

- **bezprostřední**, tzn. v daném vegetačním období – snížení výnosu a jeho kvality, rostliny nerostou, mají malé listy. Při otlačení je i růst kořenů a jejich větvení. Rostliny dozrávají dříve, mají však menší počet semen a menší hmotnost a dávají malý výnos.
- **dlouhodobé** – zhoršují se fyzikální vlastnosti půdy, což vede ke zhoršení úrodnosti.

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

3.2 Dusík v půdě

Dusík je zastoupen v půdě jednak ve formě organické, jednak ve formě anorganické. Anorganický dusík se vyskytuje ve formě dusičnanového nebo amoniakového iontu (FLOHROVÁ, 1990), které jsou podle MÍČI a kol. (1991) rozhodující pro výživu rostlin a jsou považovány z hlediska agronomického za rovnocenné.

Největší podíl dusíku v půdě tvoří dusík vázaný v organických sloučeninách, a to v množství 0,2–5 g kg⁻¹ půdy. Představuje velmi heterogenní skupinu sloučenin zahrnující huminové kyseliny, fulvokyseliny a biomasu půdní flóry a fauny (PROCHÁZKA a kol., 1998).

RICHTER akol. (2002) uvádí, že v půdě je obsaženo nejvíce množství dusíku bezprostředně využitelného pro výživu rostlin. Celkový jeho obsah se pohybuje v hodnotách od 0,05 % do 0,3 % (t.j. na ha od 1500 do 9000 kg N). Nejvíce část dusíku je obsažena ve formě organické – rostlinám nepřístupné a pouze 1 – 2 % z celkového dusíku se nachází v minerální formě (N_{\min} , t.j. 15 – 180 kg N.ha⁻¹). V průměru se hodnoty N_{\min} pohybují v rozmezí od 8 do 20 mg N.kg⁻¹ zeminy (podle specifické hmotnosti zeminy od 30 do 80 kg N.ha⁻¹).

Významné množství dusíku z atmosféry vstupuje do půdy biologickou fixací, způsobenou zejména symbiotickými fixátory dusíku. Fixace je prováděná mikroorganismy z čeledi *Rhizobioaceae*, které žijí v symbióze s bobovitými rostlinami. Syntézu N_2 na amoniak zajišťuje nitrogenáza, která sestává z bílkovinných složek (feroproteinu a azoferedoxinu) a molybdoferedoxinu, poskytující vysokou redukční sílu a elektrony k redukci N_2 na NH_4^+ (RŮŽEK akol., 2006).

Významná část dusíku je vázána v aromatických jádrech huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučeninách v půdě. Organický dusík se dále lehce hydrolyzovatelný a těžce hydrolyzovatelný. Určitá část hydrolyzovatelného dusíku: aminokyseliny, amidy, aminocukry podléhá mineralizaci až na N_{\min} (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), který může být rostlinou využitý k výživě. Množství tohoto lehce hydrolyzovatelného dusíku, který se v průběhu vegetace mineralizuje, činí od 60 do 160 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (BIELEK, 1998).

Obsah dusíku se mění v závislosti na klimatu a způsobu pěstování rostlin (PROCHÁZKA akol., 1996).

3.3 Kolob dusíku v půdě

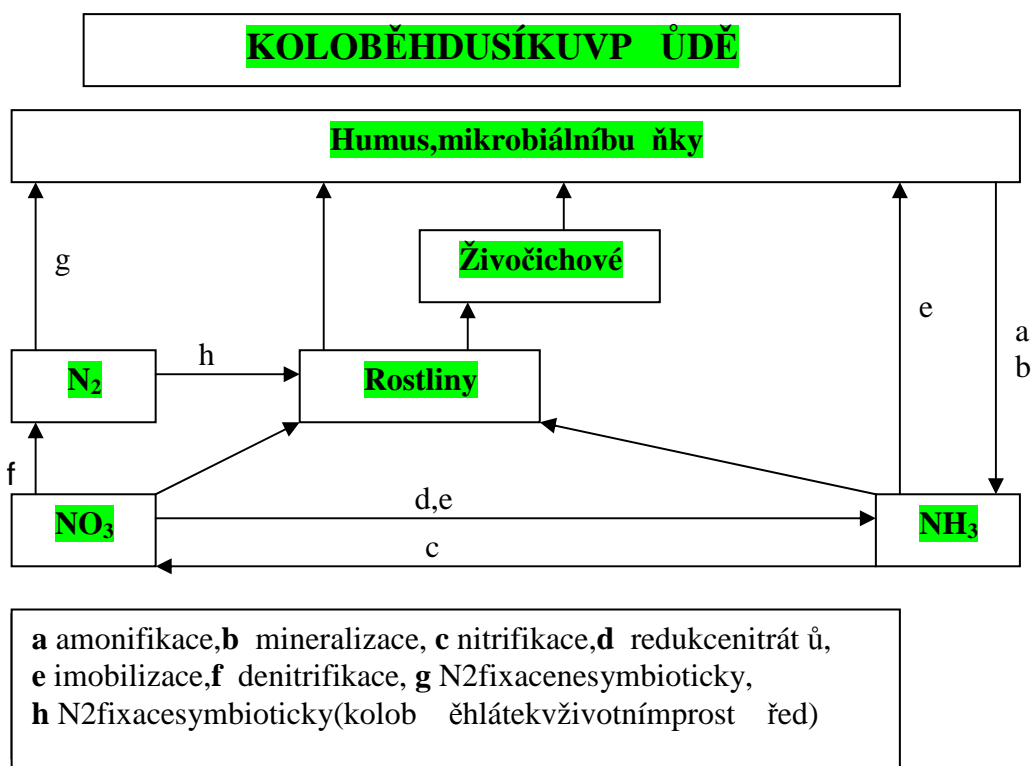
Charakter dusíku umožňuje jeho významné zapojení do koloběhu v přírodě. (MÍČA akol., 1991).

Dusík je obsažen v litosféře, avšak pro jeho koloběh má význam zvláště N z atmosféry (78,1 % objemových). Z této formy je dusík v atmosféře převáděn do anorganických sloučenin při elektrických výbojích pobouřkách. ZN_2 a O_2 vznikají

oxidy dusíku, které se srážkami dostávají do půdy. Z atmosférické depozice se na území ČR v průměru dostává na ha 13,2–20,9 kg N (P RÁŠKOVÁ a kol., 2006).

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

Obrázek č.1 Koloběh dusíku v půdě



Zdroj: (ANONYM, 2009A)

V půdě probíhá průběžně mineralizace organického dusíku, a naopak imobilizace minerálního dusíku přechodem do organických sloučenin (MÍČKA a kol., 1991).

Mineralizace a imobilizace tvoří dva neoddelitelné procesy. Při mineralizaci dochází vlastně k trojstupňové konverzi organického dusíku na minerální (aminizace, amonizace, nitrifikace) a uvolňuje se energie, kterou využívají heterotrofní

mikroorganismy, přičemž se anorganický dusík znovu zabudovává do organických sloučenin, zejména do bílkovin (BÍŽIK *akol.*, 1989).

Mineralizací jsou organické sloučeniny rozkládány na anorganické formy, a to rychlostí 142 až 814 kg N.ha⁻¹ za rok, což odpovídá přeměně 1,2 až 7,4 % veškerého organického dusíku. Mineralizace začíná amonifikací, kterou zabezpečuje mnohoroční heterotrofní organismů (P ROCHÁZKA *akol.*, 1996).

Rychlost mineralizace závisí na kvalitě půdy organické hmoty a je ovlivněna způsobem agronomického využití půdy a celým komplexem podmínek stanoviště, působením počasí a kultivačními opatřeními během vegetace (P RUGAR a HADAČOVÁ, 1995).

Základními formami anorganického dusíku jsou dusík amoniakální (NH₄⁺) a dusičnanový (NO₃⁻), které jsou rozhodující pro výživu rostlin a jsou považovány z hlediska agronomického za rovnocenné (MÍČKA *akol.*, 1991).

Podle KOLKA a kol. (1988) mohou rostliny obě dvě formy dusíku dobře přijímat i asimilovat, i když existuje druhová, ba dokonce genotypová specifika příjmu a využití kationového a anionového dusíku. Některé rostliny efektivněji využijí nitrátovou formu, jiné naopak amonnou formu. Nitrátový dusík má pro výživu rostlin všeobecně největší význam.

FLOHROVÁ (1990) konstatuje, že nitrátový dusík představuje pohyblivou formu – a to jak v půdě, tak z hlediska příjmu rostlinami. Amonná forma je naopak v půdě málo pohyblivá a v rostlinách nemůže působit hromadění nitrátů. Ve větších množstvích je však pro rostliny toxická.

Dle TISDALA a kol. (1966) ionty NH₄⁺, uvolněné při amonifikaci, se mohou v půdě využít a nebo přeměnit následujícími způsoby:

- biologickou oxidací nadusitany a dusičnany procesem nitrifikace
- absorpcí vyššími rostlinami
- přijetím heterotrofními mikroorganismy na rozklad uhlíkatých organických sloučenin
- fixováním do biologicky nepřístupných forem v mřížce expandujících sekundárních jílových minerálů.

BÍŽIK a kol. (1989) uvádí, že intenzita mineralizace anorganického dusíku závisí od obsahu organické hmoty a dusíku vázaného v organických sloučeninách.

Významným činitelem favorizujícím převahu mineralizačních nebo imobilizačních procesů po zaorání organické hmoty do půdy je poměr C:N.

Při vysoké hodnotě podílu C:N v organické hmotě se většinou uplatňuje imobilizace anorganického dusíku, při hodnotách pod 20 zase mineralizace. Poměr C:N ve stabilizované organické hmotě je okolo 10:1 (BÍZIK *akol.*, 1989).

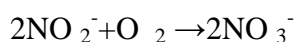
Imobilizace dusíku je opačným dějem mineralizace, jde o vazbu minerálního dusíku do organické hmoty. Podle KOLÁŘE (1987) je imobilizace závislá na těchto faktorech:

- Na poměru organické hmoty do půdy a sice takové, která má široký poměr C:N (vícenež 25–30). Zvláště je to imobilizace dusíku účinná sláma, použita jako organické hnojivo.
- Na dostupnosti dusíku pro mikroorganismy. Čím je nižší, tím je imobilizace větší.
- Na příznivých životních podmínkách pro mikroorganismy. Při nízké teplotě, suchu a kyselém půdní reakci je imobilizace dusíku zpomalována.
- Na dávkách dusíkatých hnojiv, absolutní množství imobilizovaného dusíku z minerálních hnojiv stoupá s výší dávky dusíku.
- Na stětu zájmů rostlin a mikroorganismů o dodaný dusík. Imobilizace v půdě s rostlinným pokryvem probíhá hlavně v prvních týdnech, na úhoru se udržuje po celou vegetační dobu a je vyšší.
- Na formě použitých dusíkatých hnojiv. Ukázalo se, že při použití dusíkatých hnojiv amonných je imobilizace větší, než při aplikaci hnojiv ledkových. Je to dáno faktem, že půdní mikroorganismy využívají přednostně NH_4^+ před NO_3^- .

Velmi významným procesem týkajícím se další přeměny mineralizovaného dusíku v půdě je nitrifikace. Amoniakální dusík se oxiduje mikrobiální cestou podle rovnic:

$$2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ \text{ (nitrifikační bakterie rodu } \textit{Nitrosomonas}\text{)}$$

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



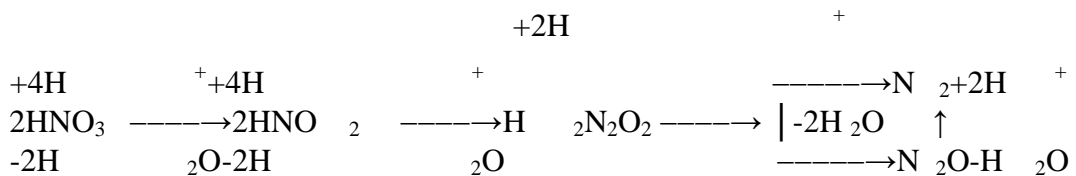
Uvolňované vodíkové ionty okyselují půdní prostředí a jsou příčinou snižování hodnoty pH při intenzivním hnojení dusíkatými hnojivy (BÍZIK *a kol.*, 1989).

Nitrifikace probíhá především v provzdušněných podmínkách. Kromě O_2 je limitována teplotou v rozmezí od 5 do 40°C (PLHÁK, 1998).

