

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**



KATEDRA  
AGROENVIRONMENTÁLNÍ CHEMIE A VÝŽIVY ROSTLIN

**Ověření systému výživy rostlin dusíkem CULTAN  
u řepky ozimé**

Doktorská disertační práce

**Doktorand: Ing. Lucie Peklová**  
**Školitel: prof. Ing. Jiří Balík, CSc.**

Praha 2014

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Ověření systému výživy rostlin dusíkem CULTAN u řepky ozimé“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne

.....

podpis

## **Poděkování**

Dovoluji si touto cestou poděkovat celému kolektivu katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, jmenovitě pak prof. Ing. Jiřímu Balíkovi, CSc., Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. a prof. Ing. Václavu Vaňkovi, CSc. za odbornou pomoc a cenné rady při zpracování této disertační práce. Současně děkuji všem, se kterými jsem během doktorského studia spolupracovala. Poděkování patří také rodině a přátelům za veškerou podporu během doktorského studia.

# OBSAH

1	ÚVOD .....	1
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	2
2.1	Metoda CULTAN .....	2
2.2	Princip metody CULTAN .....	3
2.3	Fytohormonální regulace při výživě CULTAN .....	5
2.4	Techniky aplikace hnojiv metodou CULTAN .....	7
2.5	Využití systému CULTAN u řepky ozimé v Německu .....	8
2.6	Dusík v půdě.....	9
2.6.1	Transformace dusíku v půdě .....	11
2.6.2	Specifika příjmu amonného a nitrátového dusíku.....	13
2.7	Výnosové parametry a tvorba výnosu řepky ozimé .....	16
2.7.1	Optimalizace hnojení dusíkem .....	17
2.7.2	Optimalizace hnojení sírou.....	18
2.8	Zhodnocení výživného stavu řepky dusíkem pomocí kritické zřed'ovací křivky .....	19
3	CÍL PRÁCE .....	23
4	HYPOTÉZY .....	23
5	MATERIÁL A METODIKA .....	23
5.1	Charakteristika stanovišť.....	23
5.2	Popis pokusu .....	25
5.2.1	Chemické analýzy půd .....	28
5.2.2	Chemické analýzy rostlinného materiálu .....	28
5.2.3	Hodnocení zdravotního stavu porostu.....	29
5.2.4	Statistické vyhodnocení.....	29
5.2.5	Popis průběhu povětrnostních podmínek .....	29
5.2.6	Výpočet indexu výživy dusíkem .....	31
6	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	33
6.1	Výnos semen .....	33
6.2	Dynamika tvorby nadzemní biomasy.....	36
6.2.1	Obsah sušiny v nadzemní biomase na začátku kvetení.....	36
6.2.2	Obsah sušiny v nadzemní biomase na konci kvetení .....	38
6.2.3	Dynamika nárůstu sušiny v období na počátku a konci kvetení .....	41
6.3	Obsah celkového dusíku v nadzemní biomase.....	42
6.3.1	Obsah dusíku na začátku kvetení .....	42
6.3.2	Obsah dusíku na konci kvetení.....	44
6.3.3	Změna obsahu dusíku v rostlinách řepky v období kvetení .....	46
6.4	Index výživy dusíkem .....	49

6.5	Výnosové charakteristiky porostu.....	51
6.5.1	Hmotnost tisíce semen .....	51
6.5.2	Počet a výška rostlin.....	52
6.6	Obsahy dusíku ve sklizňových produktech.....	55
6.6.1	Obsah dusíku v semeni řepky ozimé.....	55
6.6.2	Odběr dusíku semeny řepky ozimé .....	57
6.6.3	Obsah dusíku ve slámě.....	60
6.7	Obsah makroprvků v semeni řepky ozimé.....	62
6.8	Obsah makroprvků ve slámě .....	67
6.9	Obsah minerálního dusíku v půdě po sklizni řepky ozimé .....	71
6.10	Hodnocení výskytu chorob.....	77
6.10.1	Plíseň zelná.....	78
6.10.2	Plíseň šedá a hlízenka obecná .....	78
6.10.3	Fómová hniloba.....	79
6.10.4	Čerň řepková .....	79
7	ZÁVĚR .....	83
8	SEZNAM LITERATURY .....	86
9	PŘÍLOHY .....	106
9.1	Seznam příloh.....	106
9.1.1.	Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Hněvčeves .....	I
9.1.2.	Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Humpolec .....	II
9.1.3.	Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Čáslav, Ivanovice na Hané .....	III

# 1 ÚVOD

Řepka patří mezi nejvýznamnější české, evropské i světové olejninu. V roce 2010 osevní plochy řepky ozimé v České republice činily 368 824 ha a v roce 2013 osevní plochy vzrostly na 418 808 ha. Na základě zvyšování ploch ozimé řepky stoupají i náklady na ošetřování porostů během vegetace. Jedním z důležitých faktorů, kterému je nutné věnovat pozornost je správná výživa porostu. Základem dávky dusíku je nárok rostliny. Efektivní aplikace minerálních dusíkatých hnojiv musí být proto v náležitě dávce a v předstihu před zvýšenou potřebou porostu. Současná technologie výživy dusíkem u ozimé řepky vychází ze systému dělených dávek, kdy je celková dávka dusíku rozdělena na 3 až 4 dávky.

Hnojení metodou CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) je založeno na principu výživy rostliny amonným dusíkem, který je aplikován ke kořenům rostlin injektážně pomocí speciální aplikační techniky jednou za vegetaci. V místě injektáže dusíkatého hnojiva (tzv. depo), vysoká koncentrace hnojiva brání pohybu dusíku v půdě. Rostlina z tohoto depa přijímá dusíku a celou dávku dusíku je možno aplikovat v jednom pracovním procesu. Injektáž kapalných hnojiv do půdy představuje alternativu běžné aplikace hnojiv a redukuje některé nevýhody konvenčního hnojení N v praxi. Dobré výsledky hnojení touto metodou byly pozorovány u obilí, brambor i zeleniny. Týká se to jak výnosů, tak i kvality (nízký obsah dusičnanů). Výhodou použití metody CULTAN je úspora času, nákladů a menší zatížení půdy snížením počtu přejezdů v porostu.

Cílem předkládané disertační práce je zhodnocení použití metody CULTAN v technologii pěstování řepky ozimé v České republice.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Metoda CULTAN

Metoda CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) je založena na aplikaci kapalného amonného hnojiva injektážně do půdy, lokálně do blízkosti kořenů rostlin za vzniku tzv. depa. Takto vzniklá depa jsou v půdě stabilní vůči nitrifikačním pochodům vlivem toxicity amoniaku (Sommer, 2003). Pojem CULTAN vyjadřuje kontrolovaný příjem amonného dusíku rostlinami, z určitého množství nabídky (depa), který rostlina optimálně využívá (Sommer, 2005). Princip metody vychází z toho, že rostliny jsou schopné přijímat amonný dusík kořenovým vlášením, pokud jej uložíme do blízkosti jejich kořenového systému. Přímou v kořenech rostlin dochází k biosyntéze aminokyselin, které jsou následně distribuovány floémem do místa spotřeby rostliny. Profesor Sommer tuto metodu charakterizuje jako „technický postup s přesvědčivou logikou odpovídající přírodě“. Jako klady vyzdvihuje šetrné využívání půdy, vyšší účinnost hnojiv, omezení tlaku plevelů, využití asimilačního potenciálu rostlin v průběhu vegetační doby, řízení výměny asimilátů a hormonální regulaci, morfologickou stabilizaci rostlin, fyziologicky správný příjem živin, růstových a účinných látek, podporu půdního života a nižší obsah nitrátového dusíku v půdě a rostlinných produktech (Šabatka, 2001). Značnou předností tohoto systému má být zvýšené využití dusíku z dodaného hnojiva, a tím také menší množství reziduálního dusíku po sklizni plodin, což je velmi důležité z hlediska ochrany povrchových a podzemních vod (Balík et al., 2008). Aplikace hnojiv do pásů nebo lokálně zpomaluje mikrobiální aktivitu v půdě, snižuje riziko imobilizace dusíku, zpomaluje průběh nitrifikace a snižuje ztráty dusíku vyplavením nebo denitrifikací (Harapiak et al., 1993). Je odhadováno, že v intenzivní rostlinné produkci dochází k využití dusíku dodaného minerálními hnojivy v rozmezí od 50-70 % (Weisler, 1998). U metody CULTAN je účinnost dodaného hnojiva odhadována na 90-95 %. Injektáž kapalných hnojiv do půdy představuje alternativu běžné aplikace hnojiv a redukuje některé nevýhody konvenčního hnojení N v praxi. Některé výzkumy ukázaly vysoký potenciál této metody pro další vývoj a modifikaci v aplikaci dalších látek (makro a mikro živin, látek podporujících růst, popř. přípravků na ochranu rostlin) (Sommer, 2005).

Forma hnojiva a druh jeho aplikace hraje velký význam ve výživě rostlin dusíkem s ohledem na výnos a kvalitu sklizeného produktu. Dusík z hnojiv je při konvenční aplikaci v půdě v konečné fázi přeměněn na nitráty, které jsou v půdě mobilní. Tímto se zvyšuje riziko vyplavení dusíku z dosahu rostlin. Přístupnost této formy dusíku není během vegetační doby

konstantní, a proto nemůže být při povrchovém hnojení zajištěna maximální efektivita N hnojení (Kücke, 2007).

## 2.2 Princip metody CULTAN

Amonný dusík je i při nízkých koncentracích toxický jak pro rostliny, tak pro půdní organismy. U rostlin způsobuje deprese růstu, listové nekrózy až celkové odumření rostliny. Při rovnoměrném výskytu amonného dusíku v půdě nebo živném roztoku se celý kořenový systém rostliny podílí na příjmu amonného iontu a stává se toxickým, není-li ihned zabudován do organických N-látek (Sommer, 2005).

Toxicita amoniaku je známa ale práh, při kterém se projeví první symptomy toxicity, může být velmi rozdílný s ohledem na druh rostliny. Čeleď *Brassicaceae* je klasifikována jako skupina plodin citlivých na výživu amonným dusíkem (Britto et Kronzucker, 2002). Rostliny čeledi *Poaceae* jsou klasifikovány jako velmi variabilní k různým zdrojům dusíku (Cramer et Lewis, 1993; Gerendas et Sattelmacher, 1995). Výnosová deprese u citlivých druhů rostlin může kolísat od 15 do 60 % (Chaillou et al., 1986) a může způsobit dokonce jejich odumření (Pearson et Stewart, 1993). Mezi další symptomy toxicity amonného dusíku patří slabší kořenová soustava a s tím související pokles mykorhizní asociace (Boxman et al., 1991). Mnoho autorů pozorovalo po výživě amonným dusíkem ve srovnání s nitrátovým dusíkem výrazné snížení obsahu kationtů jako je draslík, vápník a hořčík (Kirkby, 1968; Boxman et al., 1991). U rostlin hnojených amonným dusíkem dochází k poklesu obsahu dikarboxylových kyselin, jako je např. malonová kyselina ve srovnání s rostlinami hnojenými nitrátovým dusíkem (Hayens et Goh, 1978), zatímco obsah aminokyselin se zvyšuje (Kirkby, 1968).

Podle Weislera (1998) se toxický účinek amoniaku může projevit za těchto podmínek: (1) ztráta epidermálního turgoru kvůli poklesu obsahu osmotitů v listech (nitrátů, organických kyselin a kationtů), (2) okyselení půdy v blízkosti kořenů, nerovnováha mezibuněčného pH nebo oba případy, (3) spotřebování karboxylových kyselin kvůli vysokému požadavku uhlíkatých sloučenin pro asimilaci amonného dusíku v kořenech rostlin.

Naproti tomu dosud získané výsledky pokusů s metodou CULTAN ukazují opak. Tyto zdánlivě různé poznatky mohou být vysvětleny rozdílným rozdělením amonného iontu v prostoru kořenů rostlin. U metody CULTAN je rostlinám poskytnut amonný iont ve vysokých koncentracích do prostoru kořenů ve speciálních depech. Tyto kořeny houstnou,



větví a zpravidla rostou z volného prostoru půdy směrem k depu. Na základě schopnosti půdy sorbovat amonný dusík je u metody CULTAN v okrajových částech depa vytvořeno difúzní pásmo. V centru depa přesahuje koncentrace amonného dusíku sorpční schopnosti půdy, na okraji depa však půda tuto schopnost má (Sommer, 2005).

Lokální aplikace amonného dusíku způsobí, že nedochází k rozšiřování poměru C:N při rozkladu organických zbytků, jako je například sláma po sklizni obilnin a omezuje se tak imobilizace půdními mikroorganismy. Uvnitř depa kvůli vysoké koncentraci amonného dusíku není možná žádná biologická aktivita. Rostliny získávají dusík jen z okrajových oblastí depa, a proto se na příjmu dusíku podílí jen menší část kořenového systému. Rostliny tedy mohou intenzivněji přijímat ostatní živiny a vodu. Výživa rostliny dusíkem je tedy dána nabídkou dusíku v depu, která je přesně určena (Scharpf et Weier, 1995). Amonný dusík je z depa přijat jen tehdy, disponuje-li rostlina dostatkem asimilátů pro okamžitý příjem amonného iontu do metabolismu dusíkatých organických látek. To tedy znamená, že za příznivých podmínek mohou rostliny přijímat více amonného dusíku (Bracht, 1998). V minulosti nebylo jasné, zda je amonný dusík kompletně asimilován v kořenech, kvůli jeho toxicitě nebo je translokován do nadzemní části (Tobin et Yamaya, 2001). Pokusy Schjoerring et al. (2002) s řepkou a rajčetem, které byly hnojeny amonným dusíkem, ukázaly, že až 11 % dusíku translokovaného xylémem představuje amonný dusík.

Příjem amonného dusíku z depa je tedy regulován asimilačním výkonem rostliny. Dusík je z okrajové oblasti depa rostlinami odčerpáván a kořeny tak prorůstají blíže k centru depa. Tímto způsobem amonný dusík pozitivně působí na růst kořenů. Po CULTAN metodě hnojení byly opakovaně pozorovány zdravější rostliny ve srovnání s rostlinami, které byly hnojeny nitrátovým dusíkem. To lze vysvětlit tím, že rostliny hnojené metodou CULTAN vykazují o 10 až 15 % vyšší obsahy sušiny než rostliny, které přijímaly nitrátový dusík. Buňky rostlin hnojených metodou CULTAN jsou často menší se silnějšími buněčnými stěnami a osmotický tlak v těchto buňkách je menší, protože tyto buňky mají kvůli nižší koncentraci nitrátového dusíku a jeho doprovodných kationtů nižší osmotický tlak (Sommer, 2005).

Příjem amonného iontu, který je rostlině k dispozici v celém prostoru kořenů se projevuje antagonisticky vůči jiným kationům. Sníží se příjem draslíku, vápníku a hořčíku. Ačkoliv příjem většiny kationtů je redukován v podmínkách amonné výživy, příjem amonné formy dusíku je sám o sobě tak vysoký, že i tak rostliny přijímají nadbytek kationtů v poměru k aniontům (Kirkby, 1968). U metody CULTAN nebylo toto potvrzeno. Toto chování je zdůvodněno tím, že u systému CULTAN se jen malý podíl kořenů nachází v úzkém prostoru

depa. Maximálně 5 % celého kořenového systému rostlin je zapojeno do tohoto antagonismu. Tento podíl kořenů je ve srovnání s celkovým příjmem kationů kořenovým systémem rostlin zcela zanedbatelný. Je dokonce zjištěno, že příjem vápníku je u CULTAN rostlin zvýšen, ve srovnání s rostlinami hnojenými nitrátem. Příjem ostatních kationtů může být dokonce při metodě CULTAN zvýšen, protože rostliny mají více vyvinutý kořenový systém oproti rostlinám vyživovaným nitrátem nebo močovinou (Sommer et al., 1987; Sommer, 2005). Nitrátový a amidický dusík je v listech a mladých částech rostliny převzat do metabolismu bílkovin. Odtamtud je transportován ve formě aminokyselin nebo amidů spolu se sacharidy k rostoucím částem rostliny, zejména k blízko ležícím mladým výhonům, bázi stonku a ke kořenům. Toto přesunutí aminosloučenin od starších listů k mladším částem rostliny podporuje stárnutí báze rostlin a její zvýšenou citlivost k chorobám (Sommer, 2003).

### **2.3 Fytohormonální regulace při výživě CULTAN**

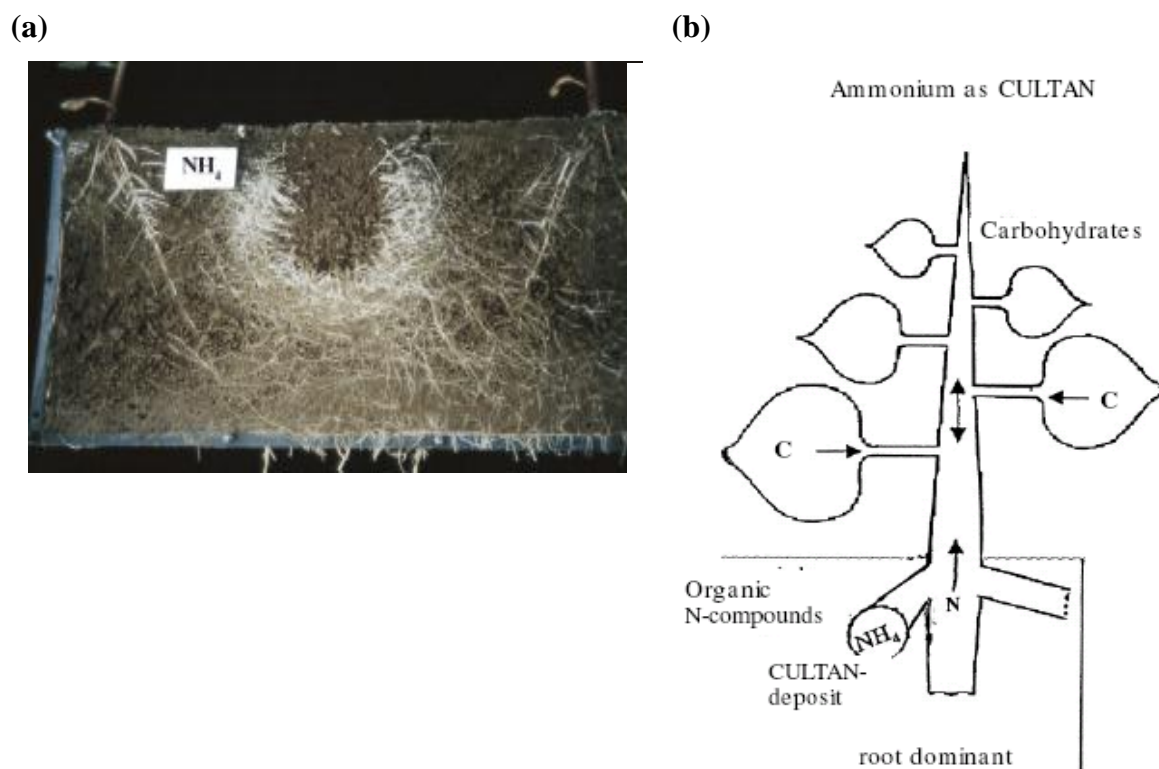
Fytohormony stimulují nebo inhibují růst rostlin nebo mohou regulovat jejich vývoj (Fosket, 1994). Růstové regulátory jsou účinné ve velmi nízkých koncentracích. Každý z fytohormonů ovlivňuje několik často odlišných procesů a naopak, týž proces bývá ovlivněn větším počtem různých látek. Fytohormony jsou účinné pouze ve vazbě s receptorem, látkou bílkovinné povahy (Procházka et al., 2003).

Environmentální faktory jako například minerální výživa, mají vliv na hormonální bilanci, která reguluje růst rostliny (Amzallag et al., 1992). Forma a koncentrace dodaného dusíku má významnou roli v syntéze endogenních cytokininů (Smiciklas et Below, 1992; Wagner et Beck, 1993). Cytokiny hrají klíčovou roli v regulaci, proliferaci a diferenciaci rostlinných buněk. Ovládají růst a vývoj rostliny, ale také například zpoždění senescence (Gan et Amasino, 1995), kontrolují poměr nadzemní hmoty/kořeny v rostlině (Werner et al., 2001), přenášejí nutriční signály (Samuelson et Larsson, 1993), a zvyšují produktivitu plodiny (Ashikari et al., 2005).

„Kořenově dominantní systém výživy“ s optimalizovaným růstem kořenového systému vůči vrcholu vzniká aplikací amonného dusíku CULTAN metodou. Během vegetace amonný dusík pozitivně ovlivňuje syntézu cytokininů ve špičkách kořenů, vůči auxinům a gibberelinům syntetizovaným ve výhonech (Obr. 1). Zvýšený počet kořenových špiček, který byl často pozorován, tak může vést ke zvýšené produkci cytokininů u rostlin hnojených dusíkem s převahou amonné formy a zároveň změnit poměr růstu kořeny/nadzemní biomasa

ve prospěch nadzemní biomasy (Gerendas et al., 1997). Předchozí studie ukázaly úzkou korelaci mezi výživou dusíkem a obsahem cytokininů v tabáku (Singh et al., 1992), ječmeni (Samuelson et Larsson, 1993) a kukuřici (Takei et al., 2001). Rostliny hnojené amonným dusíkem pomocí metody CULTAN tvoří podstatně větší kořenové systémy, než při hnojení nitrátem nebo močovinou (Sommer, 2003). Při výživě amonným dusíkem je v kořenech zvýšená potřeba uhlíku, což má za následek silnější a hustší kořenovou síť a následně snadnější distribuci auxinů do kořenů (Sattelmacher et Thomas, 1995). Větší a hustší kořenový systém má vyšší účinnost při příjmu živin z hlubších vrstev půdy. V období sucha tak rostliny hnojené metodou CULTAN vykazují vyšší odolnost k suchu, než rostliny hnojené nitrátovou nebo amidickou formou dusíku (Sommer et Kreusel, 1992).