BÍZIK *akol.* (1989) uvádí, že intenzita nitrifikace stoupá s teplotou. Začíná při teplotě okolo 10°C a nejvyšší hodnoty NO_3^- N by lze zjistit při teplotách 25–30°C. Nitrifikaci brzdí také vyšší koncentrace solí v půdě, například síran amonný. Jestliže optimální průběh nitrifikace je při hodnotě pH 8,5 a v půdě většinou probíhá v rozsahu pH 5,5–7,5.

Pohyb dusíku v půdě, kterým lze vyústit v jeho přeměnu na plyn, ovlivňují denitrifikační procesy. Denitrifikací v širším slova smyslu nazýváme všechny pochody redukce nitrátů, při nichž vznikají redukovanější sloučeniny (LEITGEB, 1983).

Podstatou spočívá v redukcí dusičnanového dusíku na oxidy dusíku anebo na molekulární dusík, jak je vidět z rovnice dle TISDALA *akol.* (1966):



Redukční procesy probíhají při nedostatku kyslíku v půdě a denitrifikaci způsobují některé mikroorganismy rodu *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter* a *Bacillus*. Z autotrofních bakterií mají schopnost redukovat dusičnan zejména nitré bakterie *Thiobacillus denitrificans* a *Thiobacillus thiooparus* (BÍZIK *akol.*, 1989).

FLOHROVÁ (1990) uvádí, že denitrifikaci způsobují bakterie, které z nitrátů získávají potřebný kyslík, je-li v půdě málo provzdušněná a její teploty se pohybují mezi 5–10°C. Podle povahy půdy lze činit denitrifikaci 10–70 kg N/ha⁻¹ a ročně i více.

Denitrifikace se více uplatňuje při nadbytku vody v půdě a při nedostatku kyslíku (BÍZIK *akol.*, 1989).

Biologická denitrifikace je ovlivněna několika faktory (KOLÁŘ, 1987):

- Obsah kyslíku v prostředí – denitrifikace je anaerobní proces. Kyslík potlačuje tvorbu redukujících enzymů v denitrifikačních organismech a inhibuje jejich funkci.

- Obsah vody v půdě – zvýšená vlhkost má za následek vznik anaerobních podmínek. Dosahuje-li vlhkost 60 % polní vodní kapacity, denitrifikace je ještě slabší, dalším vzestupem vlhkosti celkem rychle ustupá.
- Obsah organické hmoty v půdě – někteří autoři tvrdí, že denitrifikace v půdě ustává tehdy, poklesne-li množství organické hmoty pod 1%.
- pH půdy – optimem pro denitrifikaci je $\text{pH} = 7,0 - 7,5$. Při pH nižším, než $\text{pH} = 4,5$ a vyšším než $\text{pH} = 10$ je proces denitrifikace potlačen.
- Teplota půdy – optimální teplota pro denitrifikaci je $t = 30^\circ\text{C}$. Při teplotě pod $t = 10^\circ\text{C}$ denitrifikace ustává.

V denitrifikačních procesech v půdě se uplatňují také rhizosféra. Kořeny rostlin odebírají kyslík a vytvářejí mikrocentra anaerobních podmínek, na druhé straně svými exudáty mohou sloužit jako donátory vodíku pro denitrifikační bakterie (KOLÁŘ, 1987).

Kromě biologické denitrifikace existuje ještě denitrifikace chemická či chemodenitrifikace, jejíž optimum leží při $\text{pH} = 4,5 - 5,0$. Nastává hlavně při hnojení močovinou. V půdním profilu dochází k akumulaci dusitanů, protože močovina vyvolává lokální a časově omezené zvýšení půdního pH , které spolu s volným NH_3 (vzniklým působením ureázy a hydrolyzou močoviny) působí brzdění oxidace NO_2^- na NO_3^- . V kyselém půdním prostředí se pak dusitany intenzivně rozkládají za vzniku NO_2^- , jakové další produkty vznikají N_2 a N_2O (KOLÁŘ, 1987).

Při denitrifikaci dochází k velkým ztrátám půdního dusíku – až 8 % mineralizovatelného půdního dusíku až 20% N z hnojiv (RICHTER a kol., 1999).

3.4 Inhibitory nitrifikace

Možností jak zabránit ztrátám aplikovaného dusíku v půdě, popř. akumulaci v rostlinách, je využití inhibitorů nitrifikace. Tyto látky zpomalují mikrobiální přeměnu amonného (méně pohyblivého dusíku) na formunitrátovou, jsou přitom pro půdy a rostliny zcela neškodné. Jejich účelem je zpomalení přeměny dusíku amonného na nitrátový. Méně pohyblivý amonný dusík se tak udrží po několik týdnů v vrchní vrstvě půdy a nedochází k jeho vymývání. Inhibitory nitrifikace jsou aplikovány současně s hnojivem na částku vegetační doby (FLOHROVÁ, 1990).

Inhibitory nitrifikace jsou látky schopné zpomalovat průběh nitrifikace amonného dusíku v půdě (RICHTER *akol.*, 1999).

Omezují první fázi nitrifikace – nitritaci (AMBERGER, 1983). Inhibitory nitrifikace působí bakteriostaticky na nitrifikační bakterie (*Nitrosomonas* sp.), snižují obsah NO_3^- v půdě a tím snižují ztráty dusíku vyplavením o 15–20% (TRENKEL, 1997).

V přírodě existuje celá řada takových látek, jako jsou terpeny, flavonoidy, saponiny atd., které nitrifikaci snižují jen nepatrně (SCHEFFER, 1994).

V ostatkových hnojivech jsou přítomné látky, které mohou plnit funkci přirozených inhibitorů nitrifikace. Mohou to být například fenolické produkty rozkladu ligninu (parabenzochinony), vznikající při oxidativním odbourávání dřevnatých materiálů z kompostů ze slámy. Tyto látky se širokým poměrem C:N podporují rozvoj užitečné půdní mikroflóry, která dočasně imobilizuje přítomný dusík (PUGAR *akol.*, 1995).

Inhibitory nitrifikace však působí jen na minerální dusíkaté sloučeniny, nikoliv na mineralizaci organických látek (LOHROVÁ, 1990).

4 Dusičnany

4.1 Výskyt dusičnanů

PRUGAR (2000) konstatuje, že dusičnany se na naší Zemi vyskytují zcela přirozeně, v posledních desetiletích se však jejich výskyt v přírodě zvyšuje díky přímým zásahům člověka (zvýšené osídlení krajiny, chemizace zemědělství).

Dusičnany a dusitany jsou přirozenou složkou životního prostředí a podílejí se na koloběhu dusíku v přírodě. V rámci tohoto koloběhu se rozkladem bílkovin a jiných dusíkatých látek živých organismů uvolňuje amoniak. Nitrifikační bakterie oxidují amoniak na dusitany a ty se dále oxidují na dusičnany. Denitrifikační bakterie z dusičnanů uvolňují dusík, který se vrací znovu do atmosféry (VĚLIŠEK, 1999).

Dusičnany a dusitany se jako součást koloběhu dusíku v přírodě vyskytují v mnoha potravinách rostlinného a živočišného původu. Do potravin rostlinného původu se dostávají zejména z obilovin, do potravin živočišného původu z krmiv a dále ovšem také jako látky aditivní (VĚLIŠEK, 1999).

Obsah dusičnanů v rostlině je dán poměrem mezi hodnotami jejich příjmu z prostředí a intenzitou jejich redukce, která je ovlivněna kromě nitrát reduktázy a jiných faktorů i energetickým stavem rostliny. Pro akumulaci dusičnanů v nadzemní hmotě je důležitý rozsah v jakém redukují amino- a amidosložčeniny v kořenech (MAYNARD, 1976).

Jako produkt metabolismu jsou přirozenou součástí rostlinné hmoty. Při běžném obsahu nepůsobí škodlivě. Jejich zvýšený obsah je však nežádoucí s ohledem na možnost jejich přeměny na dusitany, případně nitrosaminy, které mají karcinogenní účinky (MÍČKA kol., 1991).

Dusičnany NO_3^- přijímají rostliny z půdy kořenovým systémem. Jejich redukce až na amoniakální skupinu NH_2 , která je hlavní složkou aminokyselin, probíhá v procesu řízeném dvěma enzymatickými systémy - nitrát reduktázou a nitrit reduktázou. Aktivita nitrát reduktázy, která má základní význam pro využití dusičnanů, je podmíněna viditelným zářením. Při nedostatku světla dochází k hromadění dusičnanů, protože neredukují na aminoskupinu a netvoří se aminokyseliny. Dusičnany tedy představují přirozenou anorganickou zásobu dusíku. V případě, že jejich koncentrace je v době sklizně vysoká, stávají se dusičnany látkou nežádoucí (PETŘÍKOVÁ, 1997).

4.2 Vliv dusičnanů na lidský organismus

Dusičnany pro lidský organismus nejsou škodlivé. Škodlivé jsou dusitany, na které se dusičnany redukuje vlivem slin a střevní mikroflóry. Vzniklé dusitany mohou vyvolat alimentární kojeneckou methemoglobinemii a tak ohrozit zdraví a život kojence. Vlivem dusitanů krevní barvivo hemoglobin přechází na nefunkční methemoglobin, který není schopen poutat vzdušný kyslík (PETŘÍKOVÁ, 1997).

TLÁSKAL (1992) ve své publikaci uvádí, že k otravám dusičnany dochází, protože v jejich trávicím systému se může vyskytovat bakterie, která přeměňuje dusičnany na jedovaté dusitany (NO_2). Dusitany reagují s hemoglobinem (který přenáší kyslík do všech částí těla) a vzniká methemoglobin, který kyslík nepřenáší. Množství kyslíku přenášeného tělem klesá v závislosti na množství hemoglobinu přeměněného na methemoglobin. Jak úroveň kyslíku klesá, dítě se dusí. Tento stav se nazývá methemoglobinémií.

Dle TLÁSKALA (1992) je nejviditelnějším příznakem otravy dusičnany je namodralá barva kůže, zvláště v okolí očí a úst. Tomuto jevu se říká cyanóza. Dítě s těmito příznaky by mělo být okamžitě převezeno do nemocnice. Lékař odebere vzorek krve, aby se ujistil, že dítě trpí otravou dusičnany. Vzorek krve takto postiženého dítěte má čokoládově hnědou barvu namísto zdravě červené. Otrava dusičnany je léčitelná a ve většině případů se dítě zcela uzdraví. Je však důležité v případě problémů jednat okamžitě, protože bez lékařské péče může dítě zemřít. Zhruba ve věku 3 měsíců se v žaludku dítěte zvyšuje množství kyseliny chlorovodíkové a tím dochází ke zničení většiny bakterií, které přeměňují dusičnany na dusitany. V době, kdy je dítěti 6 měsíců, je jeho trávicí systém plně vyvinutý a nezůstávají v něm žádné bakterie přeměňující dusičnany na dusitany. U starších dětí a dospělých jsou dusičnany absorbovány a vylučovány methemoglobinémií, u nichž už dále nehrozí.

U dospělého člověka ani při vysoké koncentraci dusičnanů v potravě nevedenému stavu onemocnění nedochází, protože má vybudovaný ochranný mechanismus. Norma vychází z ustanovení, že nejvyšší přípustný příjem dusičnanů na osobu za den může činit jen 220 mg (PETŘÍKOVÁ, 1997).

VELÍŠEK (1999) uvádí, že dusičnany nejsou v běžných koncentracích pro dospělé jedince nebezpečné, neboť se relativně rychle vylučují močí. Hodnota ADI

(ADI=Acceptable daily intake, neboli akceptovatelný denní příjem) byla stanovena na $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Dle Míčí a kol. (1991) přímé negativní důsledky dusičnanů na lidský organismus nejsou prokázány. Jejich biologicky nepřímé účinky zpravidla spadají do fáze jejich přeměny na dusitany. Ty se v lidském organismu mohou spojit s oxidací železa krevního barviva hemoglobinu, kde se oxidací iontu Fe^{2+} na Fe^{3+} vytvoří forma hemoglobinu, která není schopna vázat kyslík. Krev ztrácí schopnost přenášet kyslík k tkáním, a tak dochází ke vzniku methemoglobinemii. Tato nemoc představuje životní riziko pro kojence do 2–4 měsíců jejich života. Projevuje se modráním sliznic i některých částí těla, bolestmi hlavy, poklesem krevního tlaku, bušením srdce, zhoršeným dýcháním a žíznivostí.

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

4.3 Faktory ovlivňující akumulaci obsahu dusičnanů v zelenině

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

Khlavní faktory ovlivňující obsah dusičnanů v zelenině:

- biologické genetické vlastnosti plodin charakterizující druh a užitkový směr pěstování, odrůdové rozdíly,
- vliv ročníku, především světelný poměr, dále i poměr teploty a vlhkosti,
- stanovištní podmínky, hlavně půdní podmínky, agrochemické poměry, humózní půdy atd.,
- vliv organického a minerálního hnojení z hlediska dávky a vyváženosti živin a termínu aplikace, případně využívání inhibitorů nitrifikace,
- vliv agrotechnických opatření a péstitelských zásahů včetně korigování termínů sklizně v závislosti na obsahu dusičnanů,

- způsob potravinářského ochucení (MÍČA a kol., 1991).

INDRÁK (1986) uvádí, že akumulace dusičnanů (nitrátů) ve vyšších rostlinách je dána metabolismem dusíku a závisí na vnějších a vnitřních faktorech.

K vnější faktorům patří:

- půdní klimatické podmínky stanoviště, průběh počasí, agrotechnika, stupeň poškození rostlin.

K vnitřním faktorům patří:

- biologické vlastnosti odrůdy.

4.3.1 Vliv odrůdy, druhu a části rostliny na akumulaci dusičnanů

U řady zelenin byly zjištěny odrůdové rozdíly v akumulaci dusičnanů. Významné odrůdové rozdíly byly nalezeny u špenátu a hlávkového salátu (PETŘÍKOVÁ, 1997).

Rozdíl v akumulaci dusičnanů je mezi odrůdami. Hlávkový salát s vysokými žebry má mnohem více NO_3^- než odrůdy s jemným žebrováním. Též rostliny s dlouhými řapíky a stonky mají více NO_3^- než rýžičkové formy odrůd (KOLÁŘ a kol., 1986).

Vztah odrůdy k obsahu dusičnanů se projevuje v tom smyslu, že odrůdy s kratší vegetační dobou inklinují k vyššímu obsahu dusičnanů než odrůdy s delší vegetační dobou. Souvislost fyziologie vývoje rostlin, kdy rostlina potřebuje určitý čas a podmínky k přeměně přijatých dusičnanů na další složky až bílkoviny (MÍČA a kol., 1991).

VERMEULEN a kol. (1987) uvádí, že druh a odrůda s delší vegetační dobou má výrazně nižší obsah dusičnanů.

V akumulaci dusičnanů byly zjištěny značné druhové rozdíly. Vysoká akumulace dusičnanů je u druhů z čeledi *Chenopodiaceae* – špenát, červená řepa salátová a *Brassicaceae* – květák, kedlubna, ředkvička. K akumulaci dusičnanů v rostlině dochází především v zásobních orgánech. Vyšší obsah dusičnanů bude tedy mít zelenina, u které konzumujeme hlízy, bulvy, případně ztlustlé kořeny (kedlubna, ředkvička, červená salátová řepa, mrkev). Vysoký obsah má rovněž listová zelenina (salát hlávkový, špenát). Vyšší obsah dusičnanů je v řapících než v listových čepelích. Nejméně dusičnanů obsahují plody a semena (rajčata, okurky, papriky, fazole a hrách) (PETŘÍKOVÁ, 1997).

Jednotlivé druhy akumulují dusičnany v určitém množství. Podle schopnosti akumulovat dusičnany lze zeleniny a okopaniny rozdělit do tří skupin, a to na materiály:

- vysokým obsahem dusičnanů (nad 1000 mg.kg⁻¹), kam náleží salát, endivie, špenát, mangold, pekingské zelí, ředkev, ředkvička, celer, revec, kukuřice cukrová
- středním obsahem dusičnanů (250–1000 mg.kg⁻¹), kam patří řízeli, kapusta, květák, lilek, petržel, mrkev, brokolice, česnek, brambory s nízkým obsahem dusičnanů (pod 250 – mg.kg⁻¹), kam se řadí řižičková kapusta, cibule, rajčata, hrách, artyčoky, chřest, okurky (VELÍŠEK, 1999).

Tabulka č.1 Obsah dusičnanů v významných zeleninách a bramborách

Zelenina	Obsah NO ₃ ⁻ v mg.kg ⁻¹	
	minimální	maximální
Celer	0	3640
Cibule	0	1435
Česnek	44	2400
Kapusta hlávková	0	3192
Kapusta řižičková	0	2500
Kedlubny	80	4380
Květák	0	2685
Mrkev	0	3337
Okurky	0	490
Paprika	4	330
Petržel	0	5400
Pór	30	2159
Rajčata	0	136
Ředkev	300	3770
Ředkvička	390	5200
Řepa červená	45	4700
Salát hlávkový	60	6600
Zelí hlávkové	0	3230
Brambory	0	2795

Zdroj: (VELÍŠEK, 1999)

V jednotlivých plodinách však obsah dusičnanů kolísá v širokém rozmezí, což je způsobeno klimatickými a půdními podmínkami během vegetace (intenzitou osvětlení, množstvím srážek a především intenzitou hnojení) (VELÍŠEK, 1999).

Obsah dusičnanů závisí na vývojovém stádiu rostliny a během dozrání se snižuje (PETŘÍKOVÁ, 1997).

U brambor se obsah dusičnanů mění jak v závislosti na velikosti hlízy, tak i v závislosti na částech hlízy. U všech sledovaných velikostí hlíz se v bazální části nacházel vždy vyšší obsah dusičnanů. S velikostí hlíz poměr mezi obsahem dusičnanů mezi oběma částmi hlíz klesá. Zatímco u nejmenších hlíz je poměr mezi apikální a bazální částí v obsahu dusičnanů 1 : 1,7, pak u největších hlíz je tento poměr 1 : 1,3. Obsah dusičnanů se však mění i v různých vrstvách hlízy (MÍČA *akol.*, 1991).

Nejvyšší obsah dusičnanů byl nalezen ve slupce hlíz. V další vrstvě hlízy, ve vaskulární části (v podstatě oblast svazků cévních) nastává oproti slupce pokles v obsahu dusičnanů, který je v srdcečku vystředán nárustem obsahu dusičnanů. Větší rozdíly se projeví u větších hlíz než u hlíz menších. Poměr mezi obsahem dusičnanů ve slupce a v dužině je závislý na odrůdě a pohybuje se v rozmezí 1,5–3,6 (MÍČA *akol.*, 1991).

4.3.2 Vliv vegetačních podmínek na obsah dusičnanů v rostlině

Obsah dusičnanů v rostlinách je silně ovlivňován prostředím. V rostlinách se dusičnany akumulují v době, kdy dusík nemůže být rostlinou využíván, tedy v době, kdy rostlina redukuje dusičnany na snadněji asimilovatelné formy amonných solí. K takovému stavu dochází především při nízkých teplotách, vysoké vlhkosti a světelnými podmínkami, které zapříčiňují nedostatek uhlíkatých sloučenin nezbytných pro přeměnu nahromaděných dusičnanů na aminokyseliny a v konečné fázi na bílkoviny (VELÍŠEK, 1999).

Různé druhy zeleniny akumulují dusičnany v různých místech, a také záleží na klimatických podmínkách, takže obsah dusičnanů kolísá (ANONYM, 2009D).

Dostatek srážek ve vegetačním období vytváří základní předpoklad pro nižší obsah dusičnanů v hlízách (MÍČA *akol.*, 1991).

Obsah dusičnanů v zelenině je rovněž závislý na dostatku světla. Při jeho nedostatku nedochází k přeměně dusičnanů na aminoskupinu a tvoří se proteiny (PETŘÍKOVÁ, 1997).

Světlo ovlivňuje obsah dusičnanů v rostlině buď přímo nebo nepřímo. Přímo ovlivňuje obsah dusičnanů prostřednictvím redukovaného ferredoxinu

v chloroplastech. Takové spřažení redukcí dusičnanů souvztažením v zelených listech je v protikladu k redukcí dusičnanů v kořenech, kde působí světelná energie pocházející z prodýchávaných glycidů. Nepřímý vliv osvětlení na redukcí dusičnanů spočívá v tom, že uhlíkového skeletu a proroostlinu škodlivého amoniaku vzniklého redukcí dusičnanů se syntetizují aminokyseliny a amidy anebo dojde k intenzivnímu růstu, zprostředkovanému a regulovanému fotosyntézou (MARSCHNER, 1984).

Světlo ovlivňuje obsah dusičnanů prostřednictvím nitrát reduktázy tím, že může buď stimulovat transport nitrátů, které vedou k její indukcí nebo může stimulovat nitrát reduktázu syntézou bílkoviny enzymu (PUGAR a kol., 1995).

Z vegetačních podmínek hlavně dostatek světla rozhodujícím způsobem snižuje obsah dusičnanů. Vhodná teplota přímě ovlivňuje mineralizační a nitrifikační procesy a způsobuje dusík pro rostliny. Při příliš vysoké teplotě vedou k nadměrné mineralizaci a inhibici nitrát reduktázy (PUGAR a kol., 1995).

Obsah dusičnanů v zelenině může být zvýšen i závlahovou vodou. Dostatek vláhy vytváří předpoklad pro nižší obsah dusičnanů. Nadměrná vlhkost může však naopak zvyšovat jejich obsah (PETŘÍKOVÁ, 1997).

ŠINDELÁŘOVÁ (1985) uvádí, že nedostatek vláhy – i krátkodobě – vede k akumulaci nitrátů. Vysvětluje se to poklesem aktivity nitrát reduktázy, kterémuž dochází při příliš nízké přímě vody rostlinou. Obsah nitrátů může zvyšovat při vyšší vzdušné vlhkosti, která omezuje transpiraci.

Vedle vlivů světla, teploty a vláhy v průběhu vegetace a zejména těsně před sklizňovou etapou může i způsob vlastní sklizně za určitých podmínek přímě ovlivnit konečný obsah dusičnanů v produktech. V praxi se například doporučuje při sklizni špenátu ponechávat na poli větší zbytky rostlin, neboť v řapících listů je výrazně zvýšená koncentrace dusičnanů (PUGAR a kol., 1995).

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

4.3.3 Vliv hnojení na akumulaci dusíku v zelenině

Vysoký obsah dusíku v zelenině je často souvisí s vysokými dávkami dusíkatých hnojiv, takže rostlinám přečká zbytek, „luxusní“ příjem dusíku. Při stanovení dávek dusíkatých pro účelových hnojiv je potřeba brát v úvahu N, který se dostává do půdy z ostatkových hnojiv (PETŘÍKOVÁ, 1997).

Hnojení, zejména dusíkaté, bylo považováno za hlavní příčinu nadměrného obsahu dusíku v bramborových hlízách. Hnojení patří sice k významným faktorům, ale omezení obsahu dusíku v hlízách je možné pouze při komplexním řízení (MÍČKA a kol., 1991).

Organické formy výživy zeleniny a brambor dusíkem jsou v převážné většině případy z hlediska akumulace dusíku v hlízách řízenější než minerální (PŘUGAR a kol., 1995).

FLOHROVÁ (1990) uvádí, že se na výsledném působení dusíkatého hnojení podílí celý soubor faktorů, jako je dávka a forma dusíkatého hnojiva, doba a způsob aplikace, typ hnojiva, vyváženost hnojení dusíkem a ostatními hlavními živinami, podmínky půdy a klimatické.

Vedle dávky dusíkatého hnojiva má velký vliv i jeho forma. Ledková zpravidla způsobuje intenzivnější hromadění dusíku v zelenině než amoniakální. Aniont NO_3^- se však v rostlině může hromadit jedině v případě, že nitratová forma N – výživa je k dispozici. Vyšší rostliny nemají schopnost dusíku syntetizovat. Kdyby se výživa uskutečňovala výhradně amoniakální formou, dusík v zelenině by se v rostlinách nehromadil (PŘUGAR a kol., 1994).

Vedle dusíkaté výživy z hnojiv se rostlinám dostává k dispozici také dusíkatý dusík pocházející z mineralizace půdního organického N. Jestliže období intenzivní mineralizace není v souladu s potřebami rostlin v dané vegetační fázi, může to vést k abnormální akumulaci dusíku v zelenině (PŘUGAR a kol., 1994).