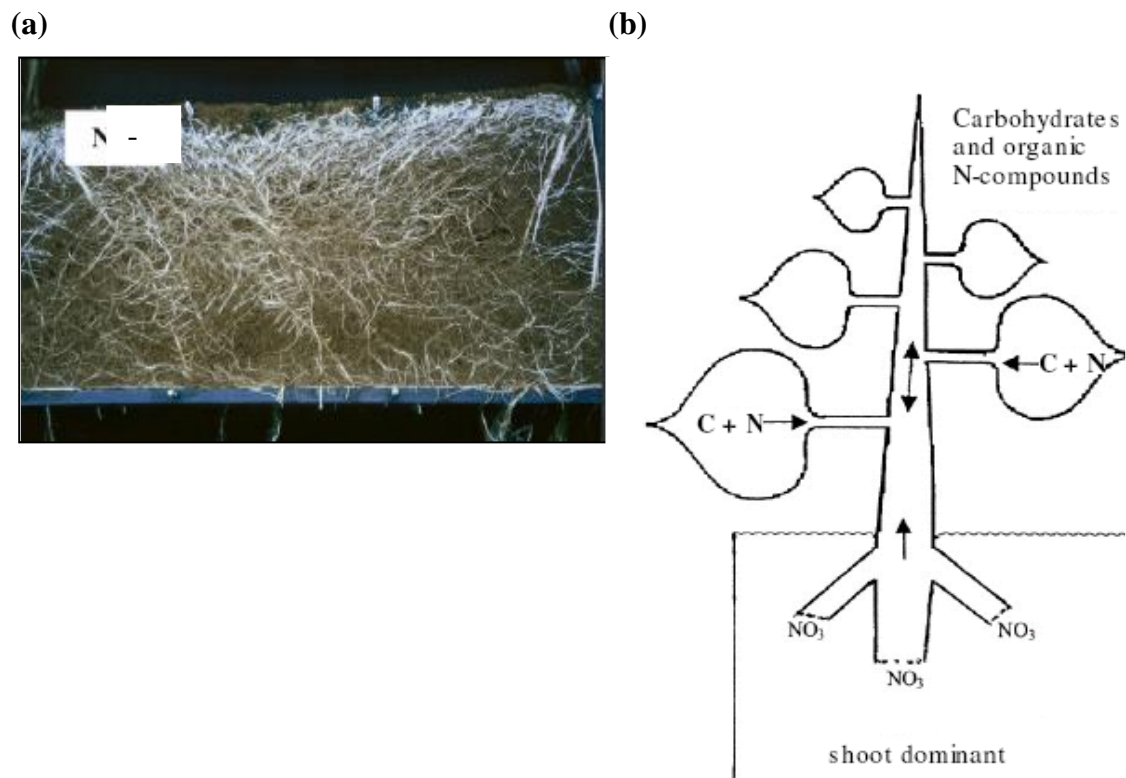
**Obr. 1: Kořenový systém (a) a vztah zdroj/sink při výživě metodou CULTAN (b)**  
(Sommer et Scherer, 2009) (upraveno)



Při výživě rostlin dusíkem ve formě nitrátu nebo močoviny je syntéza sacharidů a organických dusíkatých sloučenin řízena listy a mladými výhony. Močovina musí být po přijetí a hydrolýze neprodleně převzata do metabolismu dusíkatých organických sloučenin a nitrát pokud je v přebytku, může být uložen do vakuoly. Obě tyto formy přijímané současně s ostatními živinami a dalšími účinnými látkami označujeme jako „výhonově dominantní systémy výživy“ (Obr. 2). Konvenční způsob dusíkatého hnojení podporuje růst nadzemní

biomasy v porovnání s kořeny, což pozitivně ovlivňuje syntézu auxinů a giberelinů v nadzemní biomase na úkor cytokininů syntetizovaných převážně v kořenových špičkách (Sommer, 2005). Na základě zjištění farmářů v Německu, kteří používají injektáž amonného dusíku nebo roztoků močoviny k obilninám je postavení listů více vzpřímené, listová čepel je menší a zelenější a stéblo je kratší ve srovnání s porosty s povrchovou aplikací hnojiv. Tyto fenologické znaky mohou ovlivnit výnos díky změně světelným podmínkám v porostu (fotosyntéza, sklizňový index), (Schittenhelm et Menge-Hartmann, 2006). Další autoři (Smiciklas et Below, 1992; Chen et al., 1998) tvrdí, že nejvyšší produkce cytokininů bylo dosaženo u rostlin, které byly hnojeny směsí  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ , ve srovnání se samotným  $\text{NH}_4^+$ .

**Obr. 2: Kořenový systém (a) a vztah zdroj/sink při výživě nitrátem nebo močovinou (b)** (Sommer et Scherer, 2009) (upraveno)



## 2.4 Techniky aplikace hnojiv metodou CULTAN

U metody CULTAN se používají různé druhy dep (kapalná, granulovaná, kuličková, misková, jamková, doplňovací) a techniky aplikace (povrchová, injektážní) podle kultury a stanovištních podmínek. Povrchová depa můžeme CULTAN hnojením realizovat s malými technickými náklady do rostoucích plodin. Pomocí vlečené hadičky nebo aplikační radličky

vznikají liniová depa. S použitím speciálních kol s hroty po obvodu vznikají bodová depa. K aplikaci CULTAN hnojiv do bodového depa se osvědčila speciální injektážní kola, která jsou zavěšena na hydraulice stroje v rozestupu od 25 do 30 cm. Na injektážních kolech jsou upevněny hroty o délce 5 až 10 cm, které injektují CULTAN hnojivo do půdy ve vzdálenosti 15 až 20 cm (Sommer, 2005). Dusíkaté hnojivo je injektážním strojem aplikováno do půdy, kde dojde k vytvoření místa s vysokou koncentrací amonného iontu tzv. depa (Boelcke, 2003). V současnosti jsou nejčastěji používána v systému CULTAN tato hnojiva: kapalný čpavek, amoniakální vody, kap. síran amonný, DAM 390, kap. síran amonný + močovina, kapalný alzon (obdobný jako u hnojiva SAM) (Balík et al., 2007b).

## **2.5 Využití systému CULTAN u řepky ozimé v Německu**

Obecně lze říci, že ozimá řepka by měla před nástupem zimy vytvořit dostatečnou listovou růžici a k tomu potřebuje přijmout odpovídající množství dusíku. V konvenčním systému pěstování je tento dusík přijímán většinou ve formě nitrátu. Pokud je na podzim a v zimě dostatek srážek a teploty vzduchu jsou relativně vysoké, je růst nadzemní biomasy vyšší na úkor kořenové hmoty (Sommer, 2005). Při hnojení v říjnu je třeba, aby se převážná část dusíku po srážkách dostala ke kořenům rostlin, což umožňuje v půdě pohyblivá amidická forma N a při tom se před zimou výrazněji nezvýšil příjem nitrátů rostlinami, k čemuž by došlo např. po hnojení ledky. V posledních letech se při setí řepky rozšířila lokální aplikace hnojiv vedle řádku s osivem, což je vhodné zejména pro hnojení dusíkem, který se postupně zpřístupňuje rostlinám (Růžek et al., 2012). Při hnojení řepky ozimé „pod patu“ stejně jako u CULTAN metody je vývin rostlin kompaktní a dochází k vyrovnanějšímu růstu kořenů k nadzemní části rostliny. Rostlina má také relativně kratší větve s vyšší hustotou šesulí na plochu. Tyto rostliny se zřetelně liší svým habitem od rostlin hnojených nitrátovým dusíkem v konvenčním systému pěstování (Sommer, 2005).

U nepřerostlých porostů řepky ozimé, koncem prosince za suššího počasí se v podmínkách Německa provádí injektáž hnojiva s inhibitorem nitrifikace asi do hloubky 8 cm do každého druhého meziřádku. Není třeba se obávat, že by při mírném počasí v následujícím období řepka přerůstala. Jestliže byl řepce na podzim dodán dusík ve formě dusičnanu, potom je pravděpodobně velmi dobře vyvinutá a po aplikaci CULTAN metody přerůstá. Z tohoto důvodu by měly být listy při použití CULTAN metody hnojení koncem prosince nad vegetačním vrcholem odstraněny. Jen takto může být přesměrován „výhonově

dominantní vývoj“ řepky způsobený dusičnany na „kořenově dominantní vývoj“, na základě příjmu amonného dusíku podle principu CULTAN metody. Díky rozvětvení rostliny, které je vyvoláno přeměrováním fytohormonálního toku, je zvýšená násada šešulí oproti konvenčnímu pěstování asi o 20 %. Dusík z odstraněných listů je pro řepku v pokročilejším stádiu růstu opět k dispozici (Sommer, 1992).

Hnojiva pro řepku by měla být co možná nejvíce koncentrovaná s vysokým podílem amonného dusíku a síry (Sommer, 2005). Malhi et al. (2007) sledovali reakci pěti kultivarů rodu *Brassica* na různou úroveň hnojení síranem draselným na půdách chudých na síru. Nejlepších výnosů semen bylo dosahováno při dávce 30 kg S.ha<sup>-1</sup>. Došlo k průkazně vyššímu obsahu bílkovin v semeni po aplikaci síry.

Aplikační čas závisí na kultuře a aplikační technice. Pro luční a pastevní porosty a pro řepku je nejvhodnější bodová injektáž a stejné přístrojové vybavení, které se používá u obilí.

Na základě poznatků z pokusů v Německu se řada autorů shoduje na termínu hnojení metodou CULTAN a to na jaře na počátku vegetace (Spiess et Meier, 2008).

Felgentreu (2003) poukazuje na výsledky pokusů použití CULTAN metody u řepky v pokusných letech 2000 a 2001 v Německu. Zhodnocením získaných výsledků bylo zjištěno, že: (1) neprokázaly se rozdíly ve výnosech semen mezi systémem CULTAN a konvenčním způsobem hnojení, (2) prokázal se vyšší obsah bílkovin a glukosinolátů na úkor olejnatosti, (3) neprokázala se nižší délka rostlin a tím pádem i nižší poléhavost porostu, (4) injektážní hnojení nemělo negativní vliv na zdraví rostlin a v obou pokusných letech bylo napadení chorobou *Verticillium dahliae* (Verticiliové vadnutí řepky) nižší, (5) injektážní hnojení ozimé řepky se dle dosud existujících výsledků jeví jako vhodná varianta aplikace dusíkatých hnojiv.

## 2.6 Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě se běžně pohybuje v rozmezí 0,1-0,2 %, což představuje v ornici 3000-6000 kg N na 1 ha (Vaněk et al., 2007). Okolo 99 % celkového dusíku v půdě je součástí půdní organické hmoty. Organický dusík je komplex molekul, který je z velké části nepřístupný vyšším rostlinám. Pomocí mikrobiální aktivity je postupně tento komplex odbouráván na jednoduché anorganické ionty a tyto ionty pak můžou být využity rostlinami (Troeh et Thompson, 2005). Obsah celkového dusíku v půdě se často uvádí ve spojení s obsahem humusu v půdě nebo s obsahem oxidovatelného uhlíku (C<sub>ox</sub>) (Černý et al., 1997).

Nejvíce přístupného dusíku se běžně nalézá v ornici, kde se další dusík uvolňuje mineralizací z půdní zásoby v průběhu vegetace. V důsledku vyplavování, především v mimoporostním období, se však větší či menší množství dusíku postupně posunuje profilem a v konečném důsledku se vyplavuje z dosahu kořenů plodin. Vedle ekonomické ztráty to znamená i riziko pro životní prostředí. V podorničí lehkých půd a půd dlouhodobě bohatě organicky hnojených lze nalézt  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  i více dusíku v nitrátové formě - tedy formě nejlépe přístupné pro rostliny, ale současně v půdě nejpochyblivější (Haberle, 1997). Legg et Meisinger (1982) charakterizovali tři poměry v půdě a ve vzathu půda-rostlina, kde dochází ke ztrátám dusíku vyplavením:

1. Vysoká koncentrace  $\text{NO}_3^-$  v půdním roztoku.
2. Příjmem dusíku rostlinami a imobilizací mikroorganismy nedojde k odstranění  $\text{NO}_3^-$  z půdního roztoku, předtím než dosáhne větších hloubek v půdním profilu, kde je jen málo kořenů a malá mikrobiální aktivita.
3. Pohyb vody v půdním profilu, který je dostatečný pro posunutí  $\text{NO}_3^-$  směrem dolů mimo kořenový systém rostlin.

Ztráty dusíku denitrifikací mohou být sníženy (1) použitím inhibitorů nitrifikace (2) hlubším uložením hnojiva do půdy (3) použitím pomalu působících hnojiv (4) aplikací rostlinných zbytků, které mají vysoký obsah polyfenolů a vysoko schopnost vázat bílkoviny (Choudhury et Kennedy, 2005).

Ke ztrátám dusíku může docházet také prostřednictvím volatilizace  $\text{NH}_3$ . K největším ztrátám dochází na alkalických a zasolených půdách, obzvláště tehdy pokud jsou použita hnojiva s amonnou nebo amidickou formou dusíku. Pouze k malým ztrátám dochází na půdách, kde je pH nižší než 7, ale se vzrůstajícím pH dochází k rapidnímu zvyšování ztrát dusíku těkáním (Stevenson et Cole, 1999). Fenn et Kissel (1976) zjistili, že minimální ztráty dusíku těkáním jsou po aplikaci amonného hnojiva přímo do půdy, která má vysokou kationovou výměnnou kapacitu, vysokou vlhkost a nízké pH. Ni et al (2012) zjistili v pokusu s pšenicí ozimou, že při aplikaci močoviny s inhibitorem nitrifikace dochází k průkaznému snížení emisí  $\text{NH}_3$  ve srovnání s aplikací samotné močoviny, zatímco inhibitor nitrifikace aplikovaný samostatně podporuje volatilizaci amoniaku bez následného snížení výnosu zrna.

Pouze malá část půdního dusíku, obecně  $< 0,1 \%$  existuje v minerálních formách přístupných rostlinám kdykoliv během vegetace (jako  $\text{NO}_3^-$  a výměnný  $\text{NH}_4^+$ ). Proto může být

jen několik kilogramů dusíku na hektar okamžitě přístupno rostlinám, i když až 6000 kg N/ha může být součástí organických forem (Stevenson, 1982).

### 2.6.1 Transformace dusíku v půdě

Mineralizace organických dusíkatých látek představuje amonifikaci, tzn. konverzi organických sloučenin na amoniak (Jansson et Persson, 1982).

Tohoto procesu se účastní řada fyziologicky velmi odlišných heterotrofních mikroorganismů. Mineralizace je velmi nízká při nízkých teplotách (kolem 0 °C). S rostoucí teplotou se výrazně zvyšuje, především v oblasti 30-40 °C. Zvýšení teploty o 10 °C zrychlí průběh mineralizace 2-3 krát. Obsah minerálního dusíku v půdě je dobrým kritériem pro optimalizaci hnojení. Množství  $N_{\min}$  se stanovuje na počátku popř. v průběhu vegetace. Hloubka a termín odběru jsou závislé na plodině. Pro určení podzimní dávky pro ozimé obilniny a ozimou řepku stačí pouze obsah  $N_{\min}$  v ornici. Při jarních odběrech je nutno počítat i s podorničím, neboť obsah ve vrstvě 30-60 cm může činit 65-90 % z množství v ornici (Černý et al., 1997).

Nitrifikace je obecně definována jako biologická oxidace amonných iontů na dusičnany a dusitany. Tato definice je poněkud limitující, protože některé heterotrofní mikroorganismy mohou kromě amonného dusíku produkovat dusitany a dusičnany z redukovaných forem dusíku (Focht et Verstraete, 1977; Schmidt, 1982). Soil Science Society of America (1987) navrhl, že nitrifikace může být definována jako "biologická oxidace amonného dusíku na dusitany a dusičnany nebo také biologicky indukované zvýšení oxidačního stavu dusíku".

Denitrifikace je mikrobiologicky založený proces, který uzavírá cyklus dusíku navracením  $N_2$  zpět do atmosféry. Ztráty dusíku ze zemědělských půd denitrifikací jsou nežádoucí z hlediska snižování účinnosti N hnojiv (Aulakh et al., 1992). Denitrifikace je heterotrofní proces způsobený fakultativně anaerobními mikroorganismy, které využívají uhlík substrátů jako donor elektronů (Beuchamp et al., 1989). Je to redukční proces, kdy nitráty jsou za přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík (Vaněk et al., 1997). Studium faktorů ovlivňující průběh denitrifikace v půdě bylo provedeno několika autory Firestone (1982), Sahrawat a Keeney (1986). Klíčovými faktory jsou pH, teplota, množství  $NO_3^-$ , obsah vody v půdě, obsah  $O_2$  a organický materiál vhodný pro denitrifikační bakterie. Jedním z faktorů, který nejvíce ovlivňuje denitrifikaci a množství  $NO$  a  $NO_2$ , které bude tímto procesem uvolněno je přítomnost  $O_2$  v půdě. Přítomnost kyslíku



v půdě je ovlivněna parciálním tlakem kyslíku v plynné fázi půdy, obsahem vlhkosti, texturou a respirační aktivitou půdy (Tiedje, 1988). Vyšší hladina přístupného uhlíku v půdě (spíše než celkový obsah organické hmoty) zvyšuje emise  $N_2O$  a stupeň denitrifikace (Lebender et Senbayram, 2012).

Znalosti podmínek průběhu denitrifikace nám umožňují usměrnění hnojařských a dalších agrotechnických zásahů tak, aby tyto ztráty byly nízké (přiměřené) a větší část minerálních forem N byla využita rostlinami. Jedná se především o to, aby v půdách nebyl vysoký obsah nitrátů, zvláště koncem vegetace a v mimovegetačním období, kdy je také zvýšené nebezpečí vyššího obsahu vody v půdě, a tím omezený obsah  $O_2$ . Vytvářejí se podmínky jednak pro denitrifikaci i možnost vyplavení N z půdního horizontu (Vaněk et al., 1997).

Půdní mikroorganismy a jejich aktivita jsou nedílnou součástí procesů imobilizace a mineralizace v půdě. Ačkoliv mikroorganismy preferují amonnou formu dusíku (Azam et al., 1993), ke své potřebě dusíku mohou využívat také nitrátovou formu dusíku v procesu zvaném imobilizace (Follett, 2001). Celkové množství N vázané v půdní mikrobiální biomase je značné. Anderson a Domsch (1980) vypočítali, že ve vrstvě půdy do hloubky 12,5 cm odebrané z 26 zemědělských půd činil podíl dusíku v půdní mikrobiální biomase 0,5-15,3 % celkového půdního dusíku a dosahoval hodnoty přibližně  $108 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na některých typech zemědělských půd však nebyla pozorována žádná imobilizace  $NO_3^-$  (Shi et Norton, 2000).

Biologickou fixací dusíku mohou symbiotické a nesymbiotické organismy fixovat atmosferický  $N_2$  k tvorbě organických dusíkatých sloučenin. Nejznámější jsou symbiotické bakterie z rodu *Rhizobium*, nesymbiotické volně žijící z rodu *Azotobacter* a *Clostridium* a modro-zelené řasy (Follett, 2001). U luštěnin a několika ostatních druhů rostlin, bakterie dokážou žít v malých výrůstcích na kořenech tzv. hlízkách. Uvnitř těchto hlízek dochází k fixaci atmosferického dusíku prostřednictvím bakterií a vzniklý  $NH_3$  je spotřebován rostlinou. Fixace dusíku leguminózami je partnerství mezi bakterií a rostlinou (Lindemann et Glover, 2003). V závislosti na kvalitě půdy a typu porostu dosahuje fixace  $N_2$  desítek až několik stovek  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  za rok. Aktivita volně žijících prokaryot fixujících  $N_2$  (*Azotobacter*, *Beijerinckia*) závisí na dostupnosti organických látek v půdě. Všechny tyto prokaryotické organismy jsou většinou asociovány s vyššími rostlinami (Procházka et al., 2003).

## 2.6.2 Specifika příjmu amonného a nitrátového dusíku

Rostliny přijímají dusík především ve formě iontů, a to kationtu amonného ( $\text{NH}_4^+$ ), nebo aniontu nitrátového ( $\text{NO}_3^-$ ), do určité míry i některé organické sloučeniny, např. močovinu nebo aminokyseliny (Pavlíková et al., 2007). Amonný a nitrátový dusík jsou dočasné meziprodukty biologických transformací organických a plynných forem dusíku. Hladina přístupných forem  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$  je velmi variabilní a jejich přístupnost rostlinám záleží na mnoha environmentálních faktorech (Stevenson et Cole, 1999).

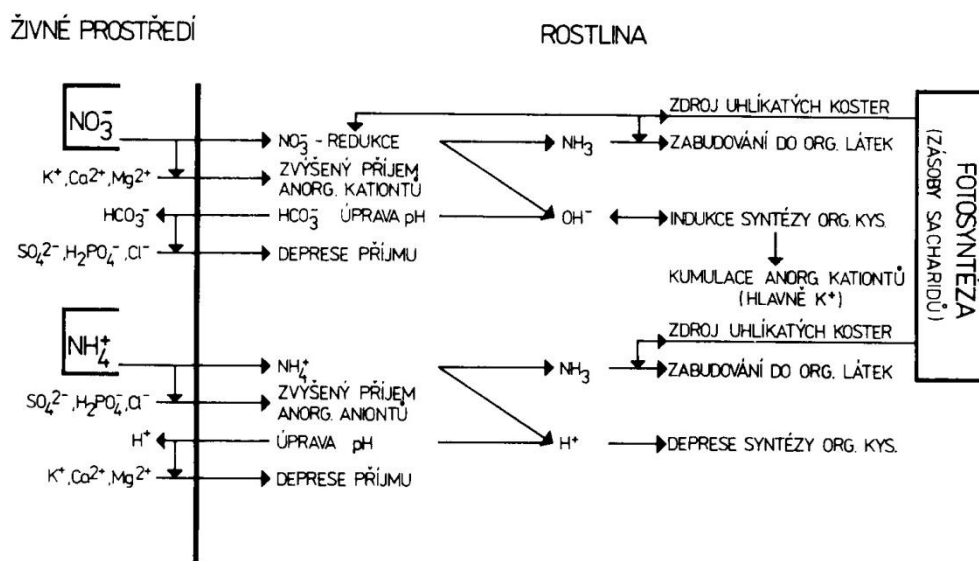
Některé typy půd jsou schopné fixovat amonné ionty ( $\text{NH}_4^+$ ) a ionty draslíku ( $\text{K}^+$ ) tak, že tyto ionty nemůžou být snadno nahrazeny jinými kationty (Nieder et al., 2011). Nejvíce  $\text{NH}_4^+$  poutá illit, méně montmorillonit a nejméně kaolinit. I když existují ostré diskuse o tom, zda je fixovaný amonný dusík přístupný rostlinám, je patrné, že jeho přístupnost je nízká (Hayens et Goh, 1978). Mnoho autorů pozorovalo redukcí růstu rostlin a snížený příjem dusíku způsobený fixací amonného dusíku (Nomnik, 1957; Black et Waring, 1972). Vostal et al. (1989) uvádí, že rostliny v době nejintenzivnějšího odběru dusíku využívají také fixovaný  $\text{NH}_4^+$  v množství kolem 100 kg N na hektar. Ke konci vegetačního období se pak znovu zvyšuje množství  $\text{NH}_4^+$  poutané v jílových minerálech pravděpodobně amoniakem uvolněným při mineralizaci organických látek.

Ve starší literatuře se setkáváme s názorem, že amonné soli ( $\text{NH}_4^+$ ) jsou pro rostlinu horším zdrojem dusíku než dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ). Za určitých podmínek může být účinnost amonných solí i vyšší než dusičnanů. O efektivnosti využití jednoho nebo druhého zdroje dusíku rostlinami rozhoduje řada faktorů, a to vnějších a vnitřních (půdní reakce, voda v půdě, samotná rostlina aj.) (Ivanič et al., 1984). To je v souladu s výsledky Kirkby a Hughes (1970), že rostliny rýže jsou schopné přijímat nejvíce amonného dusíku při pH 8 zatímco při pH 4 je nejvíce dusíku přijímáno ve formě nitrátové. Michael et al. (1965) pomocí izotopů  $^{15}\text{N}$  zjistili, že při pH 6,8 nebyl téměř žádný rozdíl v množství přijatých iontů  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  mladými rostlinami ječmene, cukrovky a bramborů, při pH 4 bylo přijato mnohem více  $\text{NO}_3^-$  než  $\text{NH}_4^+$ .

Změny pH vnějšího prostředí jsou způsobené produkcí  $\text{H}^+$  iontů při výživě amonným dusíkem a produkcí  $\text{OH}^-$  iontů při výživě nitrátovým dusíkem (Smith et Raven, 1974). Rostliny hnojené amonným dusíkem okyselují okolní médium, což naznačuje, že tok protonů z rostlin je prostředkem kompenzujícím nábojovou disbalanci iontů. Na druhé straně rostliny hnojené nitrátovým dusíkem způsobují alkalizaci okolního média, pravděpodobně následkem příjmu nadměrného množství aniontů ve srovnání s kationty (Schubert et Yan, 1997).