SMOLENÝ a SÁDY (2007) uvádí, že množství dusíku v zelenině je částečně ovlivněno způsobem aplikace dusíkatých hnojiv. Při aplikaci na list dochází k větší akumulaci dusíku v rostlinách.

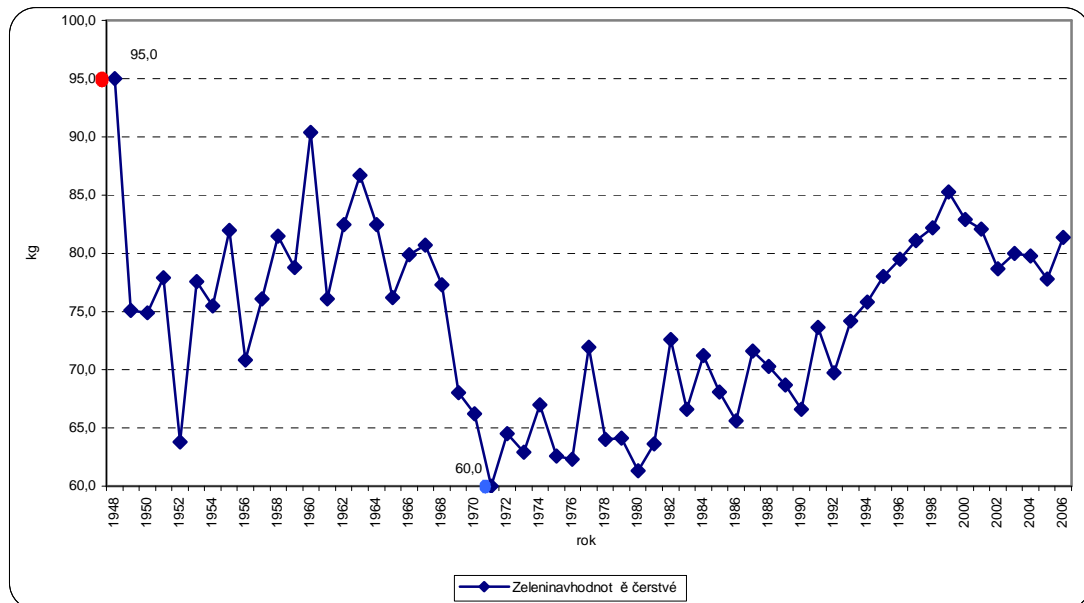
5 Zelenina

5.1 Produkce spot řebazeleniny

Dle údajů české statistické úřadu (ČSÚ) z roku 2008, byla zelenina oseta na ploše 16564 ha, což je oproti předchozím rokem o něco méně. Navzdory tomu výnosy zeleniny činí 282027 t, což oproti minulým letům neznámá žádný významný výkyv.

Od roku 1989 dochází ke každoročnímu nárůstu spotřeby čerstvé zeleniny. Na jednoho obyvatele to v roce 1989 bylo 68,7 kg za rok, v roce 2008 už 83,7 kg. Je to nárůst o dvacet procent za dvacet let. Tato vzrůstající tendence je způsobena hlavně změnou životního stylu obyvatel (ČSÚ, 2008).

Graf č.1 Spotřeba čerstvé zeleniny v ČR v letech 1948–2005 v kg na osobu



Zdroj: (ČSÚ, 2006)

V současné době se v ČR intenzivním pěstováním zeleniny zabývá asi 579 pěstitelů - od těch nejmenších s plochou cca 0,5 ha, až po ty největší zeleninářské podniky s plochou okolo 700 ha. Celková plocha pro pěstování zeleniny se pohybuje kolem 16–17000 ha, na které se srovnatelným množstvím výtěžku pěstuje v průměru 280–320000 t zeleniny. V českých a moravských zeleninářských oblastech má největší podíl na celkové sklizni především hlávkové zelí, cibule, mrkev, květák,

rajčata, zelený hrášek, celer, petržel, dále pak též kapusta, kedlubny, růžné saláty, špenát, ředkvičky apod. (Z ÚČM, 2009).

V období od ledna do září 2008 bylo do ČR dovezeno celkem 427 tisíc tun čerstvé zeleniny, tj. o 6 % méně než bylo dovezeno za stejné období v roce 2007. Ze zemí EU bylo dodáno celkem 384,8 tisíc tun. Nejvíce zeleniny pocházelo z Nizozemska (85,2 tisíc tun), Španělska (68,6 tisíc tun), Polska (48,6 tisíc tun) a Německa (51 tisíc tun) (ČSÚ, 2008).

V roce 2007 pokračoval růst vývozu a reexportu čerstvé zeleniny z ČR, který dosáhl 74,6 tisíc tun v hodnotě 1,2 miliardy Kč. Do zemí EU bylo vyvezeno 74,4 tisíc tun zeleniny, což je 99,7 % z celkového vývozu. Za období od ledna do září 2008 bylo z ČR vyvezeno 62,6 tisíc tun čerstvé zeleniny, přičemž do zemí EU směřovalo 62,5 tisíc tun. Nejvýznamnějšími odběrateli jsou Slovensko (48,8 tisíc tun) a Polsko (4,1 tisíc tun), dále Maďarsko (3 tisíc tun) a Německo (2,9 tisíc tun). Celková bilance zahraničního obchodu ČR s čerstvou zeleninou je vysoce pasivní. Úhrnné pasivum v roce 2007 se v porovnání s předchozím rokem mírně zvýšilo a dosáhlo 6,5 miliardy Kč (ČSÚ, 2008).

5.2 Cenový vývoj zeleniny v České republice

Ceny zemědělských výrobců zeleniny (CZV) se v roce 2006 meziročně snížily. Největším snížením došlo u špenátu (-26 %), salátu (-21 %), póru (-16 %) a bílého hlávkového zelí (-9 %). Naпротив tomu CZV vzrostly výrazně u cibule (+45 %), česneku (+24 %), salátových okurek (+19 %) a okurek nakládaček (+16 %). Průměrné CZV za období leden – říjen 2008 nedosahují výše cen roku 2007 prakticky u všech sledovaných druhů. Největší pokles ceny vykázalo zejména hlávkové zelí, květák, cibule, mrkev a rajčata. Přes skutečnost, že průměrná CZV byly v roce 2007 nižší než v roce předchozím, spotřebitelské ceny zeleniny se zvýšily. Výši spotřebitelských cen jednotlivých zeleninových druhů (především plodové zeleniny, ale i cibule) ovlivnila dovozní cena. Ze sledovaných druhů zeleniny výrazně vzrostla cena cibule (+28 %), papriky (+18 %) a rajčat (+14 %). Snížení spotřebitelských cen bylo méně výrazné. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u celeru (-7 %) a bílého hlávkového zelí (-6 %). Průměrné spotřebitelské ceny za období leden – říjen 2008 se pohybovaly ve vyšších cenových úrovních v porovnání

se stejným obdobím roku 2007, a to zejména u květáku, mrkve a hlávkového zelí (ČSÚ, 2008).

5.3 Produkce zeleniny EU

Podle odhadu odborníků vzrostla produkce zeleniny v roce 2006 v EU 27 o 1,2 % na 66,5 milionů tun vlivem vyšší produkce cibule, košťálové a kořenové zeleniny. Naproti tomu klesla produkce papriky z důvodu nižší sklizně ve Španělsku a Maďarsku, snížila se i produkce cukrové kukuřice v důsledku její malé úrody v Maďarsku a Francii. Relativně nízká byla produkce luskové zeleniny zejména ve Velké Británii, Belgii a Nizozemsku – nejvyšších producentů v rámci EU. Pokles nastal u produkce rajčat ve Španělsku a Itálii (ČSÚ, 2008).

5.4 Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině:

Dusičnany jsou obsaženy především v zelenině, obzvláště rychle. Příjem dusičnanů v zelenině je doprovázen přítomným vitamínem C, který zamezuje nitrosacidusitanům (zredukovaných dusičnanů) na karcinogenní nitrosaminy. Příjem čerstvé zeleniny tedy není z pohledu karcinogenity tak nebezpečný, jak by se mohl jevit. Jinak je to ovšem se zeleninou, která se uchovávaná skladuje (např. špenát). Varem ztratí vitamín C, skladováním redukuje část dusičnanů a dusitanů a nicpak nebrání nitrosaci na karcinogenní nitrosaminy. Obsah dusičnanů a dusitanů v uzeninách je přísně limitován, nicméně protože se opět jedná většinou o dusitanové při absenci vitamínu C, je nutno se jich buďto vyvarovat nebo jejich příjem alespoň velmi omezit (Prugara Hadačová, 1995).

Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnan pouze v listové zelenině a dříve v živočišné. Přípustná množství dusičnanů v ostatních druzích zeleniny a v bramborách jsou uvedena ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. Limity uvedené v právních předpisech ČR se však vztahují pouze na domácí produkci komodity dovážené z třetích zemí.

5.5 Limity pro obsah nitrátů v zeleninách (Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č.53/2002):

Potravina	Nejvyšší přípustné množství (mgNO₃⁻.kg⁻¹)	Přípustné množství (mgNO₃⁻.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 salátů 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	

6 Metodika

6.1 Stanovení dusičnanů iontově selektivní elektrodou (ISE)

Stanovení dusičnanů v rostlinném materiálu patří k nejčastěji prováděným analýzám pomocí iontově selektivní elektrody vůbec.

SEMLER a kol. (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 použití metody.

Při nepřímé 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 pravená 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 z filtrovaného extraktu.

6.2 Odběr vzorků

Vzorky byly odebírány z obchodních domů Tesco, Kaufland a Globus v Českých Budějovicích. Z každého obchodního domu bylo vždy odebráno několik vzorků každého druhu zeleniny.

Zeleniny tradičně rozdělujeme na skupiny 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. Jako zástupce kořenové zeleniny byla zvolena mrkev, petržel, ředkvička, celer a košťáloviny reprezentuje kedluben. V každém obchodním domě byly odebrány vzorky brambor.

Získané vzorky byly co nejrychleji pečlivě označeny a zmrazeny na teplotu -18°C , při které byly uchovány až do následného vyhodnocení v laboratoři. Nikdy nedéle než 14 dní.

6.3Příprava vzorků pro měření

Příprava vzorku pro vlastní měření představuje stejně jako pro ředcházející fáze vzorkování, dopravy a skladování vzorku, nedílnou součástí celého komplexu analytické práce. Zelenina se pokrývá promísí. Získá se tak reprezentativní vzorek, který má dle SEMMLERA *akol.* (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 navážejí 3–5 g hmoty, která se smíchá s 50 ml extrakčního roztoku a zhomogenizuje se v mixéru. Otázka homogenity vzorku je jednou ze základních vanalytické obecně a vanalyze biologických materiálů vč. zvlášť. Příměsí souvisí přesnost stanovení, neboť u málo homogenního vzorku se zvětšuje hodnota směrodatné odchylky výsledku (SEMMLER *akol.*, 1990).

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

Příprava extrakčního roztoku

Vodměrnébaňce 1000 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 pro 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 1000 ml destilovanou vodou. Tento roztok byl pro měření použit.

6.4 Vlastním měření vzorku

Filtrát se okamžitě umístí do měřicího buňky referenční kalomelové elektrody sdvojitým solným mostem. Po ustálení elektrochemického 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 (Semlerakol., 1990).

Kalibrační křivky se sestaví pomocí standardních roztoků (alespoň dva), které se připraví ředěním zásobního roztoku o koncentraci 1000 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 nejprve standardovyšší koncentraci NO_3^- . Pro kontrolu reprodukovatelnosti a přesnosti stanovení obsahu nitrátů bylo u několika vzorků provedeno opakované měření téhož vzorku.

6.5 Výpočet koncentrace NO_3^- z 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. Nejprve bylo potřeba zadat hodnoty naměřených standardů, navážku analyzovaného vzorku zeleniny a naměřené hodnoty daného vzorku v mV.