Při intenzivní výživě dusíkem a jeho vysoké koncentraci v živném prostředí může extrémní výživa jednou nebo druhou formou dusíku ovlivnit příjem dalších živin, vyvolat rozdíly v iontové rovnováze jak v rostlinných pletivech, tak i v živném prostředí a ovlivnit průběh základních metabolických procesů, včetně kvality produkce (Obr. 3), (Ivanič et al., 1984).

**Obr. 3: Schématické znázornění základních rozdílů při výživě rostlin dusíkem mezi formou  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  (Ivanič et al., 1984)**



V půdním profilu množství fixovaného  $\text{NH}_4^+$  z celkového množství N (anorganický a organický) se obecně zvyšuje se vzrůstající hloubkou půdy (Zhang et al., 2003).

Přijem nitrátů kořeny rostlin a jejich následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, kterým je anorganický dusík přeměňován na organický. V celém procesu využití dusíku se jeví jako limitující redukce nitrátů enzymem nitrátreduktasou (Glass et al., 2002), která je regulována především množstvím přijatého nitrátu. Nitrát je do buněk transportován aktivním transportním systémem a po vstupu do rostliny je  $\text{NO}_3^-$  redukován buď ihned v kořenech, nebo až v listech (Gastal et Lemairer, 2002). Podle Richter et Hlušek (2002) je teplota kolem 5 °C hranicí pro příjem nitrátového dusíku, zatímco amonný dusík přijímají rostliny i při teplotě nižší. Následně je přijatý nitrátový dusík uložen ve vakuole nebo je ihned redukován přes nitrity na amonný dusík.

$\text{NH}_3$  je pro buňku toxický, protože velmi účinně odpojuje syntézu ATP od přenosu elektronů v membránách tylakoidů. Jeho koncentrace v rostlině je řádově mikromolární. Zabudování amoniaku do aminokyselin probíhá dvěma způsoby. Při vyšších koncentracích

$\text{NH}_3$  je funkční glutamátdehydrogenáza, která katalyzuje reakci  $\alpha$ -ketoglutarátu (2-oxoglutarátu). Účinnějším se však jeví systém GS/GOGAT (GS=glutaminsyntetáza, GOGAT=glutamátsyntáza) (Procházka et al., 2003). Pomocí systému glutaminsyntetáza/glutamátsyntáza dochází k asimilaci amonného dusíku a tvorbě glutaminu a glutamátu (Wallsgrrove et al., 1987). Glutamin a glutamát mohou být přeměněny na asparát a asparagin pomocí enzymů asparátaminotransferáza a asparaginsyntetáza (Oliveira et al., 1997). Dohromady tvoří tyto aminokyseliny a soli aminokyselin, glutamin, glutamát, asparagin a asparát více než 60 % z celkového obsahu aminokyselin extrahovatelných z listu ve floemu řepky olejky a dalších druhů rostlin (Winter et al., 1992). Asimilace amoniakálního dusíku v rostlině probíhá přednostně před dalšími procesy, aby se tím předešlo toxické kumulaci amoniaku ve tkáních rostlin. Tím jsou také sacharidy a další metabolická energie spotřebovávány na úkor syntézy bílkovin nebo buněčných stěn (Ivanič et al., 1984). Nicméně Schjoerring et al. (2002) zjistili koncentraci amonného dusíku v řádu milimolů v xylému rostlin *Brassica napus* (Finneman et Schjoerring, 1999) a v xylému ječmene (Mattson et Schjoerring, 1996) pokud byla zdrojem dusíku amonná forma.

Za podmínek intenzivní výživy nitráty nebo při jednostranném nevyváženém hnojení se můžeme setkávat s kumulací  $\text{N-NO}_3^-$  v rostlinných pletivech, protože rostlina nemá k dispozici „provozoschopný“ nitrátreduktázový systém (chybí např. Mo) a nemá tolik sacharidů - uhlíkatých koster - pro ekvivalentní syntézu bílkovin. Horší světelné podmínky (nižší intenzita fotosyntézy) při hustém výsevu nebo výsadbě mohou být příčinou vyššího obsahu  $\text{N-NO}_3^-$  v rostlině (Ivanič et al., 1984).

Dostupná forma dusíku ovlivňuje tvorbu sušiny a spotřebu sacharidů (Cramer et Lewis, 1993). Amonný dusík dodávaný jako jediný zdroj dusíku inhibuje růst rostlin ve srovnání s rostlinami, kterým je dodán nitrátový dusík nebo směs dusíku amonného a nitrátového (Chaillou, et al., 1986; Guo, 2001). Při hnojení metodou CULTAN je snížen obsah nitrátového dusíku v buňkách coby osmoregulátoru, což snižuje osmotický tlak v buňkách a buňky těchto rostlin jsou menší a mají silnější buněčnou stěnu (Sommer, 2003).

## 2.7 Výnosové parametry a tvorba výnosu řepky ozimé

Proces tvorby výnosu řepky ozimé je vysoce variabilní a závisí na genetických, environmentálních a agronomických faktorech a stejně tak na interakci mezi nimi (Sidlauskas et Bernotas, 2003). Biologický výnos řepky ozimé je výsledek rychlosti růstu a délky vegetačního období (Diepenbrock, 2000). V Evropě se výnos semen řepky ozimé běžně pohybuje v rozmezí 3 až 4 tun na hektar. V příznivých produkčních podmínkách Evropy výnos řepky ozimé dosahuje 5 tun na hektar.

Řepka je na živiny asi 2 až 3 krát náročnější než obilniny. Na druhé straně má vysokou předplodinovou hodnotu. Obohacuje půdu o organickou hmotu a mikroorganismy, vytváří drobtovitou strukturu a biologicky melioruje půdu (Bečka et al., 2007). Díky své vysoké kapacitě pro příjem půdního minerálního dusíku (Lainé et al., 1993) akumuluje řepka ozimá 40-80 kg N.ha<sup>-1</sup> během podzimu, což odpovídá 25-30 % jejího celkového příjmu (Cramer, 1993 in Rathke et al., 2006). Velmi málo dusíku řepka přijímá v období tvorby šesulí a dozrávání (BBCH 71-89). Barló et Grzebisz (2004) pozorovali, že výnos semen je z 80 % ovlivněn obsahem dusíku v listech obzvláště ke konci kvetení. Vysoký příjem dusíku po celé období prodlužovacího růstu pozorovali po hnojení dusičnanem amonným ve dvou dávkách 80 kg N.ha<sup>-1</sup> ve fázi BBCH 20 a 31. Jiná strategie příjmu nastala u rostlin hnojených ledkem amonným s vápencem, kdy rostliny také obdržely 80 kg N.ha<sup>-1</sup> ve fázi BBCH 20 a 31, ale tento dusík přijímaly mírnějším tempem delší dobu.

Komponenty výnosu řepky ozimé jsou ovlivněny množstvím aplikovaného dusíku s následným zvýšením výnosu semen (Scott et al., 1973). Výnosové parametry porostu řepky ozimé jsou ovlivněny dusíkem dostupným z vnějšího prostředí, protože různé výnosové komponenty se ve vývoji navzájem překrývají (Colnenne et al., 1998). Efektivita dusíkatých hnojiv je obvykle nízká, protože často méně než 50 % aplikovaného dusíku je přijato rostlinami (Weisler, 1998).

Vysoký rozpočet řepky na dusík je způsoben především dvěma důvody (Aufhammer et al., 1994) :

1. Nízká schopnost opětovného zužitkování N z půdy.
2. Nekompletní retranslokace N nadzemní biomasy do semen. Tím pádem dochází k vysokému obsahu dusíku v posklizňových zbytcích a vysokému obsahu minerálního dusíku v půdě.

### 2.7.1 Optimalizace hnojení dusíkem

Správná predikce požadavků rostliny na dusík je nezbytná ke zvýšení utilizace a příjmu dusíku z půdy a stejně tak k minimalizaci jeho ztrát. Stanovení dostupného minerálního dusíku v půdě na začátku vegetace a kalkulace mineralizovatelného dusíku během vegetace je nezbytné ke stanovení dávek dusíkatých hnojiv.

Pozitivní vliv dusíku na výnos semen řepky byl již mnohokrát diskutován (Bilsborrow et al., 1993; Sieling et Christen, 1997). Boelcke et al. (1991) doporučili, že celková dávka dusíku pro řepku ozimou by neměla překročit  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , zatímco Shepard et Sylvester-Bradley (1996) specifikovali optimální dávku dusíku až na  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ . V závislosti na ročníku a podmínkách prostředí dosáhneme optimálního výnosu semen řepky ozimé, pokud budeme aplikovat dávku dusíku v rozmezí  $180\text{-}220 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Jackson, 2000). Výsledky několika polních pokusů ukazují, že pro řepku je během jara optimální dávka dusíku  $120\text{-}240 \text{ kg ha}^{-1}$  (Bilsborrow et al. 1993; Sieleing et al., 1999).

Stěžejním obdobím postupné aplikace dávky dusíku v podmínkách České republiky je běžně první dekáda března až do poloviny (konce) dubna (Baranyk et al., 2005). Správné načasování a dávka dusíkatého hnojiva jsou jedny z nejdůležitějších faktorů úspěšné produkce semen řepky ozimé (Holmes, 1980).

Dávku hnojení dusíkem je vhodné stanovit na základě rozborů vzorků zeminy. Současně při odběru půdních vzorků na stanovení  $N_{\min}$  je vhodné se přesvědčit o obsahu  $S_{\text{vodorozpustné}}$  ( $S$  stanovené ve vodním výluhu) a zjištěné hodnoty vzít v úvahu při stanovení druhu dusíkatého hnojiva, kterým budeme během vegetace přihnojovat (se sírou nebo bez síry). Dusík hnojiva se musí dostat migrací do aktivní sféry prokořenění řepky na daném stanovišti-pozemku. Proto je třeba zvolit patřičný předstih aplikace N-hnojení, aby tento dusík byl vůbec pro řepku k dispozici v době její potřeby (Hřivna, 2011).

Boelcke et al. (1991) uvádí, že rozdělení celkové dávky na tři garantuje optimální výnosovou stabilitu semen řepky ozimé. Také Narits (2010) ve svých dvouletých pokusech s řepkou ozimou zjistil, že nejvyššího výnosu semen a zároveň nejvyšší olejnatosti bylo dosaženo při dělené dávce dusíku ( $40+40+40$ )  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ . Barlóg a Grzebisz (2004) svými polními pokusy hodnotili vliv načasování aplikace N hnojiv na růstovou dynamiku řepky ozimé (*B. napus* L.). Hodnotili celkem sedm variant hnojení: (a) 80 (nitrofosfát NPK, NF) + 80 (ledek amonný s vápencem, CAN); (b) 80 (ledek amonný s vápencem, CAN) + 80 (ledek amonný s vápencem, CAN); (c) 80 (dusičnan amonný, AN) + 80 (dusičnan amonný, AN); (d) 80 (nitrofos NPK, NF) + 50 (ledek amonný s vápencem, CAN) + 30 (dusičnan vápenatý, CN);

(e) 80 (ledek amonný s vápencem, CAN) + 50 (ledek amonný s vápencem, CAN) + 30 (CN); (f) 80 (dusičnan amonný, AN) + 50 (dusičnan amonný, AN) + 30 (CN); (g) kontrola (bez N) aplikováno v dělených dávkách na začátku jarní vegetace ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) prodlužovacího růstu (80 nebo 50) a v době viditelných květních pupenů (30), autoři pozorovali rozdílné efekty na růst rostlin u těchto variant.

## 2.7.2 Optimalizace hnojení sírou

Výživa řepky dusíkem je úzce spjata s dostupností síry během růstu rostliny. Tento vztah je synergický, pokud jsou oba prvky dodány v optimálním množství. Pokud je ale výživa jedním prvkem nadměrná dochází k antagonistickému působení mezi těmito dvěma prvky (Fismes et al., 2000). Vzhledem k tomu, že síra je v rostlině málo mobilní, může snadno docházet k jejímu nedostatku kdykoliv během vegetačního období a výrazně tak snížit výnos semene řepky, zejména na půdách dobře hnojených N (Malhi et Gill, 2002). Redukovaná forma síry je zabudována do aminokyselin cysteinu (Cys) a methioninu (Met) a hraje nezbytnou roli v katalytických centrech a disulfidických můstcích proteinů (Hell, 1997).

Síra je pro vyšší rostliny životně důležitá, protože se účastní tvorby jak primárních, tak i sekundárních produktů fotosyntetické asimilace (bílkoviny a glukosinoláty) (Fábry et al., 1992). Je důležité zmínit, že rostliny rodu *Brassicaceae* mají větší požadavky na síru, než jiné velké skupiny plodin, jako je například pšenice nebo kukuřice. Jsou zvláště citlivé na nedostatek síry v půdě (Anjum et al., 2011). Nedostatek síry v půdě, kde se pěstují rostliny řepky je považován za jeden z nejdůležitějších faktorů zodpovědný za nízkou kvalitu semen (De Pascale et al., 2008) a může být příčinou snížení výnosu semen až o 40 % (Scherer, 2001).

Například produkce 1 tuny řepkových semen vyžaduje 16 kg síry (McGrath et Zhao, 1996) ve srovnání se 2-3 kg síry na 1 t zrna u pšenice (Zhao et al., 1996).

První příznaky nedostatku S objeví na mladých listech. Kromě toho trvalý nedostatek síry může vést k pomalejšímu růstu a tvorbě menších listů v pozdějších fázích vývoje řepky olejky (Blake-Kalff et al., 1998). Chloróza listů jako projev nedostatku síry způsobuje snížení jejich fotosyntetické aktivity. Vysoké dávky síry způsobily vyšší obsah RuBP (Rubisco), chlorofylu a proteinů v plně rozvinutých horních listech *B. juncea* a *B. campestris*, což znamená lepší fotosyntetickou aktivitu v porovnání s rostlinami pěstovanými bez síry (Ahmad et Abdin, 2000). RuBP obsahuje 120 jednotek cysteinů a 168 jednotek methioninů na 1 molekulu (Miziorko et Lorimer, 1983).

Koncentrace síry v listech je značně proměnlivá s postupem fenofáze, běžně vzrůstá. Strmost vzrůstu obsahu síry v listech horního patra je vedle výživného stavu stanoviště, ovlivňována průběhem srážkových, vláhových podmínek během vegetace. V sušším roce je strmější a ve vlhčím mírnější. Pouze na vyložené deficitním stanovišti stagnuje. Obsah síry  $5 \text{ g.kg}^{-1}$  v sušině ve fázi na počátku dlouhivého růstu je plně dostatečný k docílení vysokého výnosu semene řepky, avšak za předpokladu adekvátnosti výživného stavu půdy stanoviště ostatními živinami a výživy porostu dusíkem (Matula, 2011). Se zřetelem na bilanci síry v rostlinné produkci ČR lze doporučit pro regenerační hnojení také hnojiva s obsahem síry (Balík et al., 2007a).

Asimilační cesty síry a dusíku jsou považovány do jisté míry za stejné a zároveň velmi dobře koordinované. Dostupnost jedné živiny reguluje tu druhou (Schnug et al., 1993) a asimilace uhlíku je úzce spjata s asimilací dusíku v rostlinách (Ahmad et Abdin, 2000).

## **2.8 Zhodnocení výživného stavu řepky dusíkem pomocí kritické zřed'ovací křivky**

Bilance potřeba/zásobení dusíkem je závislá na teorii, že potřeba dusíku je převážně regulován produkcí nadzemní biomasy (Gabrielle et al., 1998). Kritická koncentrace dusíku v nadzemní biomase koresponduje s minimální koncentrací dusíku nezbytného k dosáhnutí maximálního množství nadzemní biomasy. Tato koncentrace je popsána rovnicí:

$$N = a W^b \quad (1)$$

$W$  je celkový obsah sušiny nadzemní biomasy ( $\text{t.ha}^{-1}$ ),  $N$  je koncentrace dusíku v nadzemní biomase vyjádřená procenty v sušině,  $a$  a  $b$  jsou pozitivní konstanty. Kritická  $N$  zřed'ovací křivka může být použita ke stanovení potřeby dusíku rostlinou a sloužit ke stanovení indexu výživy dusíkem (NNI – Nitrogen Nutrition Index), který hodnotí status výživy rostliny dusíkem (Lemaire et al., 1989; Lemaire et Meynard, 1997). Kritickou  $N$  zřed'ovací křivku pro řepku ozimou, která byla testována v několika půdně-klimatických podmínkách ve Francii stanovil Colnenne et al. (1998):

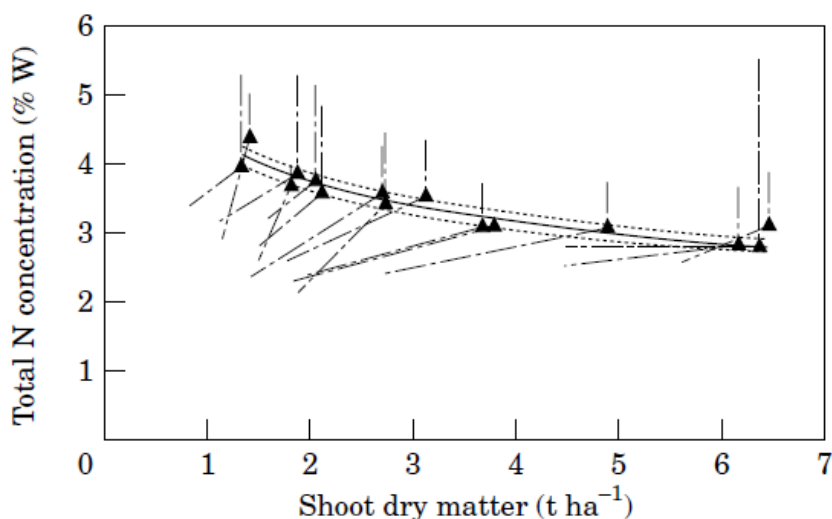
$$N = 4.48 W^{0.25} \quad (2)$$



W je opět celkový obsah sušiny nadzemní biomasy ( $t \cdot ha^{-1}$ ), N je koncentrace dusíku v rostlině (%). Testování této křivky proběhlo na základě 142 případů charakterizujících růst rostliny v podmínkách buď s nedostatkem dusíku, nebo s dostatkem dusíku od fáze dvou listů až po začátek kvetení (Obr. 4).

**Obr. 4:** Vypočtené kritické body ( $\blacktriangle$ ) ke stanovení kritické N zřed'ovací křivky:

—  $N = 4.48 W^{-0.25}$ ; ---- hladina významnosti ( $P=0,95$ ); — - — schematické znázornění rozložení naměřených hodnot v různých variantách hnojení dusíkem v určitý den, na základě kterých byla stanovena kritická N zřed'ovací křivka (Colnenne et al., 1998) (upraveno)



Index výživy dusíkem (Nitrogen Nutrition Index - NNI) charakterizuje stav výživy rostliny dusíkem a lze ho vyjádřit takto (Lemaire et al., 1989):

$$NNI = N_t / N_c \quad (3)$$

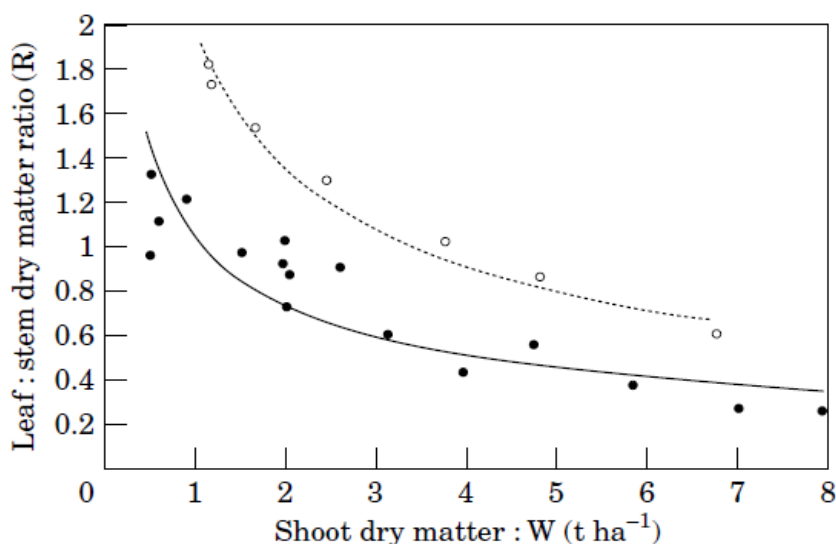
$N_t$  je celková koncentrace dusíku v nadzemní biomase (%) a  $N_c$  kritická koncentrace dusíku pro dané množství biomasy. Pokud je  $NNI=1$ , je výživa dusíkem považována za optimální. Při  $NNI>1$  je výživa dusíkem nadměrná a při  $NNI<1$  je indikován nedostatek dusíku. Kritická zřed'ovací křivka dusíku je nástroj pro hodnocení výživného stavu rostliny (Lemaire et Meynard, 1997). Obzvláště u řepky ozimé je důležité vzít v úvahu některé faktory, než bude použita. V chladných podmínkách může rostlina ztratit většinu svých

nejstarších listů, které mají nejnižší obsah dusíku v rostlině. Potom dochází ke zvyšování koncentrace dusíku v nadzemní biomase jako výsledek udržování pletiv s nejvyšší koncentrací dusíku (např. nejmladší listy). Navíc řepka redistribuuje dusík z odumírajících listů do mladých listů. V chladných podmínkách status výživy dusíkem stanovený pomocí kritické zřed'ovací křivky nemusí být příliš přesný. Nicméně ve dvou pokusných sériích, kde došlo ke ztrátě listů u rostlin v chladných podmínkách, naměřené hodnoty byly blízko výsledkům rovnice (2) se standartní odchylkou 0,15 % N.

Pro množství nadzemní biomasy vyšší než 2,5 t.ha<sup>-1</sup> je kritická křivka pro řepku ozimou výše položena než křivka pro pšenici ačkoliv poměr sušiny listy/stonek zůstává nižší u pšenice. Vyšší pozice křivky řepky ozimé může být vysvětlena: (1) ztrátou nejstarších listů, tj. orgánu s nejmenší koncentrací dusíku; (2) retranslokací dusíku z odumírajících listů do mladých.

Pro množství nadzemní biomasy nižší než 2,5 t.ha<sup>-1</sup>, je kritická zřed'ovací křivka dusíku pro pšenici výše položena než pro řepku ozimou. Tato vyšší pozice charakterizuje rostliny, které mají vyšší poměr sušiny listy/stonky, tj. vyšší podíl pletiv bohatých na dusík (Obr. 5). To již bylo publikováno autory Lemaire et Salette (1984).

**Obr. 5: Porovnání poměru sušiny listy/stonek u řepky ozimé (●) ( $R=11,63 W^{-0,52}$ ) a pšenice (○) ( $R=29,36 W^{-0,58}$ ) během růstu (Colnenne et al., 1998) (upraveno)**



Rozdílná pozice křivek pro řepku a pšenici nám umožňuje charakterizovat úroveň produktivity dusíku. V souvislosti s Årgen (1985) produktivita dusíku tj. množství asimilovaného uhlíku na jednotku přijmutého dusíku se zvyšuje s růstem rostliny nad práh nadzemní biomasy  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nižší pozice kritické zřed'ovací křivky pro pšenici pro množství sušiny nadzemní biomasy vyšší než  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  indikuje vyšší produktivitu dusíku než pro řepku ozimou. Rozdíl mezi řepkou ozimou a pšenicí indikuje, že řepka požaduje o 16 % N více než pšenice pokud je jejich množství nadzemní biomasy  $6,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Bez ohledu na hodnotu NNI nebo vývojovou fázi (před květem a v době květu), byl obsah nitrátu vyšší u řepky než u pšenice (Justes et al., 1994). To může být vysvětleno: (1) vyšší efektivností asimilace u pšenice než u řepky nebo (2) vyšší úložnou kapacitou řepky pro dusík, který se přímo nepodílí na výživě rostliny.