Matematická metoda vychází z rovnice přímky:

$$y = kx + q \quad y \dots \dots \text{hledaná koncentrace v ppm (mg.kg}^{-1}\text{)}$$

$$k = (\log y_2 - \log y_1) / (x_2 - x_1) \quad x \dots \dots \text{potenciál v mV}$$

$$q = \log y_1 - kx_1 \text{ nebo } k, q \dots \dots \text{parametry přímky}$$

$$q = \log y_2 - kx_2 \quad x_1, x_2 \dots \dots \text{potenciál kalibračních roztoků (mV)}$$

$y_1, y_2 \dots \dots$ koncentrace kalibračních roztoků
(ppm)

$$\text{hledaná koncentrace v ppm: } (10^x)y = kx + q$$

$$\text{výpočet: } \text{mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1} = (a.5) / z.10000$$

a.....vypočtená hodnota v ppm

z.....navážka vzorku v mg

7 Výsledky a diskuse

7.1 Celkový počet nadlimitních vzorků

Pro stanovení dusičnanů bylo v termínu od června 2007 do října 2008 odebráno a následně vyhodnoceno 133 vzorků z 5 druhů zeleniny a brambor. Celkový počet analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a počet vzorků u nichž byly zjištěny nadlimitní koncentrace dusičnanů jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. č. 5: Početní zastoupení analyzovaných vzorků jednotlivých druhů zeleniny a jejich průměrné obsahy dusičnanů v mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty

komodita	n	N+	%N+	průměr	medián	max	min	sm.odch
mrkev	24	0	0	127,40	104,60	586,56	1,34	117,45
petržel	23	0	0	128,75	84,23	557,23	1,34	120,36
celer	23	7	30	394,40	120,99	1856,18	3,66	480,46
brambor	24	4	17	219,32	179,58	562,99	6,17	178,84
kedluben	19	8	42	797,74	510,93	3166,33	46,43	851,13
ředkvička	20	8	40	1706,46	694,89	6762,49	13,67	2031,57
celkem	133	27	20					

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

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

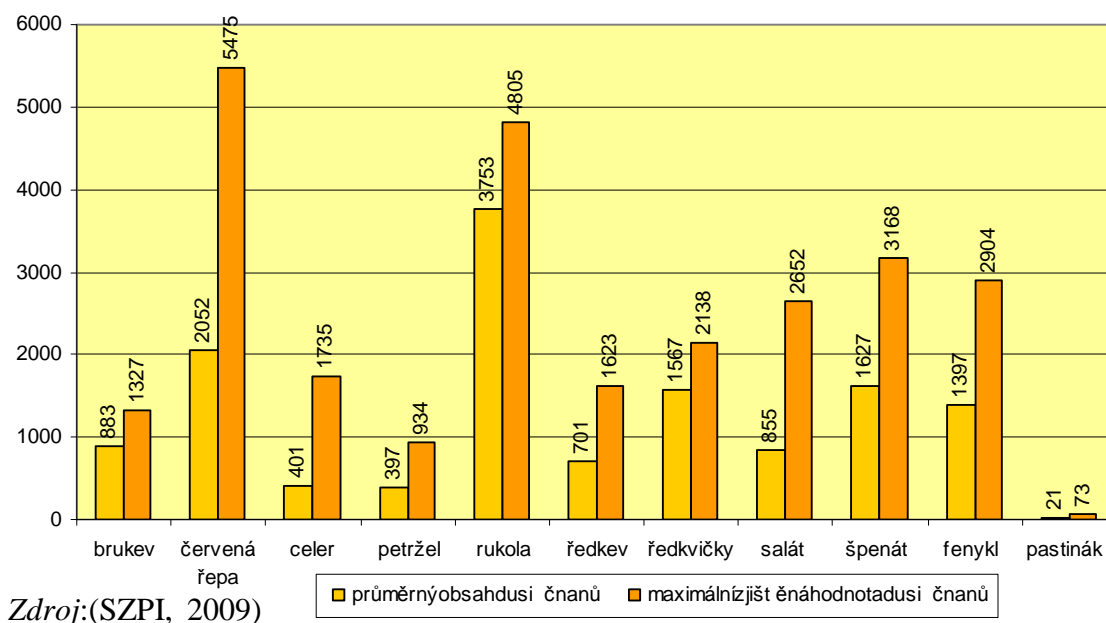
V roce 2008 provedly oblastní laboratoře SZPI na základě požadavku usnesení vlády č. 810/1998 (Akční plán zdraví a životního prostředí) měření cizorodých látek v potravinách. Při sestavování monitoringu dusičnanů v potravinách v roce 2008 byly zohledněny následující předpisy a dokumenty: Nařízení Komise 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 v četně české výživy na bázi ovoce a zeleniny. Z toho celkově bylo zjištěno pouze u 4 vzorků přítomnost dusičnanů detekována (SZPI, 2009).

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

Graf 2: Průměrný obsah a maximální zjištěná hodnota dusičnanů v jednotlivých druzích zeleniny ČR v roce 2008 (hodnoty v mg NO₃⁻.kg⁻¹)



Tabulka 6: Obsah dusí čnanů v zelenině (hodnoty v mg NO₃⁻.kg⁻¹)

Analyt	n	pozi t	% pozit	N +	%N +	průmě r	mediá n	90% kv.	min	max
Celer	9	7	77,78	0	0	400,86	282	1735	n.d.	1735
Červená řepa	10	10	100	0	0	2051,7	1757	4165,5	491	5475
Brukev	11	11	100	0	0	882,64	992	1306,5	110	1327
Fenykl	6	6	100	0	0	1397,1	7	1251	2904	348 2904
Pastinák	4	2	50	0	0	21,03	5,4	73,30	n.d.	73,3 0
Petržel	6	6	100	0	0	396,68	343,5	934	91,1	934
Rukola	2	2	100	0	0	3752,5	3752,5	4805	270	0 4805
Ředkev	10	10	100	0	0	700,5	620	1515,5	107	1623
Ředkvičky	11	11	100	0	0	1568,7	3	1720	2129	893 2138
Salát	11	11	100	0	0	855,36	657	2041	117	2652
Špenát	10	10	100	3	30	1627,2	1532,5	3070,5	45	3168

Zdroj: (SZPI,2009)

Tabulka č.7 ukazuje zjištěné hodnoty dusí čnanů dle SZPI, 2009 ve vzorcích brambor. Naměřené hodnoty se pohybovaly od 64 do 261 mg NO₃⁻.kg⁻¹, přičemž průměrná hodnota činila 163 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Maximální limit pro obsah dusí čnanů v bramborách není právním předpisem stanoven.

Tabulka 7: Obsah dusí čnanů v bramborách (hodnoty v mg NO₃⁻.kg⁻¹)

Analyt	n	pozit	%pozit	N+	%N+	průměr	med.	90%kv.	min	max
Dusičnany	9	9	100,00	0	0,00	136,63	139	261	63,7	261

Zdroj: (SZPI,2009)

7.2 Kořenová zelenina

Po listových a řapíkatých druzích zeleniny je u kořenových zelenin nejvyšší nebezpečí výskytu vysokého obsahu dusičnanů (PEKÁRKOVÁ, 2004).

Vyhláška č. 53/2002 Sb. stanovuje maximální povolené množství dusičnanů pro kořenovou zeleninu (mrkev, petržel, celer) $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. U ředkvičky je maximální povolený limit $1500 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

V rámci těchto druhů zeleniny bylo odebráno 24 vzorků mrkve, 23 vzorků petržele, 23 vzorků celeru a 20 vzorků ředkviček. Nadlimitní obsah dusičnanů, jak ukazuje tabulka č. 8, byl naměřen u sedmi vzorků celeru a 8 vzorků ředkviček, což je procenticky 30% u celeru a 40% u ředkviček.

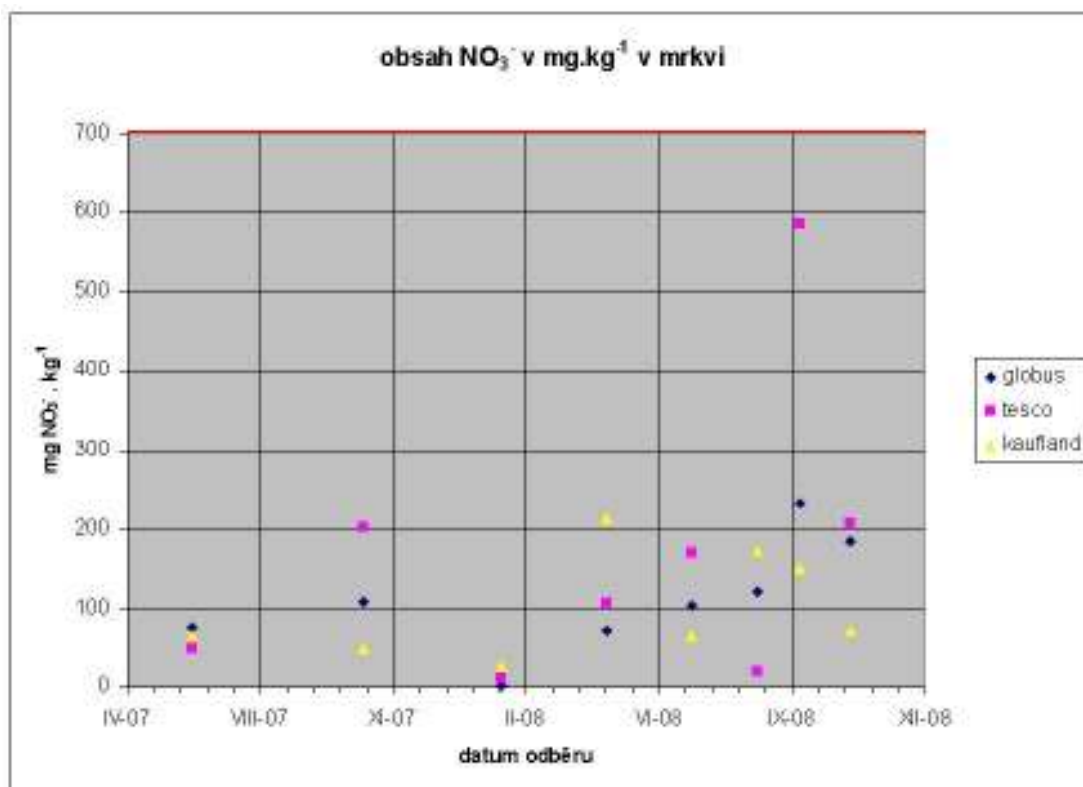
Tabulka 8: množství dusičnanů v kořenové zelenině v $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$

komodita	N	N+	%N+
mrkev	24	0	0
petržel	23	0	0
celer	23	7	30
ředkvička	20	8	40
celkem	90	15	16,6667

7.2.1 Mrkev

Oddubna 2006 do října 2008 bylo odebráno celkem 24 vzorků mrkve, z nichž přípustný limit $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ uváděný již zmíněnou vyhláškou nepřesahoval žádný. Nejvyšší naměřená hodnota byla z obchodního domu Tesco z dne 15. 9. 2008 a to $586,5556 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, nejvyšší průměrná hodnota ve všech vzorkůch nemá vysoké směrodatné odchylnou vypovídací schopnost. Nejlepší soubor vystihuje medián, který činí $104,598 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Měřené hodnoty obsahu dusičnanů ve směsných vzorcích mrkve znázorňuje graf č. 3.

Graf č.3 Obsah dusičnanů v mrkvi v období od dubna 2006 do října 2008



Smolená a Sady (2007) uvádějí ve své práci z let 2003–2005 závislost hnojení různými typy a druhy hnojiva na množství dusičnanů v mrkvi. Při aplikaci hnojiva na list nedochází k výraznějšímu vstřebávání dusičnanů do rostliny než ve formě hnojení napůdu.

Průměrná hodnota dusičnanů naměřená od Smolená a Sady (2007) byla při aplikaci na list $153,1 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ a $138,5 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ při aplikaci na půdu. Ve srovnání s množinou naměřenou pro průměrnou hodnotou $127,4 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ lze předpokládat u mnohých vzorků menší množství dusičnanů.

Mrkev je považována za jednoho z nejzávažnějších původců vzniku dětské methemoglobinémie. Mrkvové odvary jsou podávány kojencům při střevních onemocněních a dusičnany přítomné ve vyšších množstvích jsou tak přímo infiltrovány do nemocného organismu (PUGARA H ADAČOVÁ 1995).

Dle FLOHROVÉ (1997) by hnojení mrkve používané pro potravinářské účely, zejména do dětské výživy, mělo být omezeno na $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

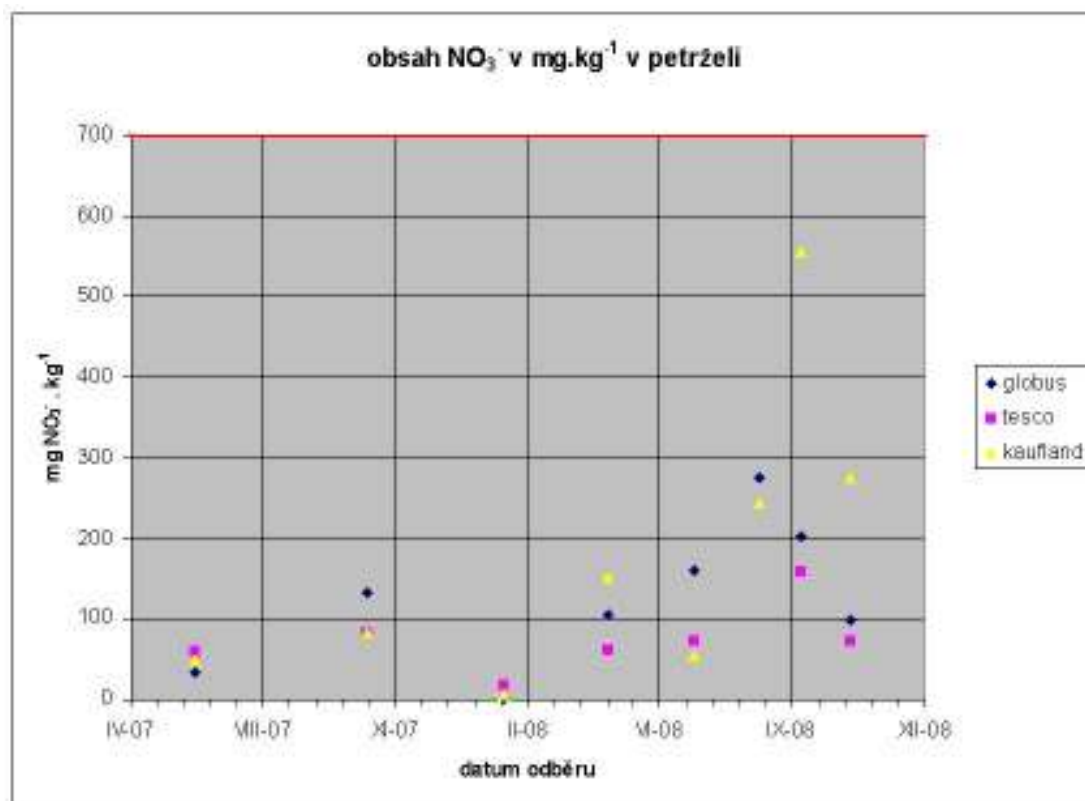
DRLÍKA ROGL (1992) ve své práci nazákladě čtyřletých pokusů uvádějí, že hnojení dusíkem nemá podstatný vliv na výnos konzumní mrkve. Při zásobě N_{min}

vp údě odpovídající 40 kg N.ha⁻¹ v jejich pokusech nebyla nutná další aplikace dusíkatých hnojiv. Obsah dusičnanů se p řitom pohyboval okolo 280 mg NO₃⁻.kg⁻¹ v čerstvé zelenin ě. Se stoupajícími dávkami dusíku do 100 kg.ha⁻¹ vzr ůstal obsah dusičnanů až na 770 mg NO₃⁻.kg⁻¹ v čerstvé zelenin ě, p řičemž vzestup byl nerovnoměrný.Mnohemvícenežhnojeníseuplat ňovalvlivro čníku.

7.2.2 Petržel

Obsahy dusičnanů v petrželi byly stanoveny stejn ě jako u ostatních vzork ů směsným vzorkem sd řeňové a korové části. Celkem bylo v daném období odebráno a následn ě analyzováno 23 vzork ů petržele. Nevyhovující hodnoty nebyly zjišt ěny ani v jednom p řípadě, maximální obsah dusičnanů byl stanoven 15.9.2008 z vzorku zobchodního domu Kaufland a to množstvím 557,228 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Což vyjad řuje 79,6% nejvyššíhopovoleného limitu vyhláškou č.53/2002Sb., který je stanovena 700 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Naopak nejnižší hodnota byla nam ěřena 4.2.2008 u vzorku zobchodního domu Globus a to množstvím 1,33 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Díky t ěmto velkým výkyvům není aritmetický p řůměr op ět tou nejvýstižn ější statistickou funkcí. Lépe celý soubor vystihuje medián, který je 84,231 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Nam ěřené hodnoty dusičnanů sm ěsných vzork ů petržele jsou znázorn ěny v grafu č.4.

Graf č.4 Obsah dusičnanů v petrželi za období od dubna 2006 do října 2008

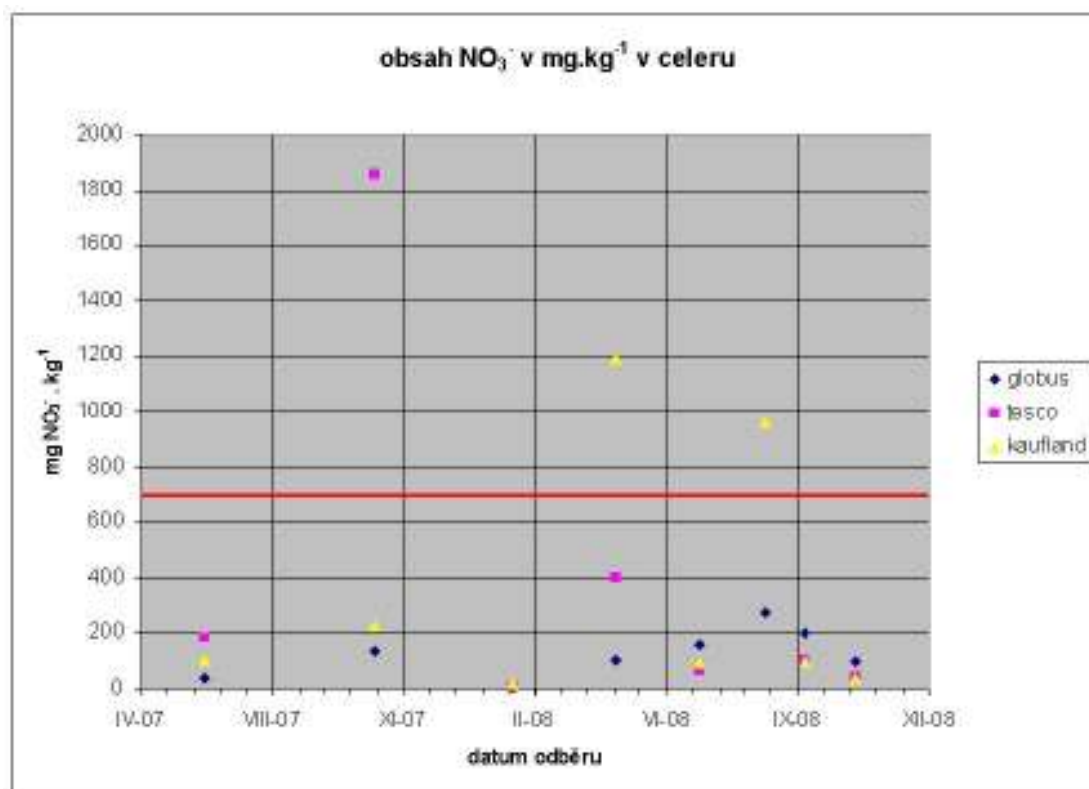


Inspektory oblastní laboratoře SZPI byl kontrolován obsah dusičnanů u 8 vzorků petržele v roce 2007 a 6 vzorků v roce 2008. V obou letech byla naměřena hodnota vyšší než povolený limit. V roce 2006 byla naměřena maximální hodnota 1128 mg NO₃⁻·kg⁻¹. Minimální hodnota v daném období byla 20,3 mg NO₃⁻·kg⁻¹. Průměrnou hodnotu z 8 naměřených vzorků byla hodnota 479,03 mg NO₃⁻·kg⁻¹ s mediánem 500 mg NO₃⁻·kg⁻¹. V roce 2008 byla situace poznání lepší. Maximální naměřená hodnota byla 943 mg NO₃⁻·kg⁻¹, minimální hodnota u šesti naměřených směrných vzorků byla 91,1 mg NO₃⁻·kg⁻¹. Průměrnou hodnotou bylo 396,68 mg NO₃⁻·kg⁻¹ s mediánem 343,5 mg NO₃⁻·kg⁻¹. V porovnání s výsledky měření z veřejných laboratoří SZPI jsou mnou naměřené hodnoty obsahu dusičnanů v petrželi mnohem nižší ve srovnání s mediány jsou 20% hodnot naměřené SZPI.

7.2.3 Celer

Také u celeru byly obsahy dusičnanů zjištěvány u 7 vzorků z periferie a dříve kořene. Nevyhovující obsah dusičnanů v celeru byl naměřen u 7 vzorků z celkových 23 naměřených což odpovídá procentuální hodnotě 30%. Nejvyšší naměřená hodnota $1856,18 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ byla stanovena dne 23.10. 2007 v obchodním domu Tesco. Nejnižší hodnotou dusičnanů v celeru byla hodnota $3,66 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Ke zhodnocení celého souboru bych zvolil aritmetický průměr, který činí $394,403 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny v grafu č.5.

Graf č.5 Obsah dusičnanů v celeru za období dubna 2006 do října 2008



SZPI provedla v roce 2007 a 2008 rovněž měření dusičnanů v celeru, jejichž výsledky uvedla ve svých zprávách. V roce 2007 bylo zkoumáno 10 vzorků. Aritmetický průměr výsledků těchto měření je $609,2 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. U vzorku s nejnižším obsahem dusičnanů byla naměřena hodnota $65 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, maximem byla hodnota $1615 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, což odpovídá překročení stanoveného limitu o 130%. V roce 2008 bylo analyzováno 9 vzorků, průměrná hodnota byla

400,86 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Medián byl vyjádřen hodnotou 282 mg NO₃⁻.kg⁻¹. SZPI dále ve své zprávě uvádí maximální naměřenou hodnotu z roku 2008 a tou je 1735 mg NO₃⁻.kg⁻¹, což odpovídá překročení limitu o 147%. Porovnáním obsahu dusičnanů v mém měření s výsledky z laboratoří SZPI jsou hodnoty dusičnanů v celkové vzorkův SZPI jen v průměru o 10% vyšší.

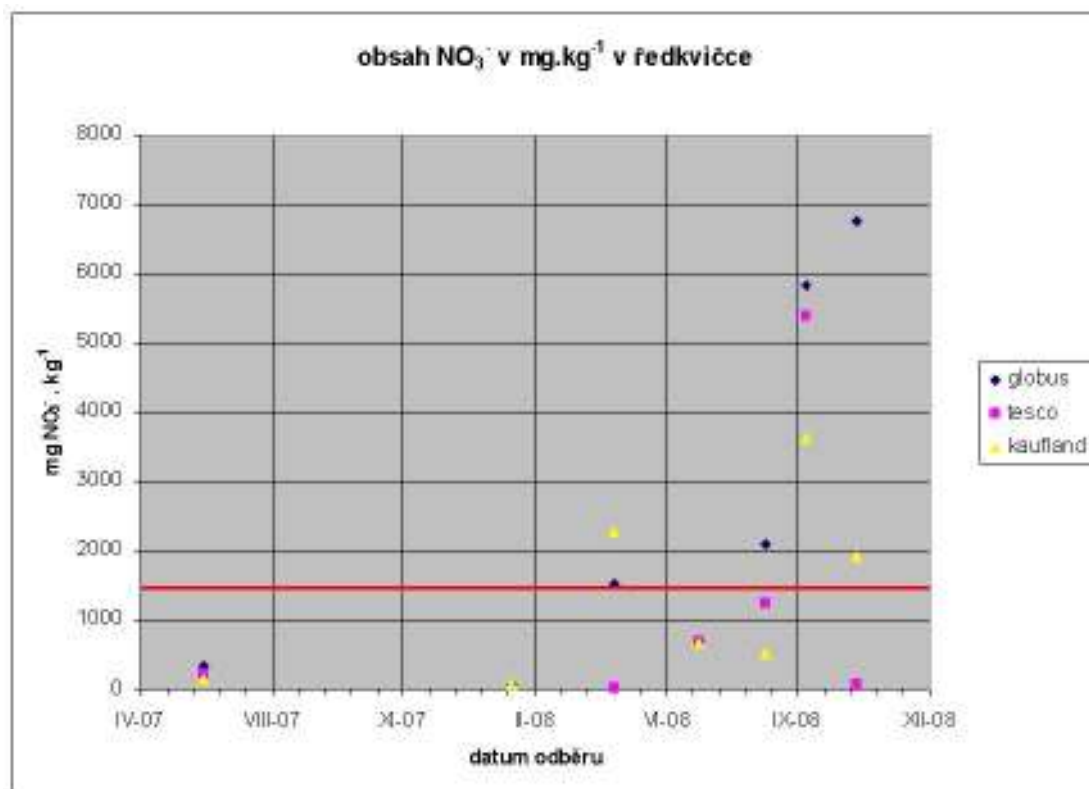
Důvodem vysoké kontaminace dusičnany v celku může být přehnojování (iorganickým hnojivem) nebo přestování celku na půdách s vysokým obsahem dusíku v podkladních vrstvách.