Pšenice je charakterizována jako plodina s vyšší efektivností využití dusíku než řepka ozimá. To je patrné z vyššího položení kritické zřed'ovací křivky a vyšším obsahem nitrátů v řepce ve srovnání s pšenicí. Odběr dusíku řepkou ozimou se jeví méně redukován a zároveň méně efektivně využit ve srovnání s pšenicí.

### **3 CÍL PRÁCE**

Cílem disertační práce bylo zhodnocení dusíkaté výživy systémem CULTAN u ozimé řepky. Hodnocení proběhlo na základě porovnání výsledků mezi systémem hnojení CULTAN a současným způsobem hnojení řepky ozimé formou dělených dávek dusíku. Hodnocenými parametry byly: výnos semen, dynamika tvorby nadzemní biomasy, výnosové parametry porostu, příjem dusíku rostlinou, obsah makroprvků ve slámě a semeni, obsah minerálního dusíku v ornici a podorničí po sklizni plodiny, zdravotní stav porostu.

### **4 HYPOTÉZY**

1. Hnojení dusíkem metodou CULTAN zlepšuje výnosové charakteristiky porostu, snižuje riziko napadení porostu chorobami a tím zvyšuje výnos semene řepky ozimé.
2. Při hnojení řepky ozimé metodou CULTAN docílíme vyššího využití dodaného dusíkatého hnojiva rostlinou, minimalizací ztrát dusíku vyplavením a vytěkáním.
3. Srovnatelných výsledků je dosaženo při injektážní aplikaci hnojiv (CULTAN), která je úspornější (aplikační náklady) a šetrnější (životní prostředí) ve srovnání s dělenou aplikací N hnojiv na povrch půdy v pěstitelské technologii řepky ozimé.

### **5 MATERIÁL A METODIKA**

#### **5.1 Charakteristika stanovišť**

Pro zhodnocení výživy řepky ozimé systémem CULTAN byla použita data ze sklizňových let 2008-2012 z maloparcelkových pokusů na čtyřech rozdílných půdně-klimatických stanovištích. V letech 2008 a 2009 byl pokus uskutečněn na pokusných stanovištích v Čáslavi (49°54'09.7"N, 15°23'36.4"E), Hněvčevsi (50°18'46.307"N, 15°42'51.440"E) a Humpolci (49°32'48.062"N, 15°21'11.138"E). V roce 2010 byl pokus proveden pouze na stanovištích Hněvčevs a Humpolec. V letech 2011 a 2012 byl pokus

uskutečněn na stanovištích Hněvčeves, Humpolec a Ivanovice na Hané (49°18'35.0"N, 17°05'18.6"E). Charakteristiky pokusných stanovišť uvádí tabulky 1 a 2.

**Tab. 1: Charakteristika pokusných stanovišť**

Stanoviště/ Parametr	Výrobní oblast	Nadmořská výška (m)	Roční průměr teplot (°C)	Roční průměr srážek (mm)	Půdní druh	Půdní typ
Hněvčeves	řepařská	265	8,1	597	hnědozem	jílovitohlinitá
Humpolec	bramborářská	525	6,5	667	kambizem	písčitohlinitá
Čáslav	řepařská	240	8,9	555	šedozem	hlinitá
Ivanovice na Hané	řepařská	255	9,2	548	černozem	hlinitá

**Tab. 2: Chemické rozbory půd**

Stanoviště/Parametr	Ca <sup>a</sup>	Mg <sup>a</sup>	P <sup>a</sup>	K <sup>a</sup>	C <sub>ox</sub> <sup>b</sup>	pH <sup>c</sup>
Hněvčeves	1715	124	95,1	201	2,59	5,69
Humpolec	1731	144	79	143	2,95	5,96
Čáslav	2763	193	173	276	1,57	6,6
Ivanovice na Hané	4646	216	105	292	3,5	7,27

<sup>a</sup> výluh Mehlich 3 (mg.kg<sup>-1</sup>), <sup>b</sup> (%), <sup>c</sup> (0,01M CaCl<sub>2</sub>)

## 5.2 Popis pokusu

V pokusech se porovnávala technologie hnojení řepky ozimé formou dělených dávek dusíku s technologií injektážní aplikace dusíkatých hnojiv. Konvenční hnojení bylo prováděno ve třech dávkách aplikací granulovaného hnojiva na povrch půdy. Injektážní aplikace kapalných hnojiv do půdy byla provedena jednou za vegetaci. Pro sledování vlivu aplikace síry u obou technologií hnojení byly v pokusu zařazeny varianty hnojené dusíkatým hnojivem s obsahem tohoto prvku.

Pokus byl složen ze čtyř variant, vždy po čtyřech opakováních na všech stanovištích (Tab. 3). První jarní přihnojení bylo uskutečněno v době regenerace kořenů (BBCH 25-5 postranních větví vyvinuto). Druhé jarní přihnojení následovalo cca 14 dní po první aplikaci (BBCH 30 - začátek dlouhivého růstu) a třetí dávka byla provedena cca 7 dní před květem (BBCH 58 - vyvinuta jednotlivá poupata, která jsou stále zavřená). Varianty CULTAN byly hnojeny na počátku jarní vegetace (BBCH 26 - 6 postranních větví vyvinuto). Agrotechnická opatření odpovídala standardní technologii pěstování ozimé řepky. Aplikace u variant CULTAN proběhla injektážním aplikátorem GFI 3A (Maschinen und Antriebstechnik GmbH Güstrower, Německo) (Obr. 6, 7, 8 a 9) s pracovní šířkou 3 m ve vzdálenosti 10 cm od řádku rostliny a do hloubky cca 5 cm. Celková aplikovaná dávka dusíku činila 200 kg.ha<sup>-1</sup>. Plocha hnojené parcelky činila 39 m<sup>2</sup> (3×13 m), ze které se sklízelo 15 m<sup>2</sup> (1,25×12 m). Sklizeň byla provedena maloparcelkovou sklízecí mlátičkou. V pokusu byla použita odrůda řepky ozimé (*Brassica napus* L.) Artus. Jedná se o polopozdní hybridní odrůdu. Hloubka setí řepky byla 2 cm se vzdáleností mezi řádky 12,5 cm. Výše výsevu řepky činila 3,5 kg osiva na hektar. Hustota rostlin se pohybovala v rozmezí 39-43 rostliny na m<sup>2</sup> v průběhu experimentu. Pesticidy byly použity v případě potřeby. Předplodiny a termíny hnojení na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 4 a 5.

**Tab. 3: Schéma hnojení (kg N.ha<sup>-1</sup>)**

Varianta/Vývoj. fáze	BBCH 25	BBCH 26	BBCH 30	BBCH 58
Konvenční I	57 kg (LAV)		93 kg (LAV)	50 kg (LAV)
CULTAN II		200 kg (DAM)		
Konvenční I +S	57 kg (SA)		93 kg (LAV)	50 kg (LAV)
CULTAN II+S		200 kg (SAM)		

LAV – ledek amonný s vápencem (27% N); SA – síran amonný (20% N, 23% S); DAM – dusičnan amonný + močovina (30%); SAM – síran amonný + močovina (19% N, 5% S)

**Tab. 4: Předplodiny na pokusných stanovištích**

Rok/Stanoviště	Hněvčeves	Humpolec	Čáslav	Ivanovice na Hané
2008	pšenice jarní	ječmen ozimý	ječmen jarní	-
2009	pšenice ozimá	ječmen ozimý	ječmen jarní	-
2010	pšenice ozimá	pšenice ozimá	-	-
2011	ječmen jarní	ječmen ozimý	-	ječmen jarní
2012	ječmen ozimý	ječmen ozimý	-	ječmen jarní

**Tab. 5: Termíny aplikace hnojiv CULTAN variant**

Rok/Stanoviště	Hněvčeves	Humpolec	Čáslav	Ivanovice na Hané
2008	25.3.	28.3.	26.3.	-
2009	9.4.	11.4.	10.4.	-
2010	28.3.	31.3.	-	-
2011	20.3.	24.3.	-	22.3.
2012	24.3.	26.3.	-	27.3

V pokusu se odebíraly na začátku března (Tab. 6) a po sklizni půdní vzorky ornice (0-30 cm) a podorničí (30-60 cm), ve kterých byl stanoven obsah celkového minerálního dusíku. Půdní vzorky byly odebrány sondovací tyčí v množství 4 vpichy na parcelku. Příprava vzorků k analýze spočívala v homogenizaci čerstvě odebrané půdy přes síto (oka 5 mm). Následně byla půda zamrazena.

V průběhu vegetace se odebírala nadzemní hmota rostlin ve fázi BBCH 60 a BBCH 69 (5 průměrných rostlin z každé parcelky), která sloužila ke stanovení obsahu sušiny a celkového dusíku. Rostlinný materiál určený k analýzám byl po usušení homogenizován laboratorním střížným mlýnem SM100 (Retsch, Německo).

Dále se sledovaly tyto výnosotvorné ukazatele: počet rostlin na m<sup>2</sup> (na jaře před prvním hnojením), výška rostlin (po odkvětu), hmotnost tisíce semen a výnos semen. Při sklizni byly odebrány vzorky pro stanovení obsahu dusíku a makroprvků v semeni a slámě.

Po zpracování vzorků a provedených analýzách byly z údajů výnosu semen a obsahu dusíku v semenech vypočítány odběry dusíku semeny v kg N.ha<sup>-1</sup>.

**Tab. 6: Obsah minerálního dusíku v půdě (N mg.kg<sup>-1</sup>) před hnojením pokusu na jaře**

Stanoviště	Půdní profil (cm)	2008		2009		2010		2011		2012	
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>min</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>min</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>min</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>min</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>min</sub>
Hněvčeves	0-30	50,4	52,1	1,1	3,6	8,4	11,2	52,7	55,6	17,7	19,3
	30-60	12,5	14,1	6,8	8,3	6,5	8,9	0,5	3,4	9,8	11,1
Humpolec	0-30	11,1	14,6	5,1	6,9	4,8	8,0	2,5	4,7	7,1	8,6
	30-60	6,7	9,3	7,2	8,5	3,6	6,0	0,7	3,3	10,7	12,4
Čáslav	0-30	13,0	15,5	63,9	66,0	-	-	-	-	-	-
	30-60	10,1	12,2	10,2	11,0	-	-	-	-	-	-
Ivanovice na Hané	0-30	-	-	-	-	-	-	1,3	3,3	12,0	13,2
	30-60	-	-	-	-	-	-	0,2	2,3	4,8	5,9

**Obr. 6 a 7: Injektážní aplikátor (foto Lucie Peklová)**





## **Obr. 8 a 9: Hrot aplikačního kola a bodové depo v porostu řepky ozimé**

(foto Lucie Peklová)



### **5.2.1 Chemické analýzy půd**

Pro stanovení obsahu minerálního dusíku ( $N_{\min}$ ) v půdě před hnojením porostu a po sklizni plodiny byly vzorky extrahovány  $\text{CaCl}_2$   $c=0,01$  mol/l. 10 g zeminy bylo vyluhováno 100 ml extrakčního činidla a po 2 hodinách třepání byly půdní výluhy odstředěny (Houba et al., 1986). Vlastní stanovení  $N_{\min}$  bylo provedeno segmentovou průtokovou analýzou se spektrofotometrickým stanovením na přístroji SKALAR SAN plus SYSTEM (Skalar Analytical, Nizozemsko).

Obsah vápníku, hořčíku a draslíku v půdě byl stanoven ve výluhu Mehlich 3 pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie na přístroji SpectrAA280FS (Varian, Austrálie). Obsah fosforu byl stanoven ve výluhu Mehlich 3 pomocí segmentové průtokové analýzy s kolorimetrickým stanovením na přístroji SKALAR SAN plus SYSTEM (Skalar Analytical, Nizozemsko).

### **5.2.2 Chemické analýzy rostlinného materiálu**

Stanovení celkového dusíku v rostlinném materiálu bylo po mokřém rozkladu vzorku v prostředí  $\text{H}_2\text{SO}_4$  provedeno metodou podle Kjeldahla na přístroji KJELTEC AUTO 1030 ANALYZER (Tecator, Švédsko) v roce 2008 a Vapodest 50s (Gerhardt, Německo) v letech 2009 až 2012.

Celkové obsahy fosforu a síry ve slámě byly po mikrovlnném rozkladu v prostředí  $\text{HNO}_3$  stanoveny pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-

OES) na přístroji VistaPro (Varian, Austrálie). Stanovení Ca, Mg a K bylo provedeno plamenovou atomovou absorpční spektrometrií (VARIAN SpectrAA-300).

Celkové obsahy fosforu a síry v semeni byly po suchém rozkladu stanoveny pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) na přístroji VistaPro (Varian, Austrálie). Stanovení Ca, Mg a K bylo provedeno plamenovou atomovou absorpční spektrometrií (VARIAN SpectrAA-300).

### **5.2.3 Hodnocení zdravotního stavu porostu**

Během pokusu byl sledován výskyt houbových chorob v porostu. Výskyt chorob byl hodnocen stupnicí 1-9. Hodnota 9 odpovídá stavu, kdy výskyt choroby nebyl pozorován. Hodnota 1 stavu, kdy je každá rostlina napadena chorobou. Konkrétně se sledoval výskyt plísně šedé (*Botrytis cinerea*), plísně zelné (*Perenospora parasitica*), fómové hniloby (*Leptosphaeria maculans*), hlízenky obecné (*Sclerotinia sclerotiorum*) a černě řepkové (*Alternaria brassicae*).

### **5.2.4 Statistické vyhodnocení**

Statistické vyhodnocení pokusu bylo provedeno v programu Statistica 9.0 (StatSoft, USA) metodou vícenásobné a jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) s následným vyhodnocením Tukey testem na hladině významnosti  $\alpha < 0,05$ . U sledovaných parametrů se vždy porovnávala varianta konvenční s variantou CULTAN (konvenční I s CULTAN II; konvenční I+S s CULTAN II+S).

### **5.2.5 Popis průběhu povětrnostních podmínek**

Průměrný úhrn srážek a průměrné měsíční teploty na jednotlivých pokusných stanovištích v průběhu pokusných let 2008-2012 uvádí tabulky 7 až 10. Dlouhodobý průměr na jednotlivých pokusných stanovištích odpovídá období 1.1.1971 až 31.12.2001, což je v souladu s definicí dlouhodobého průměru dle Kožnarová et Klabzuba (2002).

**Tab. 7: Průměrné měsíční teploty na stanovišti Hněvčeves a Humpolec**

Stanoviště	Skl. rok/ měsíc	Vegetační doba řepky ozimé											
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Hněvčeves	2007/2008	19,6	13	8,4	2,8	0,7	2,5	3,5	4,6	9,7	15,4	19,8	18,9
	2008/2009	18,7	13,5	8,8	5,3	1,8	-4,3	-0,4	4,3	13,3	14,3	15,7	18,9
	2009/2010	19,9	16,2	7,9	5,9	-0,6	-4,6	-1,2	3,5	9,1	12,4	17,4	21,5
	2010/2011	18,3	12,7	7,4	5,8	-4,7	-1,1	-1,3	4,8	11,8	14,4	18,1	17,6
	2011/2012	19,7	15,7	8,9	2,5	-0,7	0,4	-4,4	6,2	9,4	15,7	17,3	19,7
	<b>dl. průměr</b>	<b>18,4</b>	<b>13,8</b>	<b>8,8</b>	<b>2,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,6</b>	<b>3,5</b>	<b>8,6</b>	<b>14</b>	<b>16,5</b>	<b>18,5</b>
Humpolec	2007/2008	20,0	12,7	8,1	2,4	-0,4	1,7	2,7	4,2	9,6	14,8	18,9	19,8
	2008/2009	18,0	12,3	8,5	4,6	0,6	-3,8	-1,1	2,8	12,6	13,8	15,2	18,6
	2009/2010	18,8	14,9	7,1	5,6	-0,8	-4,7	-1,9	2,4	8,3	11,7	18	20,7
	2010/2011	17,5	11,6	6,5	5,4	-4,3	-0,5	-1,6	4,5	11,1	14,4	17,9	17,3
	2011/2012	19,2	15,3	8,3	3,0	2,4	0,1	-5,2	5,6	9,1	15,3	17,9	18,9
	<b>dl. průměr</b>	<b>16,4</b>	<b>12</b>	<b>6,8</b>	<b>1,3</b>	<b>-2,3</b>	<b>-3,4</b>	<b>-2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>6,2</b>	<b>12</b>	<b>15,1</b>	<b>16,8</b>

**Tab. 8: Průměrné měsíční srážky na stanovišti Hněvčeves a Humpolec**

Stanoviště	Skl. rok/ měsíc	Vegetační doba řepky ozimé											
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Hněvčeves	2007/2008	47	27	37	56	20	25	26	43	30	59	31	67
	2008/2009	52	11	52	46	36	20	49	48	6	56	100	92
	2009/2010	37	9	59	36	51	64	9	31	56	184	31	66
	2010/2011	148	103	12	53	52	56	26	24	12	60	45	126
	2011/2012	79	39	41	48	53	77	35	5	43	83	66	207
	<b>dl. průměr</b>	<b>67</b>	<b>48</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>25</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>55</b>	<b>61</b>	<b>75</b>
Humpolec	2007/2008	56	123	26	107	25	31	22	61	38	86	62	83
	2008/2009	74	41	37	66	29	20	91	95	56	74	117	108
	2009/2010	127	21	82	32	81	75	18	42	50	110	84	100
	2010/2011	149	96	6	60	64	46	10	22	47	59	103	159
	2011/2012	106	89	36	1	35	106	61	20	38	63	75	129
	<b>dl. průměr</b>	<b>85</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>37</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>70</b>	<b>78</b>	<b>88</b>

**Tab. 9: Průměrné měsíční teploty na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**

Stanoviště	Skl. rok/ měsíc	Vegetační doba řepky ozimé											
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Čáslav	2007/2008	18,8	13,1	8,8	2,7	0,9	2,6	3,3	4,2	8,9	14,6	18,6	19,0
	2008/2009	19,1	13,5	9,0	5,4	1,8	-3,6	0,3	4,6	13,3	14,4	15,7	19,3
	<b>dl. průměr</b>	<b>18,6</b>	<b>14,0</b>	<b>8,9</b>	<b>4,1</b>	<b>1,0</b>	<b>-0,1</b>	<b>1,3</b>	<b>4,8</b>	<b>8,7</b>	<b>14,2</b>	<b>17,2</b>	<b>18,8</b>
Ivanovice na Hané	2010/2011	18,8	13,0	6,8	6,5	-4,3	-0,8	-1,5	4,6	11,5	14,4	18,4	18,1
	2011/2012	19,9	16,1	8,7	2,4	-1,5	0,3	-4,5	6,0	10,2	15,9	18,8	20,3
	<b>dl. průměr</b>	<b>19,7</b>	<b>14,4</b>	<b>9,2</b>	<b>3,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-1,4</b>	<b>0,4</b>	<b>4,1</b>	<b>9,8</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>19,9</b>

**Tab. 10: Průměrné měsíční srážky na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**

Stanoviště	Skl. rok/ měsíc	Vegetační doba řepky ozimé											
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Čáslav	2007/2008	84	112	18	71	20	20	17	47	41	44	89	56
	2008/2009	60	24	39	49	26	23	78	66	24	65	75	100
	<b>dl. průměr</b>	<b>65</b>	<b>49</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>67</b>	<b>76</b>	<b>79</b>
Ivanovice na Hané	2010/2011	128	67	8	38	26	13	2	35	18	59	85	91
	2011/2012	57	27	24	1	22	31	7	3	30	22	94	62
	<b>dl. průměr</b>	<b>62</b>	<b>54</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>62</b>	<b>72</b>	<b>74</b>

### 5.2.6 Výpočet indexu výživy dusíkem

Kritická koncentrace dusíku v nadzemní biomase koresponduje s minimální koncentrací dusíku nezbytného k dosažení maximálního množství nadzemní biomasy. Hodnota kritické koncentrace dusíku v nadzemní biomase byla stanovena na začátku kvetení (BBCH 60) na základě rovnice Colnenne et al. (1998):

$$N = 4.48 W^{0.25}$$

Kde  $N$  je celková koncentrace dusíku v nadzemní biomase (%) a  $W$  množství nadzemní biomasy, vyjádřené v  $t \cdot ha^{-1}$ . Hodnota kritické koncentrace dusíku byla použita pro výpočet indexu výživy dusíkem (Nitrogen nutrition index-NNI). To je poměr mezi celkovou

koncentrací dusíku všech nadzemních částí rostliny ( $N_t$ ) a kritickou koncentrací dusíku ( $N_c$ ) pro dané množství sušiny nadzemní biomasy.  $N_t$  a  $N_c$  jsou vyjádřeny jako procentuální podíl sušiny nadzemní biomasy.

$$NNI = N_t / N_c$$

Hodnota  $NNI \geq 1$  označuje stav rostlin dostatečně až nadměrně zásobené dusíkem (dusík není limitující);  $NNI = 1$  představuje optimální N výživu. Čím více  $NNI$  klesne pod 1, tím více trpí rostlina nedostatkem dusíku. Použitá data jsou z fáze růstu řepky, počátek kvetení (BBCH 60). Hodnota  $NNI$  může být použita jako nástroj pro diagnostiku výživného stavu řepky ozimé dusíkem od vyklíčení do začátku květu (Colnenne et al., 1998).

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Výnos semen

Hodnocení výsledků výnosu semen metodou vícenásobné analýzy rozptylu prokázalo statisticky průkazný vliv ročníku a varianty hnojení na výnos semen na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti Humpolec byl zaznamenán statisticky průkazný vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na výnos semen. Na stanovišti Čáslav byl výnos semen průkazně ovlivněn variantou a ročníkem. Výnos semen na stanovišti Ivanovice na Hané byl průkazně ovlivněn jen ročníkem (Tab. 11).

Průkazně nižší výnos semen byl pozorován na CULTAN variantách (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) v roce 2008 na stanovištích Čáslav a Humpolec. Výnos semen řepky u konvenčních variant byl v průměru o 0,8 t.ha<sup>-1</sup> vyšší než výnos semen CULTAN variant na obou stanovištích.

Úspěch hnojení metodou CULTAN je podmíněn přesměrováním „výhonově dominantního růstu“ na „kořenově dominantní růst“, tedy změnou poměru kořen/nadzemní biomasa v důsledku nedostatku dusíku na jaře. Přesměrování fytohormonálního toku má za následek zvýšení počtu větví a jejich zkrácení s násadou šešulí až o 20 % vyšší ve srovnání s konvenčním systémem hnojení (Sommer, 1991; 2005).

Vzhledem k povětrnostním podmínkám od prosince 2007 do března 2008, nedošlo k dostatečné redukci listové plochy a nastala velmi brzká regenerace kořenového systému, což je nepříznivé pro rostliny řepky následně hnojené metodou CULTAN. Aplikace hnojiva metodou CULTAN ke konci března vzhledem k průběhu zimy, pravděpodobně způsobila nižší výnos semen u variant CULTAN v roce 2008 na stanovišti Čáslav i Humpolec. Na stanovišti Hněvčeves neměl termín aplikace vliv na výnos semen. Boelcke (2003) uvádí srovnatelné výnosy semen (konvence vs. CULTAN) pokud je celá dávka dusíku injektována optimálně 10 dní po začátku vegetace řepky. Fyziologický princip metody CULTAN spočívá v pozitivním vlivu na syntézu cytokininů v kořenových špičkách vůči auxinům a giberelinům syntetizovaným v prýtu (Sommer et Six, 1981). Tímto způsobem je možné ovlivnit tempo růstu nadzemní biomasy a kořenů ve prospěch nadzemní biomasy (Gerendas et al., 1997).