Překročení přípustného limitu v několika případech u kořenové zeleniny může souviset s tím, že kořenová zelenina má sklon ke kumulaci nitrátů (Š INDELÁŘOVÁ, 1985).

7.2.4 Ředkvička

Podle schopnosti akumulovat dusičnany zařazuje V ELÍŠEK (1999) ředkvičku do skupiny zeleniny s vysokým obsahem dusičnanů (nad 1000 mg NO₃⁻.kg⁻¹). Vzhledem k sezónnosti daného druhu bylo analyzováno pouze 20 vzorků, z nichž 8 přesahovalo limit 1500 mg NO₃⁻.kg⁻¹ stanovený vyhláškou č. 53/2002 Sb. Maximální naměřenou koncentrací dusičnanů ve vzorcích ředkviček byla hodnota 6762 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Minimální hodnotou byla 13,66 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Průměrem ze zkoumaných vzorků je 1706,46 mg NO₃⁻.kg⁻¹, což je o 13% více než povolený limit. Hodnoty měřených vzorků jsou uvedeny v grafu č. 6.

Graf č.6 Obsah dusí čnanů v ředkvičkách za období od dubna 2006 do října 2008



SZPI uvádí v roce 2007 průměrnou hodnotu dusí čnanů v 10 vzorcích ředkviček 1371,9 mg NO₃⁻.kg⁻¹ což odpovídá 91,46% maximálního limitu stanoveného vyhláškou o 24% nižší než je stanoveno v průměru. V roce 2008 stanovila SZPI nárůst obsahu dusí čnanů v 11 měřených vzorcích o 14,35% tedy na hodnotu 1568,73 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Maximálními hodnotami v letech 2007 a 2008 byly 1705 mg NO₃⁻.kg⁻¹ a 2138 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

P RUGAR a H ADAČOVÁ (1995) uvádějí výsledky sledování, kde zkoumali vliv amoniakální formy dusíkaté výživy (0, 50, 100, 200 a 400 mg N.l⁻¹) se současnou aplikací inhibitoru nitrifikace N-serve v nádobovém pokusu ředkvičkou. Nejlepší výsledky byly dosaženy při dávce 200 mg bez ohledu na zdroj dusíku. Vyšší dávky dusíku stimulovaly vícerozvětvení nadzemních částí žebulviček. Obsah celkového dusíku v jedlých částech stoupal se zvyšující se dávkou dusíkatého hnojiva, a to více při aplikaci ledkové formy. Obsah nitrátového dusíku v ředkvičce se zvyšoval se stoupající dávkou dusíku a se zhoršením světelných podmínek, hlavně na podzim. Hnojení amonnými solemi, zvláště při současném působení N-serve, způsobilo významný pokles akumulace dusí čnanů.

Laboratorně bylo dokázáno snížení obsahu dusičnanů v ředkvičkách použitím 5% roztoku sacharózy při aplikaci na listy 12 dní před sklizní. (P. RUGAR a HADAČOVÁ, 1995).

7.3 Košťálová zelenina

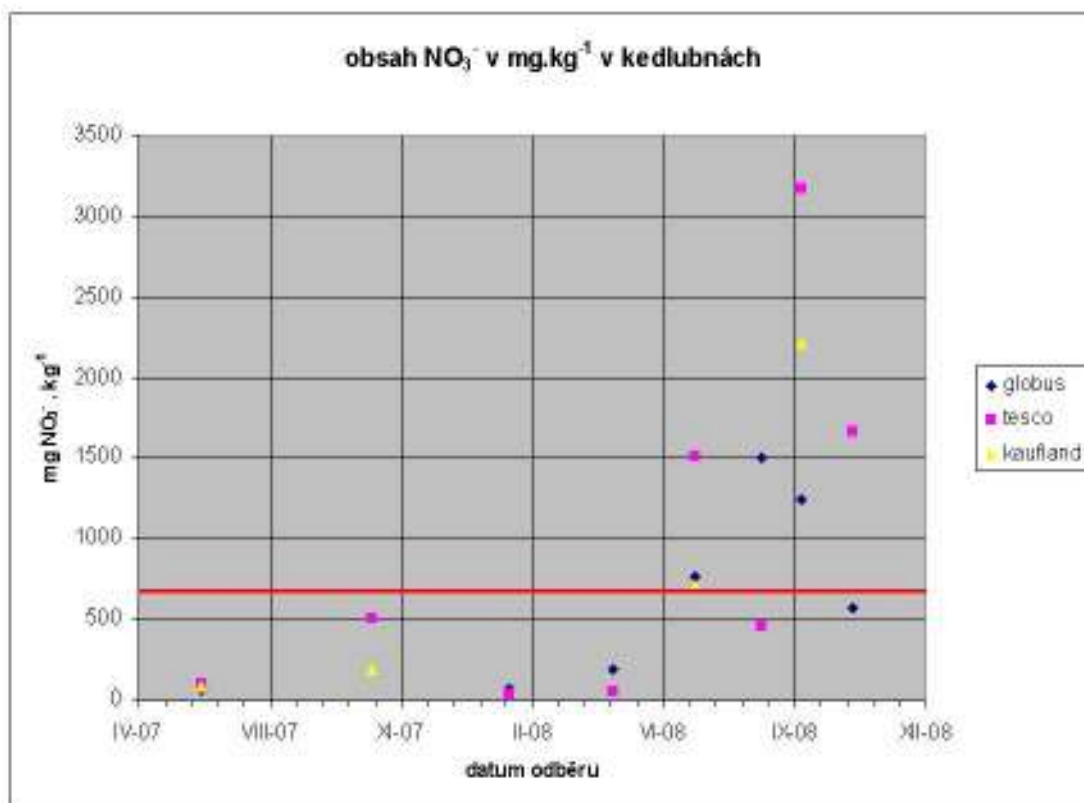
Košťálová zelenina zaujímá téměř 40% objemu tržní produkce. Nejvíce se pěstují zelí, květák, kapusta a kedlubny.

V příloze 2 vyhlášky č. 53/2002 Sb. je uvedena hodnota nejvyššího přípustného množství dusičnanů pro košťálovou zeleninu $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Z košťálové zeleniny byl vybrán pouze kedluben, který je kvýššímu obsahu dusičnanů nejvíce náchylnější.

7.3.1 Kedluben

U kedlubny bylo odebráno a následně analyzováno celkem 19 vzorků, z nichž 8 nevyhovělo povolenému limitu $700 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, což představuje 42%.

Maximální množství dusičnanů bylo naměřeno ve vzorku z 15.9.2008, který byl odebrán v obchodním domě Tesco. Na protitomu minimální obsah dusičnanů byl pouze $46,43 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ ze dne 4.2.2008 z téhož obchodního domu. Vzhledem k vysoké směrodatné odchylce je aritmetický průměr $797,45 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ značně nepřesný a ke statistickému vyhodnocení skupiny vzorků nevyhovující. Lépe celou skupinu vyjadřuje medián, který činí $510,927 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$. Naměřená množství $\text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty v kedlubnách většinou nepřesně maximálního povoleného limitu, jenž znázorňuje červená čárka, zobrazuje graf č.7.



SZPI zkoumá množství dusičnanů v zelenině v celkem 116 vzorcích z 13 druhů zeleniny. Vzhledem k tomu, že dusičnany jsou nejvíce nebezpečné pro kojence. Vybírají se pro analýzy především druhy zeleniny, které se používají pro výrobu dětské výživy. Dotyčné druhy zeleniny se kedlubna obecně košťáloviny neřadí.

Bendíková (2007) ve své práci uvádí naměřené hodnoty u kedlubny bílé oblastní laboratoří SZPI z roku 2006 ve dvou odebraných vzorcích. V jednom případě je obsah dusičnanů pod $10 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, ve druhém případě bylo naměřeno $681 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$.

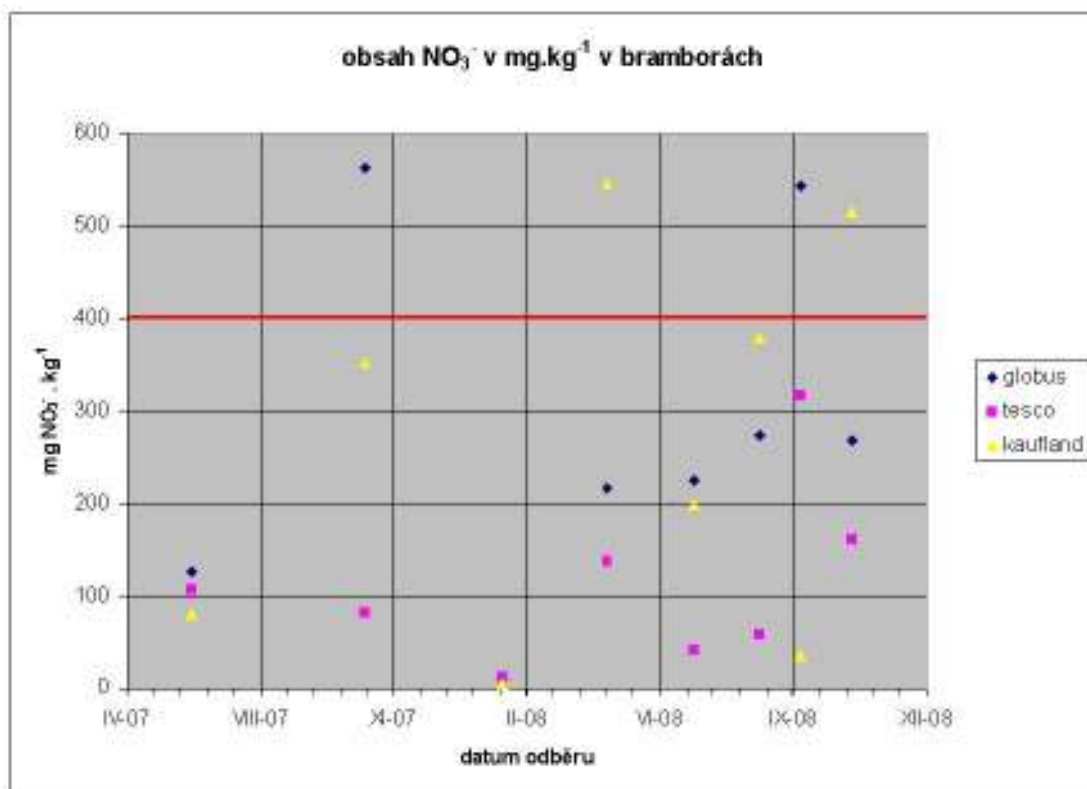
Průměrný obsah dusičnanů ve vzorcích kedlubnů v období od dubna 2005 do února 2007 byl $1144 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$, což odpovídá o 47% vyšší koncentraci než v průměrně v letech 2006 až 2008.

7.4 Brambory

U brambor byly zjištěny nevyhovující nálezy dusičnanů u 4 vzorků, což představuje 17% zkontrolovaného množství. Povolený limit $400 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ byl překročen v maximálním naměřeném případě z 23.10.2007 o $163 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$,

což je překročení limitu o 45,75%. Průměrný obsah dusičnanů ze všech analyzovaných vzorků je 219,31 mg NO₃⁻.kg⁻¹ a minimální hodnotou je obsah 6,16 mg NO₃⁻.kg⁻¹ ze dne 4.2.2008 z obchodního domu Kaufland. V grafu číslo 8 jsou uvedeny všechny naměřené hodnoty včetně maximálního povoleného limitu.