V roce 2009 kromě jedné výjimky na variantě CULTAN II+S v Čáslavi nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly ve výnosu semen mezi systémy hnojení. Metabolismus N je silně ovlivněn dostupností síry (Fazili et al., 2008). Sommer (2005) v systému CULTAN doporučuje pro řepku právě hnojiva s vysokým podílem síry a amonného

dusíku. Mimořádně vysoké výnosy semen byly zaznamenány v roce 2009 na stanovišti Hněvčeves. Důvodem byla pravděpodobně kombinace povětrnostních podmínek v této oblasti (bohaté srážky, mírný pokles teplot a téměř žádný výskyt houbových chorob od května do července) a fakt, že hnědozemě představují jedny z nejúrodnějších půdních typů v České republice (Kozák et al., 2003).

Aplikace síry měla za následek zvýšení výnosu semen bez ohledu na způsob hnojení v roce 2010 na stanovišti Hněvčeves. Výnos semen byl u varianty konvenční I+S vyšší o 0,44 t.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s konvenční variantou I. Výnos semen u varianty CULTAN II+S byl vyšší o 0,59 t.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s variantou CULTAN II. Přídavek síry v dusíkatém hnojivu, nijak zásadně neovlivnil výnosy semen na stanovišti Humpolec s ohledem na způsob aplikace. Kozlovský et al. (2009) zjistili nižší výnos zrna pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) po hnojení metodou CULTAN, kde byla zároveň dodána i síra ve srovnání s konvenčním způsobem hnojení. Kubešová et al. (2013a) nepozorovali vliv přídavku síry na výnos zrna kukuřice hnojené metodou CULTAN.

Ve sklizňovém roce 2011 nebyl pozorován rozdíl mezi výnosy semen na stanovišti Hněvčeves a Ivanovice na Hané. Srovnatelné nebo vyšší výnosy zrna ozimé pšenice a jarního ječmene byly zaznamenány po hnojení metodou CULTAN (Kozlovský et al., 2009; Sedlář et al., 2011). U varianty konvenční I+S došlo ke zvýšení výnosu semen průměrně o 0,7 t.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s variantou CULTAN II+S na stanovišti Humpolec.

Pozitivní efekt síry byl zjištěn v roce 2012 na stanovišti Hněvčeves a Humpolec. Vyšší výnos semen byl zaznamenán u varianty CULTAN II+S průměrně o 0,87 t.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s variantou CULTAN II na stanovišti Hněvčeves. Je možné předpokládat, že průkazně nižší výnos semen u varianty CULTAN II ve srovnání s CULTAN II+S byl pravděpodobně způsoben deficitem síry v půdě než jinými faktory. Na stanovišti Humpolec měl přídavek síry v hnojivu statisticky průkazný vliv na dosažené výnosy semen. Nejnižší výnos semen byl dosažen na CULTAN variantě II. Výnos byl průměrně o 1,7 t.ha<sup>-1</sup> nižší než výnos na srovnávací konvenční variantě I a zároveň průkazně nižší na CULTAN variantě, kde byla také dodána síra, průměrně o 1,5 t.ha<sup>-1</sup>. Dle výsledků Kulhánek et al. (2011) se obsah dostupné síry v půdě na stanovišti Hněvčeves pohybuje v rozmezí 6,2-6,3 mg.kg<sup>-1</sup> a na stanovišti Humpolec obsah dostupné síry kolísá v rozpětí 4,1-4,5 mg.kg<sup>-1</sup>. To mohla být jedna z příčin nižšího výnosu variant hnojených pouze dusíkatým hnojivem (I, II) ve srovnání s variantami hnojenými dusíkatým hnojivem s přídavkem síry (I+S, II+S) v roce 2012.

**Tab. 11: Výnos semen (t.ha<sup>-1</sup>); 12 % vlhkost**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	4,04 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	4,66 <sup>a</sup>	5,07 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	4,15 <sup>a</sup>	7,16 <sup>a</sup>	4,51 <sup>a</sup>	4,94 <sup>a</sup>	4,77 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	4,46 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup>	5,05 <sup>b</sup>	4,85 <sup>a</sup>	4,87 <sup>ab</sup>
	CULTAN II+S	4,17 <sup>a</sup>	7,71 <sup>a</sup>	5,10 <sup>b</sup>	4,75 <sup>a</sup>	5,64 <sup>b</sup>
Humpolec	Konvenční I	3,13 <sup>a</sup>	3,94 <sup>a</sup>	4,69 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>
	CULTAN II	2,44 <sup>b</sup>	3,80 <sup>a</sup>	4,70 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>	4,46 <sup>b</sup>
	Konvenční I +S	3,45 <sup>a</sup>	3,93 <sup>a</sup>	4,57 <sup>a</sup>	6,46 <sup>b</sup>	6,45 <sup>c</sup>
	CULTAN II+S	2,55 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	5,74 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>
Čáslav	Konvenční I	3,08 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	2,19 <sup>b</sup>	4,75 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I +S	3,43 <sup>a</sup>	5,47 <sup>b</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	2,75 <sup>b</sup>	4,85 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	5,19 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	4,99 <sup>a</sup>	3,73 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	-	-	-	5,11 <sup>a</sup>	3,48 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	5,08 <sup>a</sup>	3,36 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

V průběhu pětiletého pokusu na stanovištích Hněvčeves a Humpolec a v průběhu dvouletého pokusu na stanovištích Čáslav a Ivanovice na Hané nebyly zaznamenány rozdíly ve výnosu semen mezi jednotlivými variantami hnojení (Tab. 12). Také Felgentreu (2003) nepozoroval rozdíly ve výnosu semen řepky ozimé formou dělených dávek dusíku a injektáží dusíkatých hnojivových roztoků ve dvouletých pokusech v Německu.

Přídavek síry v dusíkatém hnojivu způsobil vyšší výnosy semen bez ohledu na systém hnojení. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný.

Mezi jednotlivými stanovišti byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve výnosu semen. Průkazně nejvyšších výnosů bylo dosaženo na stanovišti Hněvčeves ve srovnání se stanovištěm Čáslav. Šedozemě a hnědozemě jsou charakteristické vysokou půdní úrodností a reprezentují jedny z nejurodnějších typů půd zastoupených v České republice (Kozák et al., 2003). Je nutné podotknout, že na stanovišti Čáslav byl pokus založen pouze dva roky. Tento rozdíl je tedy možno z části přisoudit vlivu ročníku.



V roce 2008 byl zaznamenán průkazně nižší výnos semen bez ohledu na systém hnojení ve srovnání s ostatními pokusnými roky, což bylo pravděpodobně způsobeno vyšším výskytem houbových chorob především hlízenky obecné (*Sclerotinia sclerotiorum*) v tomto roce na všech stanovištích.

**Tab. 12: Vliv varianty, stanoviště a roku na výnos semen (t.ha<sup>-1</sup>) během pokusných let 2008-2012**

Varianta/Stanoviště/Rok	Výnos semen (t.ha <sup>-1</sup> )
Konvenční I	4,69 <sup>a</sup>
CULTAN II	4,48 <sup>a</sup>
Konvenční I +S	4,92 <sup>a</sup>
CULTAN II+S	4,74 <sup>a</sup>
Hněvčeves	5,24 <sup>a</sup>
Humpolec	4,66 <sup>ab</sup>
Čáslav*	3,91 <sup>b</sup>
Ivanovice na Hané**	4,28 <sup>ab</sup>
2008	3,32 <sup>a</sup>
2009	5,39 <sup>b</sup>
2010	4,74 <sup>b</sup>
2011	5,32 <sup>b</sup>
2012	4,77 <sup>b</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro variantu, stanoviště a rok nejsou statisticky významné (p<0,05). \*průměr za roky 2008-2009; \*\*průměr za roky 2011-2012

## 6.2 Dynamika tvorby nadzemní biomasy

### 6.2.1 Obsah sušiny v nadzemní biomase na začátku kvetení

Hodnocení výsledků obsahů sušiny na počátku kvetení (BBCH 60) metodou vícenásobné analýzy rozptylu prokázalo statisticky průkazný vliv ročníku na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti Humpolec byl zaznamenán statisticky průkazný vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah sušiny. Obsah sušiny na počátku kvetení na stanovišti Ivanovice na Hané byl průkazně ovlivněn ročníkem a variantou (Tab. 13).

Průkazně vyšší obsahy sušiny na počátku kvetení po hnojení metodou CULTAN byly zjištěny v roce 2008 na stanovišti Čáslav a Humpolec. Na stanovišti Čáslav dosáhla konvenční varianta I o 1,1 % nižšího obsahu sušiny v nadzemní biomase ve srovnání s CULTAN variantou II. Varianta CULTAN II+S zde dosáhla o 0,6 % vyššího obsahu sušiny ve srovnání s konvenční variantou I+S. Na stanovišti Humpolec u varianty konvenční I došlo ke snížení obsahu sušiny v nadzemní biomase o 1,1 % ve srovnání s variantou CULTAN II a varianta konvenční I+S dosáhla průměrně o 0,8 % nižších hodnot ve srovnání s variantou CULTAN II+S. Na stanovišti Humpolec byl v roce 2012 zaznamenán průkazně vyšší obsah sušiny u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S), průměrně o 0,6 %. Obsah sušiny v nadzemní biomase rostlin by měl být po aplikaci hnojiv metodou CULTAN vyšší, protože délka ukládání asimilátů u rostlin hnojených metodou CULTAN je prodloužena, na základě lepšího zdravotního stavu vegetačního aparátu (Sommer et Scherer, 2009).

**Tab. 13: Obsah sušiny (%) v rostlinách řepky ve fázi BBCH 60**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	9,27 <sup>a</sup>	10,72 <sup>a</sup>	7,74 <sup>a</sup>	9,73 <sup>a</sup>	11,05 <sup>a</sup>
	CULTAN II	11,17 <sup>a</sup>	10,66 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>	9,91 <sup>a</sup>	11,12 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	8,50 <sup>a</sup>	10,05 <sup>a</sup>	8,06 <sup>a</sup>	9,81 <sup>a</sup>	10,91 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,14 <sup>a</sup>	10,90 <sup>a</sup>	7,65 <sup>a</sup>	10,09 <sup>a</sup>	11,22 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	11,19 <sup>a</sup>	13,02 <sup>a</sup>	8,61 <sup>a</sup>	12,06 <sup>a</sup>	10,02 <sup>a</sup>
	CULTAN II	12,26 <sup>b</sup>	13,01 <sup>a</sup>	9,22 <sup>a</sup>	12,09 <sup>a</sup>	11,65 <sup>c</sup>
	Konvenční I+S	10,37 <sup>c</sup>	13,82 <sup>a</sup>	8,56 <sup>a</sup>	11,42 <sup>a</sup>	9,82 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	11,20 <sup>a</sup>	12,97 <sup>a</sup>	8,14 <sup>a</sup>	12,11 <sup>a</sup>	10,93 <sup>b</sup>
Čáslav	Konvenční I	9,17 <sup>a</sup>	13,58 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	10,25 <sup>b</sup>	12,54 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	9,81 <sup>a</sup>	12,61 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	10,44 <sup>b</sup>	12,55 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	11,52 <sup>a</sup>	13,28 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	10,91 <sup>b</sup>	13,05 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	11,69 <sup>a</sup>	13,13 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	10,87 <sup>b</sup>	12,94 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Na stanovišti Hněvčeves rozdíly v obsahu sušiny mezi systémy hnojení zaznamenány nebyly. Na stanovišti Ivanovice na Hané byl pozorován průkazně nižší obsah sušiny u variant CULTAN (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) v roce 2011. Rozdíl byl na úrovni 0,6 % a 0,8 % ve prospěch konvenčních variant (I, I+S). V roce 2012 rozdíl v obsahu sušiny mezi variantami hnojení na stanovišti Ivanovice na Hané zaznamenán nebyl.

## 6.2.2 Obsah sušiny v nadzemní biomase na konci kvetení

Hodnocení výsledků obsahů sušiny na konci kvetení (BBCH 69) metodou vícenásobné analýzy rozptylu prokázalo statisticky průkazný vliv ročníku na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti Humpolec byl pomocí metody vícenásobné analýzy rozptylu zaznamenán statisticky průkazný vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah sušiny v nadzemní biomase na konci kvetení (Tab. 14).

Ve sklizňových letech 2008 a 2009 nebyly až na jednu výjimku na stanovišti Humpolec zaznamenány statisticky průkazné rozdíly v obsahu sušiny v nadzemní biomase ve fázi BBCH 69 mezi systémy hnojení. V roce 2010 na stanovišti Hněvčeves byl zaznamenán průkazně nižší obsah sušiny u varianty CULTAN II+S ve srovnání s variantou CULTAN II, kde síra dodána nebyla. Na stanovišti Humpolec bylo na variantě CULTAN II+S dosaženo průkazně vyššího obsahu sušiny ve srovnání s konvenční variantou se sírou I+S. Pozitivní účinek síry dodané injektážně se projevil také v roce 2011 na stanovišti Hněvčeves i Humpolec. Na variantě CULTAN II+S bylo dosaženo průkazně vyššího obsahu sušiny v nadzemní biomase ve srovnání s variantou konvenční I+S na stanovišti Hněvčeves a ve srovnání s variantou konvenční I na stanovišti Humpolec. Sedlář et al. (2011a) pozorovali v pozdějších fázích růstu ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) často vyšší obsah sušiny u CULTAN variant v porovnání s variantami konvenčními. Také Schittenhelm et Menge-Hartmann (2006) pozorovali vyšší obsah sušiny u rostlin ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) hnojených amonnou formou dusíku ve srovnání s rostlinami hnojenými nitrátovou formou dusíku.

Průkazně vyšší hodnoty obsahu sušiny u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) byly zaznamenány v roce 2012 na stanovišti Humpolec. Rozdíl mezi variantou konvenční I a CULTAN II byl na úrovni 3,3 % a rozdíl mezi variantou CULTAN II+S a konvenční II byl na úrovni 1,7 %. To je v rozporu s Cramer et Lewis (1993), kteří pozorovali nižší akumulaci biomasy po hnojení amonným dusíkem ve srovnání s nitrátovým dusíkem u pšenice (*Triticum aestivum* L.) a kukuřice (*Zea mays* L.). Jejich

pokusy však probíhaly hydroponicky, což mohlo způsobit větší toxicitu amoniaku. Přesto se mnoho autorů shoduje na tom, že zdroj dusíku pouze ve formě amonné inhibuje růst rostlin ve srovnání s nitrátovým dusíkem nebo směsí nitrátového a amonného dusíku (Claussen et Lenz, 1999; Guo, 2001).

**Tab. 14: Obsah sušiny (%) v rostlinách řepky ve fázi BBCH 69**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	16,28 <sup>a</sup>	16,29 <sup>a</sup>	14,76 <sup>ab</sup>	14,58 <sup>ab</sup>	14,85 <sup>a</sup>
	CULTAN II	15,39 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	16,11 <sup>a</sup>	15,44 <sup>ab</sup>	15,34 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	14,80 <sup>a</sup>	16,43 <sup>a</sup>	15,23 <sup>ab</sup>	13,80 <sup>a</sup>	14,62 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	15,03 <sup>a</sup>	16,22 <sup>a</sup>	13,91 <sup>b</sup>	16,75 <sup>b</sup>	15,02 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	17,66 <sup>a</sup>	16,97 <sup>a</sup>	16,04 <sup>ab</sup>	16,84 <sup>a</sup>	15,25 <sup>a</sup>
	CULTAN II	20,00 <sup>b</sup>	16,72 <sup>a</sup>	16,46 <sup>ab</sup>	17,97 <sup>ab</sup>	18,53 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	17,22 <sup>a</sup>	17,23 <sup>a</sup>	15,43 <sup>a</sup>	17,54 <sup>ab</sup>	15,47 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	17,87 <sup>a</sup>	17,15 <sup>a</sup>	16,74 <sup>b</sup>	18,94 <sup>b</sup>	17,13 <sup>c</sup>
Čáslav	Konvenční I	15,33 <sup>a</sup>	15,62 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	14,98 <sup>a</sup>	14,64 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	15,76 <sup>a</sup>	15,63 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	15,15 <sup>a</sup>	15,28 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	18,39 <sup>ab</sup>	17,94 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	19,09 <sup>b</sup>	17,71 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	18,33 <sup>ab</sup>	18,19 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	17,98 <sup>a</sup>	18,00 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Na stanovišti Ivanovice na Hané bylo průkazně vyššího obsahu sušiny dosaženo na CULTAN variantě II ve srovnání s CULTAN variantou II+S (Tab. 14). Tato varianta dosáhl o 1,1 % vyššího obsahu sušiny.

Mezi variantami hnojení nebyly během pokusných let zaznamenány statisticky průkazné rozdíly v obsahu sušiny ve fázi na počátku kvetení (BBCH 60) a na konci kvetení (BBCH 69) (Tab. 15). U obou variant CULTAN (II, II+S) byl pozorován vyšší obsah sušiny ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) v obou sledovaných fázích, tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný.

**Tab. 15: Vliv varianty, stanoviště a roku na obsah sušiny v rostlinách řepky (%)**

Varianta/Stanoviště/Rok	Počátek kvetení (BBCH 60)	Konec kvetení (BBCH 69)
Konvenční I	10,78 <sup>a</sup>	16,20 <sup>a</sup>
CULTAN II	11,14 <sup>a</sup>	16,71 <sup>a</sup>
Konvenční I+S	10,61 <sup>a</sup>	16,12 <sup>a</sup>
CULTAN II+S	10,80 <sup>a</sup>	16,51 <sup>a</sup>
Hněvčeves	9,79 <sup>a</sup>	15,32 <sup>a</sup>
Humpolec	11,12 <sup>b</sup>	17,21 <sup>b</sup>
Čáslav*	11,37 <sup>ab</sup>	15,23 <sup>a</sup>
Ivanovice na Hané**	12,17 <sup>b</sup>	18,20 <sup>b</sup>
2008	10,20 <sup>a</sup>	16,29 <sup>a</sup>
2009	12,20 <sup>b</sup>	16,15 <sup>a</sup>
2010	8,30 <sup>c</sup>	15,59 <sup>a</sup>
2011	11,00 <sup>ab</sup>	17,14 <sup>a</sup>
2012	11,60 <sup>db</sup>	16,50 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro variantu, stanoviště a rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ). \*průměr za roky 2008-2009; \*\*průměr za roky 2011-2012

Na stanovišti Humpolec, které leží ve vyšší nadmořské výšce a na méně úrodných půdách, ale mělo by být z hlediska rajonizace pro řepku vhodnější oblastí, bylo dosaženo průkazně vyššího obsahu sušiny ve fázi po kvetení ve srovnání se stanovištěm Hněvčeves. Průkazně vyššího obsahu sušiny bylo dále dosaženo na stanovišti Ivanovice na Hané ve srovnání se stanovištěm Čáslav. Pokus na těchto stanovištích však probíhal pouze ve dvouletých cyklech.

Průkazně vyšší hodnoty sušiny na začátku kvetení byly zaznamenány v roce 2009 a 2012 ve srovnání s rokem 2008 a 2010. V roce 2009 a 2012 bylo dosaženo průměrně o 2,7 % vyšší obsahu sušiny ve srovnání s rokem 2008 a 2010. V roce 2011 byl zaznamenán průkazně vyšší obsah sušiny ve srovnání s rokem 2010. Rozdíl byl na úrovni 2,8 %.

Na konci kvetení nebyly pozorovány žádné rozdíly v obsahu sušiny mezi jednotlivými ročníky.

### 6.2.3 Dynamika nárůstu sušiny v období na počátku a konci kvetení

V nárůstu obsahu sušiny v období od začátku kvetení do konce kvetení nebyly pozorovány průkazné rozdíly mezi variantami hnojení na stanovišti Hněvčeves v průběhu pokusných let 2008-2012 (Tab. 16). Na stanovišti Humpolec, došlo k průkazně vyšší akumulaci sušiny v období kvetení u varianty CULTAN (II) ve srovnání s variantou konvenční (I) v roce 2008. Rozdíl činil 1,2 %. V roce 2011 došlo k průkazně vyšší akumulaci sušiny v období kvetení u varianty CULTAN se sírou (II+S) ve srovnání s konvenční variantou, kde síra dodána nebyla (I). Varianty se lišily o 2,0 %. Na stanovišti Čáslav nedošlo v letech 2008-2009 k průkaznému rozdílu v akumulaci sušiny v období kvetení mezi variantami hnojení. Na stanovišti Ivanovice na Hané byl pozorován vyšší nárůst sušiny u varianty CULTAN (II) ve srovnání s konvenční variantou (I+S). Nárůst činil 1,6 %.

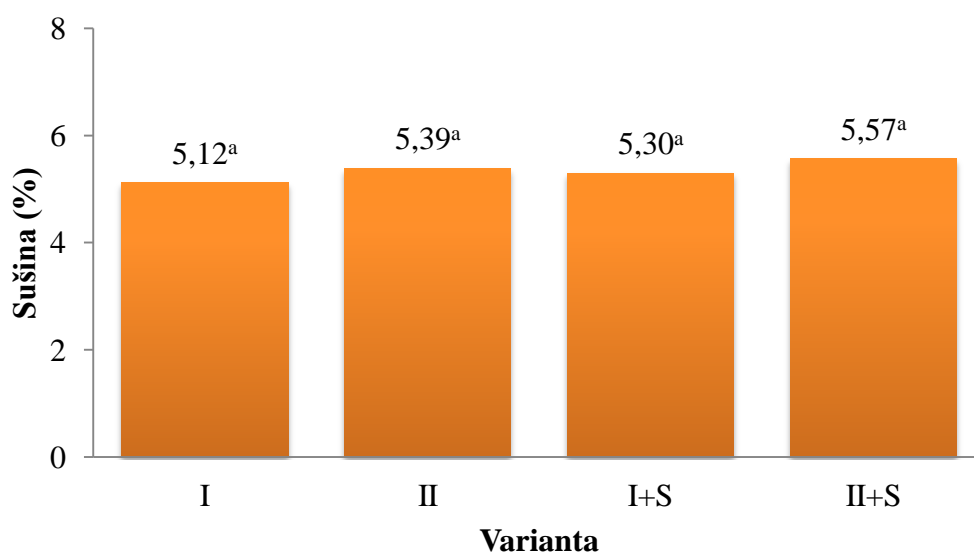
**Tab. 16: Dynamika nárůstu sušiny (%) v období mezi fázemi růstu BBCH 60 a 69**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	7,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>
	CULTAN II	4,2 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	6,3 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	5,9 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	6,5 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>
	CULTAN II	7,7 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	5,9 <sup>ab</sup>	4,2 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	6,8 <sup>ab</sup>	3,4 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	6,1 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	6,7 <sup>ab</sup>	4,2 <sup>a</sup>	8,6 <sup>a</sup>	6,8 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>
Čáslav	Konvenční I	6,2 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	4,7 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I +S	6,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	4,7 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	6,9 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	8,2 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	-	-	-	6,6 <sup>b</sup>	5,1 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	7,1 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Vzhledem ke statisticky neprůkazným obsahům sušiny na začátku a na konci kvetení mezi konvenční aplikací hnojiv a metodou CULTAN, nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly v nárůstu sušiny v období kvetení (BBCH 60-69) (graf 1). Hodnoty nárůstu sušiny se pohybovaly v úzkém rozmezí 5,12 až 5,57 %. Nejvyšší nárůst sušiny v nadzemní biomase byl pozorován na variantě CULTAN (II+S), kde byla zároveň dodána i síra. Naopak nejnižší nárůst sušiny byl pozorován na variantě konvenční (I).

**Graf 1: Množství akumulované sušiny (%) v období mezi fázemi růstu BBCH 60 a 69**  
(průměr za všechna stanoviště a roky)



Varianty označené stejným písmenem nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.3 Obsah celkového dusíku v nadzemní biomase

### 6.3.1 Obsah dusíku na začátku kvetení

Hodnocení výsledků obsahu dusíku v nadzemní biomase na počátku kvetení (BBCH 60) metodou vícenásobné analýzy rozptylu prokázalo statisticky průkazný vliv ročníku na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti Humpolec byl zaznamenán statisticky průkazný vliv varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku. Obsah dusíku na počátku kvetení na stanovišti Ivanovice na Hané byl průkazně ovlivněn ročníkem a na stanovišti Čáslav také ročníkem (Tab. 17).

V obsahu dusíku na stanovišti Hněvčeves, Čáslav a Ivanovice na Hané nebyly pozorovány statisticky průkazné rozdíly mezi sledovanými systémy hnojení v průběhu pokusných let. Na stanovišti Humpolec měl přírůstek síry v hnojivu v roce 2008 a 2011

průkazný vliv na vyšší obsah dusíku v nadzemní biomase, neboť na variantách I+S a II+S bylo zpravidla dosaženo vyšších obsahů dusíku ve srovnání s variantami, kde síra dodána nebyla (I, II). V roce 2008 dosáhla konvenční varianta I+S o 1,0 % vyššího obsahu dusíku v nadzemní biomase než konvenční varianta bez síry I, což souhlasí s Malik et al. (2004). Nejvyšší výnos pozorovali v případě, kdy bylo dodáno 100 kg.ha<sup>-1</sup> síry a nejnižšího výnosu bylo dosaženo na variantě kontrolní, kde žádná síra dodána nebyla. Rozdíl v obsahu dusíku mezi systémy hnojení byl zaznamenán v roce 2010 na stanovišti Humpolec. CULTAN varianta II, zde dosáhla o 0,9 % nižšího obsahu dusíku ve srovnání s konvenční variantou I.

**Tab. 17: Obsah dusíku v rostlinách (% N) ve fázi BBCH 60**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	3,01 <sup>a</sup>	3,53 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>	2,92 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>
	CULTAN II	3,15 <sup>a</sup>	3,64 <sup>a</sup>	3,69 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	3,70 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	3,15 <sup>a</sup>	3,70 <sup>a</sup>	4,05 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	2,68 <sup>a</sup>	3,43 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	4,01 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	2,85 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	3,20 <sup>ab</sup>	3,44 <sup>a</sup>
	CULTAN II	2,21 <sup>a</sup>	2,80 <sup>a</sup>	2,57 <sup>b</sup>	2,70 <sup>a</sup>	2,39 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	3,81 <sup>b</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>	3,28 <sup>b</sup>	3,26 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	3,11 <sup>ab</sup>	2,87 <sup>a</sup>	3,37 <sup>a</sup>	3,22 <sup>b</sup>	3,01 <sup>a</sup>
Čáslav	Konvenční I	3,34 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	3,46 <sup>a</sup>	3,23 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	3,71 <sup>a</sup>	3,21 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	3,38 <sup>a</sup>	3,03 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	2,53 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	2,60 <sup>a</sup>	3,46 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	2,51 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	2,51 <sup>a</sup>	3,24 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

V roce 2011 byl zjištěn na stanovišti Humpolec průkazně vyšší obsah dusíku u variant s přidavkem síry, konvenční I+S a CULTAN II+S ve srovnání s variantami konvenční I a CULTAN II. V roce 2012 varianta CULTAN II dosáhla o 1,1 % nižšího obsahu dusíku v nadzemní biomase ve srovnání s variantou I. Hlavní podíl dusíku v pozdějších fázích růstu



rostlina získává remobilizací N již dříve naakumulovaného ve vegetativních orgánech a listech (Rossato et al., 2001). Akumulace dusíku ve stoncích je maximální na začátku kvetení bez ohledu na dávku dusíku. Následně dochází k jeho mobilizaci, která souvisí s vývojem reprodukčních orgánů (Gombert et al., 2010). U metody CULTAN by měl být příjem dusíku řízený a kontinuální s ohledem na potřebu rostliny (Sommer, 2005), což nebylo u varianty II na stanovišti Humpolec pozorováno.

### 6.3.2 Obsah dusíku na konci kvetení

Na základě hodnocení obsahu dusíku v nadzemní biomase na konci kvetení (BBCH 69) metodou vícenásobné analýzy rozptylu byl prokázán vliv ročníku na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti Humpolec byl zaznamenán statisticky průkazný vliv varianty, ročníku a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku v nadzemní biomase rostlin řepky (Tab. 18). Obsah dusíku na konci kvetení na stanovišti Ivanovice na Hané byl průkazně ovlivněn ročníkem a stejně tak i na stanovišti Čáslav.

Obsah dusíku v rostlinách CULTAN (II, II+S) byl průkazně nižší ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) na stavišti Humpolec v roce 2010, 2011 a 2012. Rozdíl činil 0,4 %, 0,3 % a 1,0 %. Konvenční varianty prokázaly větší příjem dusíku po období kvetení. Gombert et al. (2010) dále zjistili, že při dodání 100 kg N.ha<sup>-1</sup> je dusík v období kvetení z půdy již vyčerpán, kdežto při dávce 200 kg N.ha<sup>-1</sup> má rostlina v tomto období dusík ještě k dispozici z půdní zásoby. Vzhledem k nižším hodnotám obsahu dusíku v nadzemní biomase u variant CULTAN (II, II+S) v roce 2010, 2011 a 2012 lze usuzovat, že oblast depa byla v období po kvetení již vyčerpána, nebo nastaly takové podmínky (sucho a teplo), které omezily příjem dusíku z depa. Flisch et al. (2013) zjistili, že amonný dusík aplikovaný do depa je během několika týdnů v půdě nitrifikován.

Na stanovišti Hněvčeves byl v roce 2010 pozorován statisticky průkazný rozdíl v obsahu dusíku po kvetení mezi variantami I a II. Varianta konvenční I dosáhla o 0,4 % vyššího obsahu dusíku ve srovnání s CULTAN variantou II. Peklová et al. (2013) uvádí, že při hnojení řepky ozimé konvenčním způsobem byl zjištěn vyšší obsah dusíku v jednotlivých částech rostliny ve fázi zrání (kořen, spodní listy, horní listy, stonek) ve srovnání s rostlinami hnojenými metodou CULTAN na stanovišti Hněvčeves.

Sedlář et al. (2013) vysvětluje nižší koncentraci dusíku v nadzemní biomase ječmene jarního obrannou schopností rostliny proti nadměrnému příjmu amonného dusíku, který působí v rostlinných pletivech fytotoxicky. Několik studií s řepkou ozimou prokázalo zvýšení

příjmu dusíku v období prodlužovacího růstu a kvetení (Lancashire et al., 1991), zatímco minimální příjem dusíku byl pozorován v období tvorby šesulí a zrání (Malagoli et al., 2004; Schjoerring et al., 1995).

**Tab. 18: Obsah dusíku ve fázi BBCH 69 (%)**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	1,61 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,42 <sup>a</sup>	2,00 <sup>ab</sup>	1,81 <sup>b</sup>	1,93 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	1,55 <sup>a</sup>	2,28 <sup>ab</sup>	2,08 <sup>ab</sup>	2,03 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,51 <sup>a</sup>	2,35 <sup>b</sup>	2,03 <sup>ab</sup>	2,09 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	1,53 <sup>a</sup>	2,38 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	2,76 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,34 <sup>ab</sup>	2,30 <sup>a</sup>	1,87 <sup>b</sup>	1,82 <sup>ab</sup>	1,54 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	1,49 <sup>ab</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,43 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	2,74 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,18 <sup>b</sup>	2,09 <sup>a</sup>	1,87 <sup>b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	2,12 <sup>c</sup>
Čáslav	Konvenční I	2,18 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	1,95 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	1,96 <sup>a</sup>	2,52 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	2,02 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	1,61 <sup>a</sup>	2,43 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	1,35 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	1,66 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	1,81 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Byl prokázán nižší obsah dusíku v nadzemní biomase u CULTAN varianty II ve srovnání s konvenční variantou I na počátku kvetení a s konvenční variantou I+S na konci kvetení. Rozdíl mezi těmito variantami činil na počátku květu 0,3 % a na konci kvetení také 0,3 % (Tab. 19).

Rozdíly mezi stanovišti v obsahu dusíku v nadzemní biomase bez ohledu na systém hnojení byly pozorovány zejména na počátku kvetení. Průkazně vyšších obsahů dusíku bylo dosaženo na stanovišti Hněvčeves ve srovnání se stanovištěm Humpolec a na stanovišti Čáslav ve srovnání se stanovištěm Ivanovice na Hané. Rozdíl mezi stanovištěm Hněvčeves a

Humpolec činil 0,4 %. Na stanovišti Čáslav bylo dosaženo o 0,4 % vyššího obsahu dusíku v nadzemní biomase ve srovnání se stanovištěm Ivanovice na Hané.

Průkazně nejnižšího obsahu dusíku v nadzemní biomase na začátku kvetení ve srovnání s ostatními roky bylo dosaženo v roce 2011. Rozdíl mezi nejvyšším obsahem dusíku v roce 2010 a nejnižším obsahem dusíku v roce 2011 činil 0,6 %. Vyšší obsah dusíku v nadzemní biomase byl prokázán v roce 2010 ve srovnání s roky 2008, 2009 a 2011.

Po kvetení byl nejnižší obsah dusíku v nadzemní biomase prokázán v roce 2008 a 2011. Průkazně vyšší obsah dusíku byl dále pozorován v roce 2012 ve srovnání s rokem 2010.

**Tab. 19: Vliv varianty, stanoviště a roku na obsah dusíku v nadzemní biomase (%)**

Varianta/Stanoviště/Rok	Počátek kvetení (BBCH 60)	Konec kvetení (BBCH 69)
Konvenční I	3,18 <sup>ab</sup>	2,09 <sup>a</sup>
CULTAN II	3,03 <sup>a</sup>	1,87 <sup>b</sup>
Konvenční I +S	3,35 <sup>b</sup>	2,16 <sup>a</sup>
CULTAN II+S	3,20 <sup>ab</sup>	1,99 <sup>ab</sup>
Hněvčeves	3,43 <sup>a</sup>	1,99 <sup>a</sup>
Humpolec	3,02 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>
Čáslav*	3,29 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>
Ivanovice na Hané**	2,94 <sup>b</sup>	2,04 <sup>a</sup>
2008	3,15 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>
2009	3,18 <sup>ab</sup>	2,24 <sup>be</sup>
2010	3,48 <sup>bd</sup>	2,07 <sup>cb</sup>
2011	2,85 <sup>c</sup>	1,82 <sup>a</sup>
2012	3,40 <sup>ad</sup>	2,35 <sup>de</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro variantu, stanoviště a rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ). \*průměr za roky 2008-2009; \*\*průměr za roky 2011-2012

### 6.3.3 Změna obsahu dusíku v rostlinách řepky v období kvetení

Na stanovišti Hněvčeves nebyly v průběhu pokusných let 2008-2012 zaznamenány rozdíly mezi variantami hnojení v poklesu obsahu dusíku v nadzemní biomase v období kvetení (Tab. 20). Systém hnojení neměl vliv na změnu obsahu dusíku v biomase v průběhu kvetení. Rostliny snížily obsah dusíku v nadzemní biomase bez ohledu na variantu hnojení v důsledku zředovacího efektu v rozmezí od 0,8 do 2 % na stanovišti Hněvčeves. Pokles

obsahu dusíku v rostlině je spjat s růstem rostliny a je označován jako zředovací efekt v důsledku tvorby asimilátů. Během aktivního růstu rostlina potřebuje méně a méně jednotek dusíku na tvorbu každé nové jednotky sušiny (Salette et Lemaire, 1981). Odběr dusíku rostlinami, může být regulován jak dostupností dusíku v půdě tak růstem rostliny se kterým souvisí i rozvoj listové plochy (Deviene-Barret et al., 2000). Odběr dusíku řepkou je obvykle nižší po kvetení a dodání dusíku z vegetujících pletiv je obvykle hlavním zdrojem pro pokrytí požadavků řepky na dusík v době tvorby semen (Malagoli et al., 2005). Schjoerring et al. (1995) zaznamenali, že může dojít ke zvýšení obsahu N v nadzemní biomase v období po kvetení v podmínkách nedostatečné výživy dusíkem, pokud byl příjem dusíku omezen dostupností vody. Během období kvetení je řepka náchylná ke stresu z nedostatku vody (Richards et Thurling, 1978). Sommer (2005) naproti tomu uvádí, že rostliny pěstované v systému CULTAN vykazují zvýšenou odolnost proti stresům způsobeným nedostatkem vody. K tomu je zřejmě několik důvodů: větší rozvoj kořenů, rozdíly v síle buněčných stěn, nižší transpirační koeficient, lepší využití přijaté vody, změna poměru nadzemní část:kořeny.

V roce 2008 došlo na stanovišti Humpolec k průkazně nižšímu poklesu obsahu dusíku v nadzemní biomase mezi variantou konvenční I+S a CULTAN II. Varianta CULTAN II prokázala nižší pokles obsahu dusíku v nadzemní biomase. Rozdíl byl na úrovni téměř 1,5 %. Na stejném stanovišti došlo k průkaznému rozdílu v poklesu obsahu dusíku i v rámci samotných CULTAN variant v roce 2011. U CULTAN varianty II došlo k průkazně nižšímu poklesu obsahu dusíku v nadzemní biomase ve srovnání s CULTAN variantou II+S. Rozdíl byl na úrovni 0,75 %.

Na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané rozdíly v poklesu obsahu dusíku v nadzemní biomase zaznamenány nebyly.

V poklesu obsahu dusíku v nadzemní biomase v období kvetení mezi variantami hnojení nebyly v průběhu let 2008-2012 na všech pokusných stanovištích zaznamenány průkazné rozdíly (graf 2). V rámci variant došlo k poklesu dusíku v důsledku zředovacího efektu v rozpětí 1,10-1,21 %. Nejnižší pokles obsahu dusíku nastal u varianty konvenční (I) a naopak nejvyšší pokles obsahu dusíku nastal u varianty CULTAN (II+S). Pokles obsahu dusíku byl téměř shodný u variant, kde byla spolu s dusíkem dodána i síra (I+S, II+S).

Vzhledem ke zvýšené potřebě karbohydrátů u rostlin hnojených amonnou formou dusíku a klesajícímu trendu příjmu dusíku rostlinou během kvetení a po kvetení by se dalo očekávat, že u rostlin hnojených systémem CULTAN, bude pokles obsahu dusíku v důsledku zředovacího efektu markantnější. Vliv systému hnojení neměl vliv na vyšší pokles dusíku v nadzemní biomase v důsledku zředovacího efektu během kvetení.

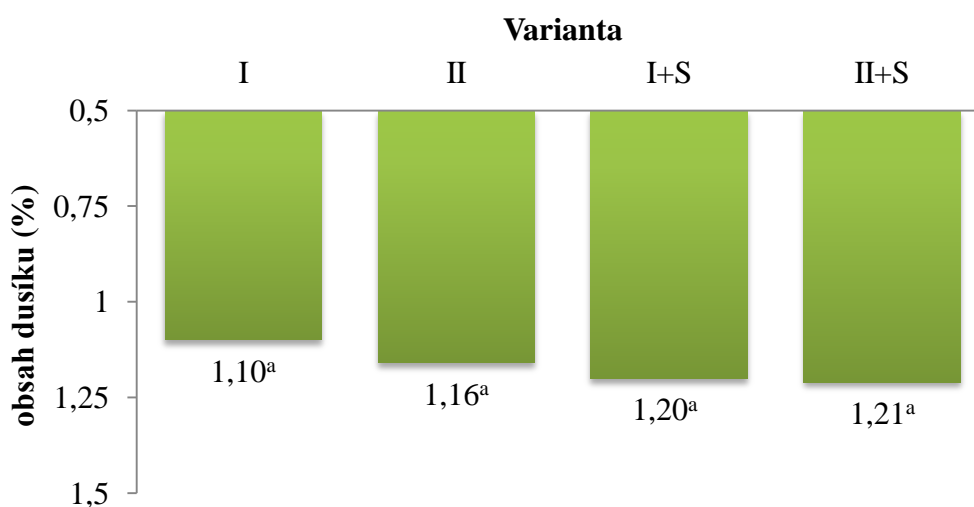
**Tab. 20: Změna obsahu dusíku (%) v období kvetení BBCH 60-69**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	1,40 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,74 <sup>a</sup>	1,64 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	1,60 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,18 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	1,28 <sup>ab</sup>	0,21 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,15 <sup>ab</sup>	0,68 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,83 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,86 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	2,30 <sup>b</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	1,24 <sup>ab</sup>	0,53 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,75 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	1,63 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>
Čáslav	Konvenční I	1,16 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	1,52 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	1,75 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	1,36 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	0,92 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	1,22 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	0,85 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	0,70 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ )

**Graf 2: Změna obsahu dusíku (%) v období kvetení BBCH 60-69**

(průměr za všechna stanoviště a roky)



Varianty označené stejným písmenem nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ )

## 6.4 Index výživy dusíkem

Index výživy dusíkem (NNI) se pohyboval v rozmezí 0,83-1,55 na stanovišti Hněvčeves a v rozmezí 0,70 - 1,18 na stanovišti Humpolec během pokusných let. V Čáslavi bylo rozpětí hodnot indexu výživy rostlin dusíkem od 0,88 do 1,21 a v Ivanovicích na Hané od 0,88 do 1,20 (Tab. 21). Ačkoliv byla použita stejná celková dávka dusíku u všech variant hodnoty  $NNI < 1$  byly častěji zaznamenány u variant CULTAN (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) a indikovaly nedostatečnou výživu dusíkem vzhledem k množství akumulované sušiny.

Hodnoty NNI byly vyšší průměrně o 37 %, 38 % a o 50 % než 1, což znamená nadměrnou výživu N na všech variantách v letech 2009, 2010 a 2012 na stanovišti Hněvčeves. Na druhou stranu, hodnoty NNI byli velmi blízko hodnotě 1 a tím pádem optimální výživě dusíkem v roce 2008 a 2011.

Nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly v indexu výživy rostlin dusíkem (NNI) mezi systémy hnojení. Důvodem je pravděpodobně půdní typ a kvalita organické hmoty. U parametrů výpočtu NNI (% sušiny, % dusíku) Peklová et al. (2012) nepozorovali na půdách typu hnědozem žádné rozdíly mezi systémy hnojení v růstové fázi řepky ozimé BBCH 60.

V růstové fázi BBCH 60 byla hodnota NNI v průměru o 33 % a 34 % nižší u variant II a II+S ve srovnání s variantami I a I+S v roce 2011 a 2012 na stanovišti Humpolec. V roce 2008 byla hodnota NNI na stanovišti Humpolec v průměru o 41 % nižší u varianty II ve srovnání s variantou I+S. Tento výsledek do jisté míry koresponduje s výsledky výnosů semen, které byly nižší po CULTAN systému hnojení (II a II+S) ve srovnání s konvenčním systémem (I a I+S) v roce 2008 a 2012 v Humpolci. Na všech variantách byla vyšší koncentrace dusičnanů v půdě před hnojením porostu (začátek března) a poměrně teplé zimní období v letech 2007/ 2008 a 2011/2012. Lze předpokládat, že po injektáži hnojiv s vysokým obsahem amonného dusíku byl pro rostliny problematický přechod z výživy dusičnanovým dusíkem na výživu, kde je převládající formou amonná forma dusíku, která je v souladu s principy výživy metodou CULTAN. Tento závěr je podpořen tvrzením Schittenhelm et Menge-Hartmann (2006). Rostliny hnojené nitrátovou formou dusíku můžou na rozdíl od amonné formy dusíku, prakticky okamžitě začít tento dusík přijímat, neboť je více rovnoměrně rozptýlen v půdě. Nějakou dobu trvá kořenům, které mají dosáhnout k zónám obsahujícím injektované kapalné hnojivo, než vytvoří dostatečnou kořenovou síť k dostatečnému příjmu dusíku a následnému růstu. Na stanovišti Čáslav nebyly zaznamenány

průkazné rozdíly indexu výživy rostlin dusíkem (NNI) během sledovaných let. V roce 2008 byly hodnoty NNI vyrovnané. Pouze varianta II+S dosáhla o 21 % vyšších hodnot než je optimální hodnota indexu výživy dusíkem (1). V roce 2009 zde bylo naopak dosaženo nejnižších hodnot indexu výživy rostlin dusíkem ve srovnání s ostatními variantami. V Ivanovicích na Hané nebyly pozorovány průkazné rozdíly indexy výživy dusíkem v letech 2011 a 2012. Dle hodnot NNI byla výživa dusíkem luxusnější v roce 2012 ve srovnání s rokem 2011. Na všech variantách byly hodnoty NNI vyšší než 1.

**Tab. 21: Hodnoty indexu výživy dusíkem na počátku kvetení řepky ozimé (BBCH 60)**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	1,04 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,00 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	1,05 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,83 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	0,88 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,70 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>
	Konvenční I +S	1,18 <sup>b</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,01 <sup>ab</sup>	0,89 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,92 <sup>ab</sup>
Čáslav	Konvenční I	0,99 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	1,05 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I +S	1,21 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	1,03 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	0,99 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	0,91 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	-	-	-	0,92 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	0,88 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.5 Výnosové charakteristiky porostu

### 6.5.1 Hmotnost tisíce semen

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na hmotnost tisíce semen (HTS) na stanovišti Hněvčeves. V Humpolci byl prokázán vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty. Na stanovišti Ivanovice na Hané byla HTS ovlivněna ročníkem (Tab. 22).

U variant II a II+S (CULTAN) byly zjištěny vyšší hodnoty HTS průměrně o 0,37 g ve srovnání s variantami konvenčními (I, I+S) v roce 2009 na stanovišti Hněvčeves. V roce 2010 statisticky průkazné rozdíly v HTS mezi systémy hnojení zaznamenány nebyly. Vyšší HTS prokázala varianta II+S ve srovnání s variantou I+S v roce 2012. Byl zaznamenán rozdíl 0,39 g ve prospěch II+S. To není v souladu s výsledky Sedlář et al. (2011b), který pozorovali v pokusu s jarním ječmenem nižší závislost výnosu zrna na síře aplikované CULTAN metodou. Christen et Sieling (1995) uvádí, že HTS je ovlivněna více ročníkem než pokusnou variantou a má malý vliv na výnos semen.

Na stanovišti Humpolec HTS kolísala v průběhu pokusných let. Zpravidla bylo nižších hodnot dosahováno na variantách CULTAN (II, II+S). K průkazně nižšímu hmotnosti semen obou CULTAN variant (II, II+S) došlo jednoznačně v roce 2009 a 2012. Rozdíl HTS činil průměrně 0,17 g v roce 2009 a 0,32 g v roce 2012 ve prospěch konvenčních variant (I, I+S). Průkazně nižší HTS byla zaznamenána u varianty CULTAN II ve srovnání s variantami I+S a II+S v roce 2010. V roce 2011 došlo k průkazně nižší HTS u CULTAN II ve srovnání s variantou I, I+S a II+S.