Graf č.8 Obsah dusičnanů v bramborách za období od dubna 2006 do října 2008



U komodity konzumní brambory bylo laboratoří SZPI v roce 2007 odebráno a následně analyzováno 10 vzorků brambor. U žádného z těchto vzorků nedošlo k překročení povoleného limitu. Maximální obsah dusičnanů je vyjádřen hodnotou 260 mg NO₃⁻.kg⁻¹ a hodnota minimální 30,9 mg NO₃⁻.kg⁻¹. Průměr z těchto deseti vzorků činil 153 mg NO₃⁻.kg⁻¹.

Dle Míči, Vokála a Penka (1991) jsou brambory řazeny mezi rostlinné produkty s relativně nízkým obsahem dusičnanů (od 0 do 300 mg NO₃⁻.kg⁻¹ čerstvé hmoty). Při hodnocení brambor jako zdroje dusičnanů je třeba přihlídnout k tomu, že přípustné limity koncentrace dusičnanů jsou vztaženy na bramborové hlízy jako celek a není uvažováno, že brambory nejsou konzumovány syrové, ale podléhají různým způsobům kuchyňských úprav, při nichž dochází ke změnám obsahu dusičnanů. Vlivem loupání se snížil obsah v bramboru o 34 – 43 %.

To je způsobem kumulací dusičnanů ve slupce v poměru k dužnině 1 : 1,6–3,6 dle odrůdy.

6 Závěr

Současná evropská legislativa stanovuje limity pro dusičnanů pouze v listové zelenině a dříve české výživě. Přípustná množství dusičnanů v ostatních druhích zeleniny a v bramborách jsou uvedena ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. Laboratoře Státní zemědělské a potravinářské inspekce provádějí měření pouze v malých frekvencích a zaměřují se na druhy, které jsou nejvíce náchylné na kumulaci dusičnanů a zeleninové škůtle vyskytující v české výživě.

Cílem této práce bylo přispět ke sledování obsahu dusičnanů v běžných druhích zeleniny a v bramborách nabízených v obchodní síti v obchodní síti v České Budějovicích. Obsah nitratů byl zjišťován v letech 2006–2008.

Analýza byla provedena u 133 vzorků z 5 druhů zeleniny a brambor. Podle vyhlášky 53/2002 Sb. nevyhovělo limitům 27 vzorků, což představuje 20% z kontrolovaného množství.

Z naměřených výsledků, které vycházejí z tabulky č. 5, vyplývá, že v obchodní síti v České Budějovicích byly nejvíce rizikové vzorky kedlubny (42% nevyhovujících vzorků) a ředkviček (40% nevyhovujících vzorků). Větší počet nevyhovujících vzorků byl zjištěn také u celeru (30%) a brambor (17%).

Při posouzení četnosti překročení limitů v porovnání mezi obchodními domy Globus, Tesco, Kaufland bylo nejvíce nadlimitních vzorků odebráno z obchodního domu Globus a nejméně pak z obchodního domu Tesco.

Koncentrace dusičnanů ve vzorcích sledované zeleniny odpovídají údajům udávaným v literatuře (FLOHROVÁ 1990, VELÍŠEK 2002).

Zvláštního měření mohu vyhodnotit mrkev a petržel jako druhy s nižší kumulací dusičnanů. Nejvyšší naměřená hodnota u mrkve byla $586,5 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, což odpovídá 83,8% povoleného limitu. Nejvyšší naměřená hodnota u petržele byla $557,2 \text{ mg} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, což je 79,6% povoleného limitu.

Ipřes zjištění nadlimitního množství dusičnanů v několika vzorcích zeleniny a brambor nelze spatřovat, ipřijich větších konzumaci, potenciální riziko pro lidské zdraví. Jakákoliv kuchyňská úprava zeleniny a brambor snižuje obsah dusičnanů. Mezinárodní zdravotnická organizace (WHO) považuje za akceptovatelnou denní dávku (ADI) (**ADI** = Acceptable daily intake) pro dusičnany $0 - 3,7 \text{ mg}$ na kg

tělesné hmotnosti dospělého člověka. Toxickou by se stala například konzumace 4kg čerstvých ředkviček nebo 8kg kořenové zeleniny při obsahu nitrátů u hranici povolených limitů. Konzumace takového množství je však velmi málo pravděpodobná. Naprosto jiná situace vystává u malých dětí a zejména kojenců, kde je za toxickou dávku považováno 100 mg dusičnanů a je zde vysoké riziko alimentární methemoglobinémie.

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

Obecně lze říci, že pěstované více než 20% vzorků překročilo povolený limit dusičnanů, je předpokládáný pozitivní vliv spotřeby zeleniny významnější než potenciální riziko plynoucí z možného předávkování dusičnany. Zelenina proto i nadále představuje významnou složku lidské výživy a nebylo by správné její příjem omezovat.

K zamezení distribuce vyhovující zeleniny a brambor do obchodní sítě je nutné provádět pravidelné kontroly dodavatelů a větší legislativní zázemí, aby se v obchodní síti nalézala pouze zelenina a brambory odpovídající stanoveným přípustným limitům.

9. Seznam použité literatury

1. ANONYM (2009B) www.soveko.cz/web/slovník/word_17/sorpce.aspx
Accessed(3.7.2009)
2. ANONYM (2009C) <http://www.spolecnostprozvirata.cz/?pg=vegeta>
Accessed(3.7.2009)
3. ANONYM(2009A) <http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76479>
Accessed28.5.2009
4. AMBERGER A., VILSMEIER K.: Hemmung der Nitrification des Güllestickstoffs durch Dicyandiamid, J. Agronomy & Crop Science, 148, BerlínaHamburg1979,239–246s
5. BIELEK, P.: Dusík v polnohospodárskych podach Slovenska. Bratislava VÚPÚ,1998,255s.
6. BIGGS B., MCVICAROVA J., FLOWERDEW B.: Velká kniha zeleniny, Volvox Globator,2004,640s
7. BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava Veda, 1989,189s.
8. Český statistický úřad: Situační a výhledová zpráva – zelenina, Ministerstvo zemědělství,2008,58s
9. Český statistický úřad: Statistická publikace,2006,32s
10. FLOHROVÁ, A.: Dusíkaté hnojení zeleniny z hlediska ekologického a nutričního. Praha, Brázda,1997,128s.
11. FLOHROVÁ, A.: Důsledky nedostatku dusíku hnojení. Praha,1996,48s.
12. HAJŠLOVÁ J., SCHULZOVÁ V., Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství, VŠCHT, Praha,2006
13. HLUŠEK, J.: Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, Praha,1996,48s.
14. INDRÁK, P.: Obsah nitrátů v sortimentu mrkve. Zahradnictví, 13.,1986,200–2005s.
15. KALÁČ P.: Organická chemie – základní část, České Budějovice, ZF JCU, 1996,145s
16. KOLÁŘ, L.: Výživa rostlin a hnojení (zvláštnosti vyšších plevelů), VŠZ Praha AFv Českých Budějovicích,1987,154s.
17. LEITGEB, S.: Mikrobiologie, VŠZ Praha 1983
18. LUNDBERG, J. a kol.: Cardioprotective effects of vegetables: Is nitrate the answer?. Nitric Oxide, 15, č.4,2006,s.359-362
19. MANSS H., MANSS F.: Absenkung des Nitratgehalte in Wurzelgemüse. Gemüse, 25,1989, č.8,377-379s.
20. MARSCHNER, H.: Einfluss von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten. Landw. Forsch., 37, Kongressband 1984, Sonderheft, 1985, č.41,16–33s.
21. MARTINA HUSÁKOVÁ, internetový zpravodaj časopisů Zahradnictví a floristika, www.zahradaweb.cz,2009

22. MAYNARD: Studium obsahu dusi čnanů brokolice (*Brassica oleracea* L. var. *Italica* Plenck) pěstovanép řir úznýchdávkáchdusíku. Collection of Scientific Papers, Fakulty of Agriculture in ČB, 2000, ro č. 19, 85–89s.
23. MÍČA B., VOKÁL B., PENK J.: Dusičnany vbramborách a možnost snížení jejich obsahu. Praha, Mze ČR, 1991, 75s.
24. MÍČA, B.: Půdní dusík, jeho formy a kumulace dusičnanů vbramborách. Úroda, ro č. 43, č. 3, 1993, 117–119s.
25. NEČAS T. a kol., Pěstitelské technologie – výživa – multimediální učební texty, Praha, 2004
26. PEKÁRKOVÁ E.: Pěstujeme zeleninu. 2000, 95s.
27. PEKÁRKOVÁ, E.: Pěstujeme zdravou zeleninu. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1992, 143s.
28. PELEŠKA S.: Zelenina na zahrádce balkóně, 1995, 71s.
29. PETŘÍKOVÁ, K.: Zelinářství (obecná část), MZLU, Brno, 1997, 58s.
30. PLHÁK, F.: Physiological and ecological aspects of nitrate and ammonium nutrition in plants. Masarykova univerzita Brno, 1998, 121s.
31. PRÁŠKOVÁ L., Kubík L., Malý S.: Kontrola monitoringu cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech dopůdy. Zpráva z roku 2005, 32s.
32. PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J. a kol.: Fyziologie rostlin. Praha, Academia, 1998, 484s.
33. PRUGAR J., HADAČOVÁ V.: Vliv agrotechniky na obsah dusičnanů v zelenině a v bramborách. ÚZPI, Praha, 1995, 52s.
34. PRUGAR J., HADAČOVÁ V.: Vliv výživy dusíkem na kumulaci dusičnanů v zelenině. ÚZPI, Praha, 1994, 59s.
35. PRUGAR, J.: Kvalita ekologicky pěstované zeleniny. Výživa a potraviny, 2000, 140s.
36. RICHTER R., HLUŠEK J.: Půdní úrodnost. ÚZPI, Praha, 2003, 44s.
37. RICHTER R., HLUŠEK J.: Výživa a hnojení rostlin – I. Obecná část, MZLU, Brno, 1999
38. RŮŽEK P., MÜHLBACHOVÁ G., SVOBODA P.: Dostupnost rizikových prvků v dlouhodobě kontaminované půdě, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 2006
39. SCHEFFER, B.: Zum Einsatz von Stickstoffdüngern mit Nitrifikationshemmern in
40. SMOLEN' S.: The effect of various nitrogen fertilization and folia nutrition regimes on the concentrations of nitrates, ammonium ions, dry matter and N-total in carrot (*Daucus carota* L.) roots, 2007
41. Státní zemědělský a potravinářská inspekce: zpráva o výsledcích plánované kontroly cizorodých látek v potravinách v roce 2008, 2009
42. ŠINDELÁŘOVÁ, J.: Obsah dusičnanů a dusitanů v zelenině. Studijní informace ÚVTIZ, Ř. ochrana a tvorba životního prostředí v zemědělství a lesnictví, 1985, č. 1, 64s.
43. TESAŘ S., Vaněk V. a kol.: Výživa rostlin a hnojení. VŠZ Praha, 1992, 151s.
44. TISDALA S. L., NELSON W. L.: Soil fertility and fertilizers. New York, 1966, 694s.

45. TLÁSKAL, P.: Aktuální problémy dětské výživy. 1. část: Výživa dětí nízkou porodní hmotností. Výživa fyziologických novorozenců a kojenců. Čs.Pediat.,47,1992, č.6,s.346-349.
46. TORMA, S.: Dusík. Nenahraditelný prvek v půdě rostlin. Agro, 10. ročník, 1, 2005, 27–29s.
47. TRENKEL, M. E.: Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture (Improving Fertilizer Use Efficiency), International Fertilizer Industry Association (IFA), Paříž, 1997
48. VANĚK V. a kol.: Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Praha, Ing. Martin Sedláček, 2002
49. VELÍŠEK, J.: Chemie potravin 3. díl. OSSIS, Tábor, 1999, 368 s.
50. VERMEULEN J., DELVAUX J., VLASSAK K.: De invloed de stikstofbemesting en de groeiomstandigheden of het nitraatgehalte voor bladgroenten. Landbouwtijdschrift, 40 1987, 859–873s.
Wassereinzugsgebieten, „gwf – Wasser/Abwasser“ 135, Mnichov 1994, 15–19s.
51. Zelinářská unie Čech a Moravy: Výroční zpráva 2008, 2009, 35s