Na stanovišti Čáslav v HTS žádné rozdíly zaznamenány nebyly. Hodnoty HTS byly během obou pokusných let velmi vyrovnané. Na stanovišti Ivanovice na Hané došlo k průkazně nižší hodnotě HTS na variantě II+S v průměru o 0,35 g ve srovnání s variantou konvenční I+S v roce 2012. Zároveň zde bylo dosaženo nejvyšších hodnot HTS ve srovnání s ostatními stanovišti a roky.



**Tab. 22: Hmotnost tisíce semen (g)**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	4,96 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	5,43 <sup>a</sup>
	CULTAN II	4,86 <sup>a</sup>	5,76 <sup>b</sup>	5,32 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	4,99 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	5,06 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	4,92 <sup>a</sup>	5,83 <sup>b</sup>	5,30 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	4,89 <sup>a</sup>	4,68 <sup>b</sup>	5,53 <sup>ab</sup>	5,39 <sup>a</sup>	5,44 <sup>a</sup>
	CULTAN II	4,55 <sup>b</sup>	4,53 <sup>a</sup>	5,46 <sup>b</sup>	5,18 <sup>b</sup>	5,12 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	4,64 <sup>b</sup>	4,89 <sup>c</sup>	5,60 <sup>a</sup>	5,48 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	4,57 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>	5,62 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,07 <sup>b</sup>
Čáslav	Konvenční I	4,93 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	4,95 <sup>a</sup>	4,97 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	4,98 <sup>a</sup>	5,02 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	5,00 <sup>a</sup>	4,97 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	4,80 <sup>a</sup>	6,66 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	4,80 <sup>a</sup>	6,64 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	5,09 <sup>a</sup>	6,58 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	4,85 <sup>a</sup>	6,23 <sup>b</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.5.2 Počet a výška rostlin

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv ročníku a varianty na výšku rostlin na stanovišti Hněvčeves (Tab. 23). V Humpolci byl prokázán vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na výšku rostlin (Tab. 24). V Čáslavi byl pozorován vliv ročníku na výšku rostlin. Na stanovišti Ivanovice na Hané byla výška rostlin ovlivněna pouze ročníkem (Tab. 25).

Rozdíly v počtu rostlin na  $m^2$  před hnojením porostu na jaře na stanovišti Hněvčeves během pokusných let 2008 až 2012 nebyly zaznamenány. Počet rostlin na  $m^2$  se pohyboval v rozmezí 36 až 50 rostlin. Optimální hustota rostlin hybridních odrůd řepky se pohybuje v rozmezí 60-70 na  $m^2$  (Sauer mann, 1995). Při uplatnění metody CULTAN jsou vhodnější porosty s počtem rostlin na  $m^2$  spíše na spodní hranici optima. Při nižším počtu rostlin na  $m^2$  rostliny více větví, listová plocha rostlin se zvětšuje a zvětšuje se počet šesulí na rostlině

(Leach et al., 1999). V systému hnojení CULTAN u řepky ozimé dochází k podpoře větvení a ke zvýšené násadě šesulí až o 20 % (Sommer, 2005).

Nižší rostliny po hnojení metodou CULTAN (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) byly prokázány v roce 2009 na stanovišti Hněvčeves. Rostliny po injektážní aplikaci dusíku byly průměrně o 9 cm nižší. V roce 2010 byl pozorován statisticky průkazně delší stonek na variantě konvenční I+S ve srovnání s variantou CULTAN II+S. Rozdíl činil 3,8 cm. Sedlář et al. (2011a) nezjistili rozdíly v délce stébla u ječmene jarního hnojeného systémem CULTAN a na povrch půdy. V ostatních pokusných letech nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly ve výšce rostlin mezi jednotlivými variantami, výška rostlin však byla zpravidla nižší u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S).

**Tab. 23: Počet rostlin (ks.m<sup>-2</sup>) a výška rostlin (cm) před sklizní**

Stanoviště	Parametr	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	počet rostlin	Konvenční I	48 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>
		CULTAN II	49 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
		Konvenční I+S	45 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	48 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>
	výška rostlin	Konvenční I	179,5 <sup>a</sup>	168,5 <sup>a</sup>	149,8 <sup>ab</sup>	128,4 <sup>a</sup>	132,8 <sup>a</sup>
		CULTAN II	178,2 <sup>a</sup>	156,5 <sup>b</sup>	147,5 <sup>ab</sup>	126,3 <sup>a</sup>	132,1 <sup>a</sup>
		Konvenční I+S	184,0 <sup>a</sup>	163,5 <sup>a</sup>	150,3 <sup>a</sup>	128,3 <sup>a</sup>	133,5 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	176,3 <sup>a</sup>	157,3 <sup>b</sup>	146,5 <sup>b</sup>	125,2 <sup>a</sup>	134,3 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný parametr nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Na stanovišti Humpolec nebyly pozorovány rozdíly v počtu rostlin na m<sup>2</sup> mezi variantami hnojení během pokusných let 2008-2012 (Tab. 24). Počet rostlin na m<sup>2</sup> se pohyboval v rozmezí 39-44 a byl výrazně pod hranicí optimálního počtu rostlin na m<sup>2</sup> pro hybridní odrůdy řepky.

Průkazně nižší výška rostlin CULTAN (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) byla zaznamenána v roce 2008. Varianty po injektážní aplikaci dusíku dosáhly průměrně o 20 cm nižší délky stonku ve srovnání s variantami, kde byl dusík dodán systémem dělených dávek. Průkazně nižší délka stonku CULTAN varianty (II) ve srovnání s konvenční variantou (I) byla dále prokázána v roce 2009 a 2012. Rozdíl byl 5,5 a 5 cm.

Naopak průkazně nejvyšší délka stonku CULTAN varianty II+S ve srovnání s ostatními variantami byla zaznamenána v roce 2010. V roce 2011 CULTAN varianta II dosáhla průkazně vyšší délky stonku ve srovnání s konvenční variantou I. Rozdíl byl 3,3 cm.

**Tab. 24: Počet rostlin (ks.m<sup>-2</sup>) a výška rostlin (cm) před sklizní**

Stanoviště	Parametr	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Humpolec	počet rostlin	Konvenční I	43 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
		CULTAN II	44 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
		Konvenční I+S	42 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	44 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
	výška rostlin	Konvenční I	173,7 <sup>a</sup>	143,3 <sup>ac</sup>	156,8 <sup>a</sup>	160,5 <sup>a</sup>	138,8 <sup>a</sup>
		CULTAN II	161,0 <sup>b</sup>	137,8 <sup>b</sup>	155,3 <sup>a</sup>	163,8 <sup>b</sup>	133,8 <sup>b</sup>
		Konvenční I+S	179,8 <sup>c</sup>	140,5 <sup>a</sup>	156 <sup>a</sup>	161,0 <sup>ab</sup>	139,8 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	173,5 <sup>a</sup>	144,5 <sup>c</sup>	160,5 <sup>b</sup>	162,3 <sup>ab</sup>	139,5 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný parametr nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Na stanovišti Čáslav nebyly pozorovány rozdíly ve výšce rostlin mezi jednotlivými variantami hnojení během pokusných let 2008 a 2009 (Tab. 25). Průkazně vyšší počet rostlin na m<sup>2</sup> u varianty konvenční I+S ve srovnání s variantou CULTAN II a konvenční I byl zaznamenán v roce 2008.

Na stanovišti Ivanovice na Hané byl průkazně nižší počet rostlin zaznamenán u varianty II+S ve srovnání s variantou I+S a II (Tab. 25). Mezi variantou II+S a I+S byl rozdíl největší a činil 12 ks na m<sup>2</sup>. Mezi variantou II+S a II byl rozdíl celkem 9 rostlin na m<sup>2</sup>. Nejvyšší výška rostlin byla zaznamenána u varianty II ve srovnání s variantou I a I+S. Rozdíl byl na úrovni 4 a 4,3 cm.

**Tab. 25: Počet rostlin (ks.m<sup>-2</sup>) a výška rostlin (cm) před sklizní**

Stanoviště	Parametr	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Čáslav*/ Ivanovice na Hané**	počet rostlin	Konvenční I	34 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	-	60 <sup>a</sup>	34 <sup>ab</sup>
		CULTAN II	35 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>	-	57 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	44 <sup>b</sup>	48 <sup>a</sup>	-	55 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	37 <sup>ab</sup>	46 <sup>a</sup>	-	51 <sup>a</sup>	29 <sup>b</sup>
	výška rostlin	Konvenční I	144,5 <sup>a</sup>	116,6 <sup>a</sup>	-	135,8 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>
		CULTAN II	142,5 <sup>a</sup>	116,0 <sup>a</sup>	-	133,5 <sup>a</sup>	94,3 <sup>b</sup>
		Konvenční I +S	142,0 <sup>a</sup>	117,8 <sup>a</sup>	-	133,0 <sup>a</sup>	90,3 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	138,5 <sup>a</sup>	119,7 <sup>a</sup>	-	134,5 <sup>a</sup>	92,0 <sup>ab</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný parametr nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

\* 2008-2009; \*\* 2011-2012

## 6.6 Obsahy dusíku ve sklizňových produktech

### 6.6.1 Obsah dusíku v semeni řepky ozimé

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv ročníku varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku v semeni na stanovišti Hněvčeves. V Humpolci byl prokázán vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku. V Čáslavi byl pozorován pouze vliv ročníku na obsah dusíku v semeni. Na stanovišti Ivanovice na Hané byl obsah dusíku také ovlivněn ročníkem (Tab. 26).

Na stanovišti Hněvčeves byly hodnoty obsahů dusíku v semeni u obou CULTAN variant (II, II+S) průkazně nižší ve srovnání s oběma konvenčními variantami (I, I+S) v roce 2008. Tato situace nastala také na stanovišti Humpolec. Obě varianty CULTAN dosáhly průkazně nižších hodnot obsahu dusíku ve srovnání s oběma konvenčními variantami, průměrně o 0,4 %. Tento rok byly na všech pokusných stanovištích zjištěny průkazně nižší hodnoty obsahů dusíku v semeni řepky ozimé u variant hnojených metodou CULTAN ve srovnání s konvenčními variantami bez ohledu na přidavek síry v hnojivu. Tyto výsledky jsou v rozporu se zjištěním Felgentreu (2003), který v polních pokusech s řepkou ozimou během dvou let pozoroval vyšší obsah bílkovin v semeni po hnojení CULTAN metodou ve srovnání se systémem dělených dávek dusíku.

V roce 2009 obsah dusíku v semeni u varianty CULTAN II+S dosáhl průkazně vyšších hodnot ve srovnání s variantou konvenční I na stanovišti Hněvčeves. Na stanovišti

Čáslav a Humpolec v roce 2009 rozdíl v obsahu dusíku v semeni zaznamenány nebyly. Obsah dusíku ve zralých semenech a slámě řepky ozimé může kolísat v širokém rozpětí dokonce i tehdy, pokud rostlina přijme adekvátní množství dusíku (Holmes, 1980).

V roce 2010 byl na stanovišti Hněvčeves průkazně nejvyšší obsah dusíku v semeni zaznamenán na CULTAN variantě II+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu (I, II, I+S). Na stanovišti Humpolec byl nejnižší obsah dusíku zaznamenán na variantě CULTAN II ve srovnání s ostatními variantami pokusu (I, I+S, II+S).

**Tab. 26: Obsah dusíku v semeni (%)**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	3,14 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,38 <sup>cd</sup>	3,75 <sup>a</sup>	3,35 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	2,82 <sup>b</sup>	3,49 <sup>ab</sup>	3,24 <sup>ab</sup>	3,67 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	3,09 <sup>a</sup>	3,37 <sup>ab</sup>	3,32 <sup>ac</sup>	3,75 <sup>a</sup>	3,42 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	2,87 <sup>b</sup>	3,64 <sup>b</sup>	3,51 <sup>d</sup>	3,72 <sup>a</sup>	3,25 <sup>a</sup>
Humpolec	Konvenční I	2,98 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	3,09 <sup>a</sup>
	CULTAN II	2,62 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>	3,09 <sup>b</sup>	2,68 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>
	Konvenční I +S	2,93 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	3,39 <sup>a</sup>	2,96 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	2,58 <sup>b</sup>	3,48 <sup>a</sup>	3,32 <sup>a</sup>	2,74 <sup>b</sup>	2,87 <sup>b</sup>
Čáslav	Konvenční I	3,22 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	2,98 <sup>b</sup>	3,59 <sup>a</sup>	-	-	-
	Konvenční I +S	3,23 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	3,17 <sup>ab</sup>	3,52 <sup>a</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	3,10 <sup>a</sup>	3,98 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	2,99 <sup>a</sup>	4,01 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	-	-	-	3,13 <sup>a</sup>	3,95 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	3,14 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Průkazně nižší hodnoty obsahů dusíku v semeni u CULTAN variant (II, II+S) byly zaznamenány v roce 2012 na stanovišti Hněvčeves i Humpolec. V roce 2011 pouze na stanovišti Humpolec. Obsah dusíku v semeni byl u CULTAN variant (II, II+S) nižší průměrně o 0,25 % ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) v roce 2011 na stanovišti Humpolec. V roce 2012 byl rozdíl na stanovišti Hněvčeves na úrovni 0,14 % ve prospěch konvenčních

variant (I, I+S). Na stanovišti Humpolec byl rozdíl markantnější a činil 0,32 % N ve prospěch konvenčních variant (I, I+S).

Kozlovský et al. (2009) zjistili nižší obsah bílkovin v zrně pšenice ozimé po dodání celkové dávky dusíku lokální aplikací hnojiva během dvou pokusných let.

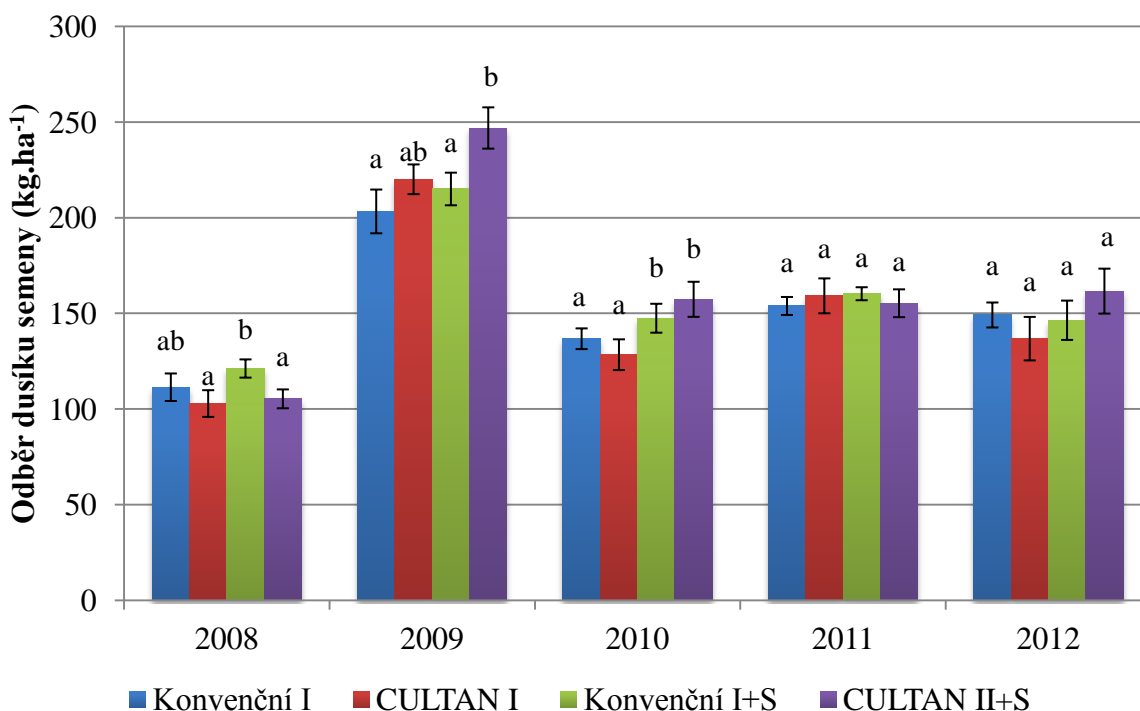
Na stanovišti Čáslav byl v roce 2008 pozorován průkazně nižší obsah dusíku v semeni u varianty CULTAN II ve srovnání s konvenční variantou I. Rozdíl mezi variantami (konvence vs. CULTAN), kde byla zároveň dodána i síra, nebyl průkazný. Rozdíly v obsahu dusíku mezi variantami hnojení na stanovišti Ivanovice na Hané nebyly v průběhu pokusných let 2011 a 2012 zaznamenány.

### **6.6.2 Odběr dusíku semeny řepky ozimé**

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv varianty, ročníku a zároveň ročníku a varianty na odběr dusíku semeny na stanovišti Hněvčeves (graf 3).

Odběr dusíku semeny byl průkazně nižší u varianty CULTAN II+S, v průměru o 15,8 kg.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s konvenční variantou I+S v roce 2008. Naproti tomu se průkazně zvýšil odběr dusíku na variantě CULTAN II+S v průměru o 31,9 kg.ha<sup>-1</sup> a 43,7 kg.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s variantami konvenční I+S a konvenční I v roce 2009. Pozitivní vliv síry na vyšší příjem dusíku semeny bez ohledu na systém hnojení byl zaznamenán v roce 2010. Varianty konvenční I+S a CULTAN II+S dosáhly průkazně vyššího odběru dusíku semeny ve srovnání s variantami bez síry (I, II). Výživa řepky ozimé dusíkem a sírou během růstu spolu metabolicky souvisí (Fismes et al., 2000), což vysvětluje průkazně vyšší výnos semen, který byl v roce 2010 dosažen na stejných variantách. Pozitivní efekt injektáže dusíkatých hnojiv s přídavkem síry na vyšší příjem dusíku semeny byl výraznější v roce 2009. Kombinace povětrnostních a půdních podmínek způsobily nejvyšší výnos semen na variantě, kde byla síra injektována do depa (CULTAN II+S). Na druhé straně, průkazně nižší odběr dusíku byl u stejné varianty CULTAN II+S ve srovnání s variantou konvenční I+S pozorován v roce 2008. Výnos semen byl nižší u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenční variantou I+S v roce 2008, což do jisté míry může vysvětlit rozdíl v odběru dusíku semeny.

**Graf 3: Odběr dusíku semeny ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na stanovišti Hněvčeves**



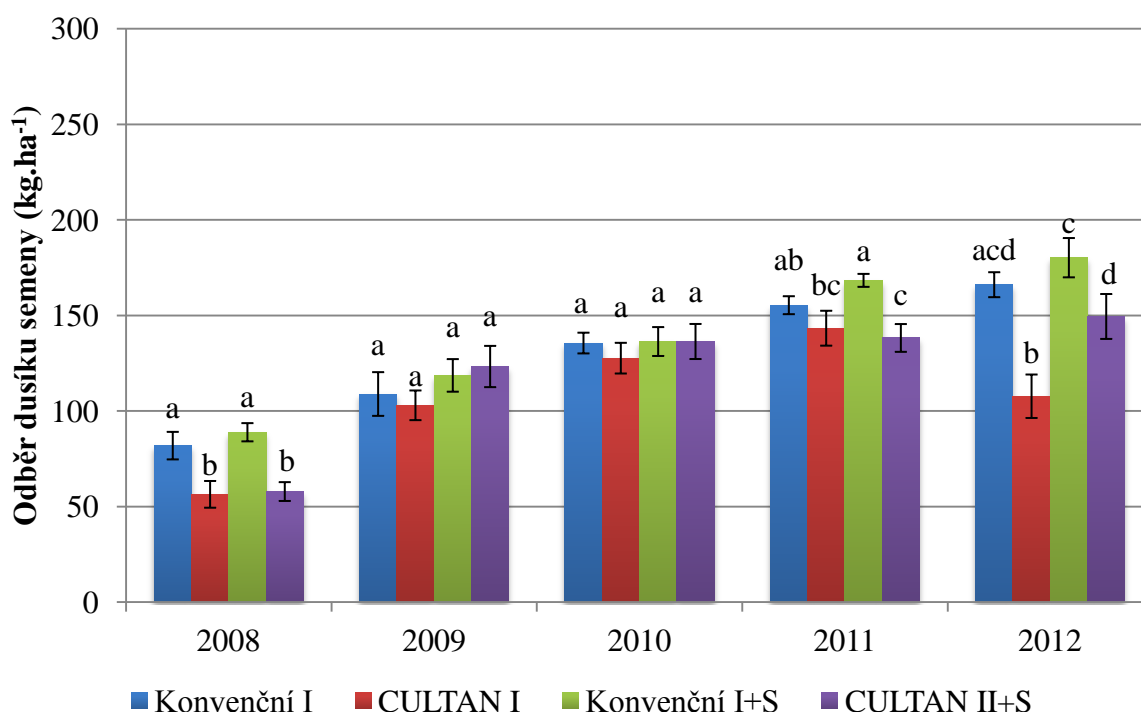
Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv varianty, roku a zároveň ročníku a varianty na odběr dusíku semeny na stanovišti Humpolec (graf 4).

Průkazně nižší odběry dusíku semeny CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) byly zaznamenány v roce 2008 na stanovišti Humpolec. Rozdíl byl na úrovni 17,0 a 14,4  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tento výsledek koreluje do jisté míry i s dosaženými výnosy semen, neboť ty byly v roce 2008 nižší na CULTAN variantách (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S). V roce 2009 a 2010 statisticky průkazné rozdíly v odběru dusíku semeny mezi jednotlivými variantami hnojení zaznamenány nebyly. V roce 2011 došlo k statisticky průkazně nižšímu odběru dusíku semeny u varianty CULTAN II+S ve srovnání s variantou konvenční I+S. Rozdíl činil 30,1  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zároveň byl zjištěn průkazně nižší výnos semen u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenční variantou I+S. Varianta konvenční I+S dosáhla průkazně vyššího odběru dusíku semeny ve srovnání s variantou CULTAN II, kde byl dodán injektážně pouze dusík. Tyto varianty se lišily o 25  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Průkazně nižší odběr dusíku semeny u obou CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) byl pozorován v roce 2012. Nevyšší rozdíl v odběru dusíku byl zaznamenán u varianty CUILTAN II ve srovnání s konvenční variantou I. U varianty CULTAN II došlo k poklesu odběru dusíku semeny až o 58,4 kg.ha<sup>-1</sup> ve srovnání s konvenční variantou I. Mezi variantami konvenční I+S a CULTAN II+S došlo k rozdílu v odběru dusíku semeny na úrovni 30,8 kg.ha<sup>-1</sup>. Tento výsledek je potvrzen i dosaženými výnosy semen, které byly v roce 2012 nižší u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S) na stanovišti Humpolec.

**Graf 4: Odběr dusíku semeny (kg.ha<sup>-1</sup>) na stanovišti Humpolec**



Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

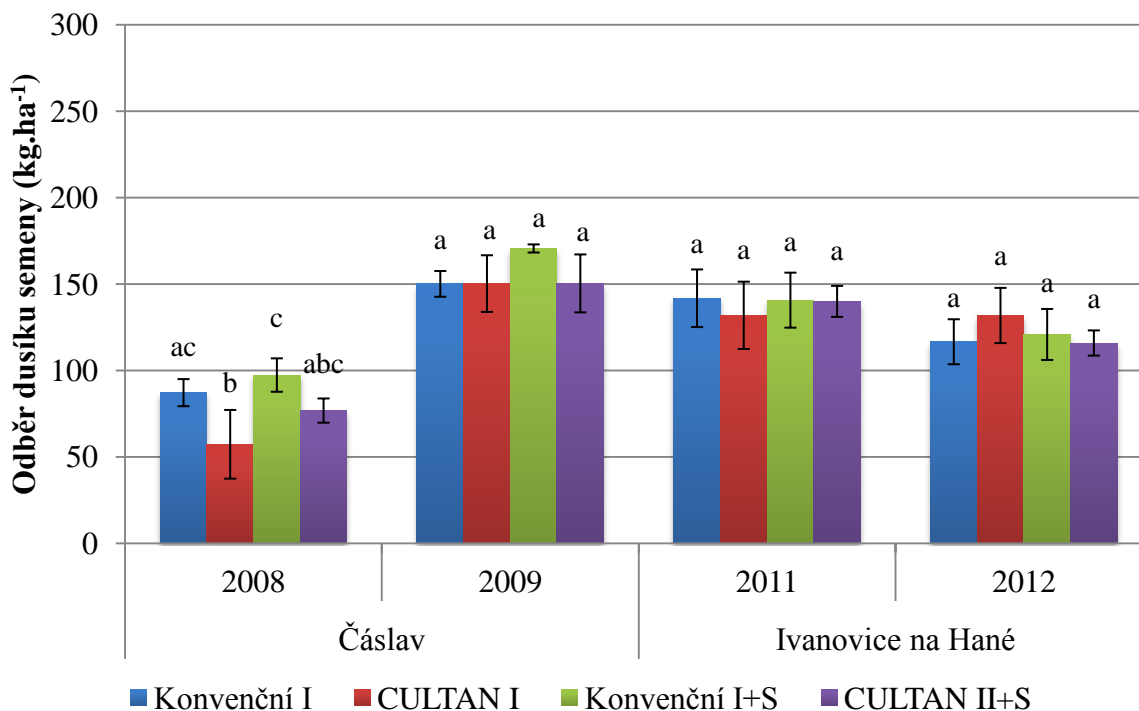
Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv varianty a roku na odběr dusíku semeny na stanovišti Čáslav a vliv roku na stanovišti Ivanovice na Hané (graf 5).

Průkazně nejnižší odběr dusíku semeny byl zaznamenán u CULTAN varianty II ve srovnání s konvenčními variantami I a I+S v roce 2008 na stanovišti Čáslav. Rozdíl mezi variantami I a II činil 29,9 kg.ha<sup>-1</sup> ve prospěch konvenční varianty I. Rozdíl mezi variantou II a I+S činil 19,5 kg.ha<sup>-1</sup> ve prospěch konvenční varianty I+S. V roce 2009 nebyl zaznamenán rozdíl v odběru dusíku semeny mezi variantami hnojení na stanovišti Čáslav. V průběhu let 2011 a 2012 nebyl pozorován rozdíl v odběru dusíku semeny mezi systémy hnojení na



stanovišti Ivanovice na Hané. Hodnoty odběru dusíku byly na všech variantách hnojení v průběhu obou pokusných let velmi vyrovnané.

**Graf 5: Odběr dusíku semeny ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**



Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

### 6.6.3 Obsah dusíku ve slámě

Vícenásobná analýza rozptylu prokázala vliv ročníku a varianty na obsah dusíku ve slámě na stanovišti Hněvčeves. V Humpolci byl prokázán vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku ve slámě. V Čáslavi byl pozorován vliv ročníku, varianty a zároveň ročníku a varianty na obsah dusíku ve slámě. Na stanovišti Ivanovice na Hané byl obsah dusíku ve slámě ovlivněn ročníkem a variantou (Tab. 27).

Průkazně nejnižší obsah dusíku ve slámě na stanovišti Hněvčeves v roce 2008 byl zaznamenán u CULTAN varianty II ve srovnání s konvenční variantou I. V absolutních hodnotách byl rozdíl 0,33 % ve prospěch konvenční varianty I. Dále byl pozorován rozdíl mezi CULTAN variantou II a konvenční I+S. Vyšší obsah dusíku byl zaznamenán u konvenční varianty I+S. Absolutně o 0,27 %. V roce 2009, 2010 a 2011 rozdíly v obsahu dusíku ve slámě na stanovišti Hněvčeves mezi jednotlivými variantami hnojení zaznamenány nebyly. V roce 2012 byl zaznamenán rozdíl v obsahu dusíku ve slámě mezi variantou

CULTAN II ve srovnání s konvenční variantou I+S. U konvenční varianty I+S byl v absolutních hodnotách o 0,30 % vyšší obsah dusíku ve slámě ve srovnání s variantou CULTAN II.

**Tab. 27: Obsah dusíku ve slámě (%)**

Stanoviště	Varianta/Rok	2008	2009	2010	2011	2012
Hněvčeves	Konvenční I	0,90 <sup>c</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	0,80 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	0,57 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	0,65 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	0,84 <sup>ac</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,65 <sup>ab</sup>	1,03 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	0,72 <sup>ab</sup>
Humpolec	Konvenční I	0,60 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,76 <sup>ac</sup>	0,76 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,54 <sup>b</sup>	0,75 <sup>b</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	0,54 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,54 <sup>b</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,64 <sup>bc</sup>	0,48 <sup>b</sup>
Čáslav	Konvenční I	0,54 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	-	-	-
	CULTAN II	0,48 <sup>a</sup>	0,92 <sup>ab</sup>	-	-	-
	Konvenční I+S	0,65 <sup>b</sup>	0,86 <sup>ab</sup>	-	-	-
	CULTAN II+S	0,49 <sup>a</sup>	0,74 <sup>b</sup>	-	-	-
Ivanovice na Hané	Konvenční I	-	-	-	0,49 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>
	CULTAN II	-	-	-	0,46 <sup>a</sup>	1,14 <sup>b</sup>
	Konvenční I+S	-	-	-	0,46 <sup>a</sup>	1,18 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	-	-	-	0,55 <sup>a</sup>	1,21 <sup>ab</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

V roce 2008 na stanovišti Humpolec varianta konvenční I dosáhla průkazně nejvyššího obsahu dusíku ve slámě ve srovnání s ostatními variantami pokusu. Rozdíl činil průměrně 0,06 % dusíku ve slámě. Průkazně vyšší obsah dusíku u varianty konvenční I ve srovnání s variantou CULTAN II byl také zaznamenán v roce 2009 a 2010. Rozdíl v absolutních hodnotách činil 0,15 % dusíku v roce 2009 a 0,12 % dusíku v roce 2010. V roce 2010 byl dále zaznamenán rozdíl mezi variantou konvenční I+S a variantou CULTAN II+S. Na variantě CULTAN bylo dosaženo o 0,18 % vyššího obsahu dusíku ve slámě. V roce 2011 i 2012 byl zaznamenán průkazně nižší obsah dusíku u obou CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s variantami konvenčními (I, I+S). Rozdíl v obsahu dusíku byl průměrně 0,16 % ve prospěch konvenčních variant (I, I+S) v roce 2011 a v roce 2012 byl rozdíl průměrně 0,22 %.

Na stanovišti Čáslav bylo nejvyššího obsahu dusíku ve slámě dosaženo na variantě, kde byl dodán dusík zároveň se sírou konvenčním způsobem (I+S) v roce 2008. V roce 2009 byl nejnižší obsah dusíku ve slámě pozorován u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenční variantou I. V roce 2011 na stanovišti Ivanovice na Hané nebyl pozorován rozdíl v obsahu dusíku ve slámě mezi variantami hnojení. Průkazně vyšší obsah dusíku ve slámě byl zaznamenán u varianty konvenční I ve srovnání s variantami CULTAN II a konvenční I+S v roce 2012. Rozdíly byly na úrovni 0,21 % a 0,17 % v absolutních hodnotách ve prospěch konvenční varianty I.

Z uvedených výsledků vyplývá, že u rostlin hnojených metodou CULTAN (II, II+S) byl pozorován nižší obsah dusíku ve slámě častěji než u rostlin hnojených konvenčním způsobem (I, I+S). Kozlovský (2011) a Sedlář (2013) zjistili statisticky významně nižší koncentrace dusíku ve slámě rostlin pšenice ozimé a ječmene jarního hnojenými metodou CULTAN v porovnání s rostlinami hnojenými konvenčním způsobem. Obsah dusíku v řepkové slámě je mnohem nižší v porovnání s koncentrací dusíku v semenech a pohybuje se v rozmezí 0,5 až 0,8 %, což odráží značný přesun většiny dusíku do semen (Holmes, 1980). Lze se domnívat, že rostliny hnojené metodou CULTAN pravděpodobně více dusíku ze stonků transportovaly do zrajících semen, což je v souladu s principy metody CULTAN, neboť doba ukládání asimilátů zejména do stonků by měla být u CULTAN rostlin prodloužena.

## 6.7 Obsah makroprvků v semeni řepky ozimé

Obsah fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a síry v semeni řepky ozimé na stanovišti Hněvčeves v průběhu pokusných let 2008 až 2012 uvádí tabulka 28.

V roce 2008 a 2010 varianty CULTAN (I, II+S) dosahovaly statisticky neprůkazně vyšších hodnot obsahů fosforu v semeni ve srovnání s variantami hnojenými konvenčními postupy (I, I+S). V roce 2011 byl zaznamenán průkazně vyšší obsah fosforu v semeni u varianty CULTAN (II) ve srovnání s konvenční variantou (I). Rozdíl byl na úrovni 0,05 %. Zároveň nejvyšší obsah fosforu v semeni byl pozorován u varianty CULTAN II+S ve srovnání s variantou CULTAN II a konvenční variantou I. To podporuje tvrzení Sommer (2005), že po CULTAN způsobu hnojení je zvýšené ukládání fosforu do semene. Jakmile jsou kořeny rostlin nuceny přijímat  $\text{NH}_4^+$ , následně dochází k silné exkreci protonů. Změnou

rovnováhy v kořenech se snižuje pH rhizosféry a dochází k mobilizaci fosforu (Trenkel, 1997).

Již dlouho je známo, že toxicita amonného iontu je výraznější při nedostatku draslíku (Wall, 1939). Během pokusu nebyly pozorovány diference v obsahu draslíku v semeni mezi jednotlivými systémy hnojení. Neprojevilo se antagonistický vliv amonného iontu a nebyl pozorován toxický vliv amonného dusíku u variant hnojených CULTAN metodou. Podle Sattelmacher et al. (1993) má draslík klíčovou úlohu v asimilačním mechanismu amonného iontu.

V roce 2008 byl prokázán vyšší obsah vápníku u variant II, I+S a II+S ve srovnání s konvenční variantou I. Vliv způsobu aplikace zaznamenán nebyl. Varianty II, I+S a II+S dosáhly průměrně o 0,18 % vyššího obsahu vápníku v semeni. Sedlář et al. (2012) nepozorovali rozdíly v obsahu vápníku v zrnu ječmene jarního hnojeného metodou CULTAN a konvenčním způsobem na povrch půdy. V obsahu vápníku v semeni v letech 2009 až 2011 nebyly pozorovány rozdíly mezi konvenčními postupy a metodou CULTAN. Nebylo tak potvrzeno zjištění Hayens et Goh (1978), že rostliny rostoucí v podmínkách amonné výživy mají obecně nižší obsah vápníku, hořčíku a draslíku a vyšší obsah fosforu a síry, než rostliny hnojené samotným nitrátem. Sommer et al. (1987) uvádí, že příjem vápníku je u CULTAN rostlin zvýšen, ve srovnání s rostlinami hnojenými nitrátem. Toto chování může být zdůvodněno tím, že tyto rostliny mají více vyvinutý kořenový systém oproti rostlinám vyživovaným nitrátem nebo močovinou.

V roce 2011 byl zaznamenán průkazně vyšší obsah hořčíku v semeni u konvenční varianty (I) ve srovnání s ostatními variantami pokusu (II, I+S, II+S). Rozdíl byl na úrovni 0,05 %. V obsahu síry v semeni řepky nebyly pozorovány významné rozdíly mezi konvenčními postupy a metodou CULTAN v průběhu pokusných let. Byl zjištěn nižší obsah síry v sušině semen, průměrně o 0,05 % v roce 2009. Tento rozdíl byl zřejmě způsoben zřed'ovacím efektem, protože bylo dosaženo rekordního výnosu semen na všech variantách, zejména na stanovišti Hněvčeves.

V roce 2012 byly zaznamenány rozdíly v obsahu draslíku, hořčíku a síry. Průkazně nižší obsah draslíku byl pozorován u varianty CULTAN II+S ve srovnání s variantou CULTAN II a konvenční I+S. Zároveň byl na této variantě pozorován průkazně nižší obsah hořčíku ve srovnání s konvenční variantou I a CULTAN II.

Z výsledků obsahu makroprvků vyplývá, že systém hnojení neměl vliv na složení semene řepky ozimé. To může být vysvětleno tím, že u systému CULTAN se jen malý podíl kořenů nachází v úzkém prostoru depa a maximálně 5 % celého kořenového systému rostlin

je zapojeno do antagonismu. Tento podíl je ve srovnání s celkovým příjmem kationů rostlinami zcela zanedbatelný (Sommer, 2005).

**Tab. 28: Obsah makroprvků (%) v sušině semen na stanovišti Hněvčeves**

Rok	Varianta	Makroprvek				
		P	K	Ca	Mg	S
2008	Konvenční I	0,55 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,63 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,54 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,56 <sup>b</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,65 <sup>a</sup>	0,86 <sup>a</sup>	0,59 <sup>b</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	0,49 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,51 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,50 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,48 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	0,69 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,73 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,71 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,76 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	0,71 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,76 <sup>b</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,79 <sup>bcd</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,82 <sup>d</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>
2012	Konvenční I	1,25 <sup>a</sup>	0,76 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,30 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>
	Konvenční I +S	1,28 <sup>a</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,35 <sup>ab</sup>	0,14 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	1,27 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,14 <sup>ab</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Obsah fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a síry v semeni řepky ozimé na stanovišti Humpolec v průběhu pokusných let 2008 až 2012 uvádí tabulka 29.

Z výsledků obsahu fosforu v semeni vyplývá, že po výživě amonnou formou dusíku (varianty II a II+S) byla akumulace fosforu v semeni řepky ozimé neprůkazně vyšší. Hnojení

amonnou formou dusíku zvyšuje příjem fosforu ve srovnání s nitrátovou formou dusíku následkem snížení pH v rhizosféře rostlin (Soon et Miller, 1977). Úloha fosforu je významná při zakládání a tvorbě květů. Dostatek fosforu je předpokladem zakládání většího květenství, většího počtu květů a dále tvorby semen. Semena s vyšším obsahem P mají vyšší energii klíčivosti (Balík et al., 2007a).

Stejně jako na stanovišti Hněvčeves v obsahu draslíku a vápníku v semeni řepky ozimé nebyly pozorovány rozdíly mezi systémy hnojení. V roce 2011 byl pozorován vyšší obsah hořčíku v semeni řepky ozimé u variant, kde byla zároveň dodána i síra (I+S, II+S). Rozdíly mezi systémy hnojení zaznamenány nebyly. Nepotvrdil se teda ani na tomto stanovišti antagonistický vliv příjmu amonného kationtu na ostatní kationty jako je hořčík a vápník. Sedlář et al. (2012) nezjistili statisticky významné rozdíly v obsahu těchto prvků v zrna ječmene jarního v rámci systému hnojení (CULTAN vs. konvence) v letech 2007 až 2010 na třech odlišných půdně-klimatických stanovištích.

V obsahu síry v semeni řepky byl pozorován rozdíl mezi systémy hnojení v roce 2011. Konvenční varianta I+S dosáhla průkazně vyššího obsahu síry v semeni řepky ve srovnání variantou CULTAN I. Tato diference byla pozorována pouze v jednom pokusném roce. Sedlář et al. (2012) nepozorovali významný vliv přídavku síry do hnojiva na obsah vápníku v zrna a slámě ječmene jarního při porovnávání konvenčního systému hnojení a CULTAN.

Průkazně vyšší obsah vápníku byl zjištěn u varinaty CULTAN II ve srovnání s konvenční variantou I v roce 2012. Tento rok došlo také k průkaznému zvýšení obsahu síry u konvenční varianty I+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu (I, II, II+S).

Na stanovišti Čáslav se systém aplikace hnojiva neprojevil na změnách v obsahu fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku v semeni řepky ozimé v roce 2008 (Tab. 30). V obsahu síry v semeni byly pozorovány rozdíly mezi variantou CULTAN I a konvenční I+S. Na variantě CULTAN byl zjištěn průkazně nižší obsah síry v semeni ve srovnání s konvenční variantou. Lze tedy usuzovat, že koncentrovaná zásoba dusíku v jednom místě-CULTAN depo a jeho příjem do jisté míry inhibuje příjem síry ve srovnání povrchovou aplikací hnojiv. Nedostatek síry a zvýšení dávky dusíku, prohlubuje symptomy deficitu síry a tím pádem snižuje výnos semen, koncentraci síry, příjem síry a příjem dusíku semeny (Anjum et al., 2011).

V roce 2009 byly pozorovány změny obsahu fosforu a hořčíku v semeni řepky ozimé na stanovišti Čáslav. Průkazně vyšší obsah fosforu byl pozorován u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenčními variantami I+S a I. Rozdíl byl na úrovni 0,09 % u obou variant.

Potvrdilo se tak zjištění, že příjem amonného dusíku v systému CULTAN má za následek vyšší obsah fosforu v semeni řepky ozimé ve srovnání s povrchovou aplikací hnojiv.

Injektáž amonného hnojiva s přidavkem síry měla vliv na vyšší akumulaci hořčíku v semeni řepky na stanovišti Čáslav v roce 2009. Obsah hořčíku v semeni byl pozorován vyšší u varianty CULTAN II+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu (I, II a I+S). Rozdíl byl na úrovni 0,06 %, 0,05 % a 0,05 % ve prospěch CULTAN varianty II+S.

**Tab. 29: Obsah makroprvků (%) v sušině semen na stanovišti Humpolec**

Rok	Varianta	Makroprvek				
		P	K	Ca	Mg	S
2008	Konvenční I	0,62 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,64 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	0,62 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,66 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	0,46 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,61 <sup>b</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	0,51 <sup>ab</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,52 <sup>ab</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	0,70 <sup>ab</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,28 <sup>ab</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,76 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	0,68 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,28 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,70 <sup>ab</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,10 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	0,82 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,07 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	0,70 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	0,68 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,30 <sup>b</sup>	0,07 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	0,72 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,07 <sup>ab</sup>
2012	Konvenční I	1,03 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>
	CULTAN II	1,09 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
	Konvenční I+S	1,16 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	1,03 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Průkazné rozdíly v akumulaci fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a síry v semeni řepky mezi systémy hnojení na stanovišti Ivanovice na Hané v roce 2011 pozorovány nebyly.

V roce 2012 byly pozorovány rozdílné obsahy vápníku v semeni řepky ozimé na stanovišti Ivanovice na Hané. Na variantě CULTAN II byl pozorován průkazně vyšší obsah vápníku ve srovnání s konvenční variantou I. Rozdíl činil 0,06 %.

**Tab. 30: Obsah makroprvků (%) v sušině semen na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**

Stanoviště	Rok	Varianta	Makroprvek				
			P	K	Ca	Mg	S
Čáslav	2008	Konvenční I	0,72 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,08 <sup>ab</sup>
		CULTAN II	0,75 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	0,73 <sup>a</sup>	0,92 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>
		CULTAN II+S	0,75 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,08 <sup>ab</sup>
	2009	Konvenční I	0,76 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>
		CULTAN II	0,81 <sup>ac</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	0,76 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	0,85 <sup>bc</sup>	0,8 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	1,19 <sup>a</sup>
Ivanovice na Hané	2011	Konvenční I	1,10 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
		CULTAN II	1,06 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	1,05 <sup>a</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	1,07 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>
	2012	Konvenční I	1,31 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
		CULTAN II	1,41 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	1,40 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	1,35 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,33 <sup>ab</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.8 Obsah makroprvků ve slámě

Obsah makroprvků (P, K, Ca, Mg a S) ve slámě na stanovišti Hněvčeves v průběhu let 2008 až 2012 uvádí tabulka 31. V letech 2008, 2010 a 2011 nebyl zaznamenán rozdíl mezi variantami hnojení v obsahu makroprvků ve slámě řepky ozimé. Systém hnojení ani aplikace



síry neovlivnily obsahy makroprvků ve stoncích, listech a šesulích. Při hnojení amonnou formou dusíku dochází ke špatné regulaci osmotického tlaku v listech na základě sníženého příjmu kationtů (např.  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) (Chaillou et al., 1986; Raab et Terry, 1995) s následnou zhoršenou schopností rostliny přijímat a hospodařit s vodou (Pill et Lambeth, 1977). Tento fakt nebyl při aplikaci hnojiva CULTAN metodou pozorován. Lze to pravděpodobně vysvětlit příjmovou kapacitou kořenů. Příjmu dusíku z depa se účastní maximálně 5 % kořenového systému a navíc při hnojení metodou CULTAN dochází k větší tvorbě kořenového systému (Sommer, 2005; Sommer et Scherer, 2009). Příjmová kapacita kořenů pro vodu a ostatní živiny není nijak výrazně omezena. Příjem draslíku a vápníku je u rostlin hnojených systémem CULTAN dokonce zvýšen ve srovnání s rostlinami hnojenými dusičnany (Balík et al., 2007b). V roce 2009 byl pozorován průkazně nižší obsah draslíku u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenční variantou I. V ostatních letech pokusu k podobným projevům nedostatku u CULTAN variant nedošlo. V roce 2012 došlo k průkazně nižšímu obsahu síry u CULTAN varianty I ve srovnání s konvenční variantou I+S. Jako v případě draslíku v ostatních letech pokusu se žádný deficit neprojevil.

Obsah makroprvků (P, K, Ca, Mg a S) ve slámě na stanovišti Humpolec v letech 2008 až 2012 uvádí tabulka 32. V letech 2008 a 2009 nebyly pozorovány rozdíly v obsahu sledovaných makroprvků ve slámě. Sedlář et al. (2014) nezaznamenali statisticky průkazný rozdíl v obsahu kationtů mezi konvenčním způsobem aplikace hnojiv a metodou CULTAN. V roce 2010 byl zjištěn průkazně vyšší obsah fosforu ve slámě u varianty CULTAN+S ve srovnání s konvenčními variantami I a I+S. Rozdíl činil v obou případech 0,04 %. Při výživě dusíkem, kdy převládá amonná forma  $NH_4^+$  dochází ke zvyšování dostupnosti fosforu vlivem změn pH v rhizosféře rostlin (Riley et Barber, 1971). Průkazně vyšší obsah draslíku byl zjištěn u varianty CULTAN II ve srovnání s variantami, kde byla zároveň dodána i síra (I+S, II+S). Způsob aplikace hnojiva na obsah draslíku neměl vliv. Výrazně nižší obsah vápníku byl pozorován v roce 2010 u varianty CULTAN II+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu. Ostatní varianty pokusu dosáhly v průměru o 0,40 % vyššího obsahu vápníku. Také obsah hořčíku byl na této variantě zaznamenán nižší ve srovnání s variantou CULTAN I. Rozdíl činil 0,03 %. Obsah síry byl vyšší u varianty CULTAN II+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu v roce 2010. V roce 2011 byl nižší obsah síry naměřen u varianty CULTAN II ve srovnání s variantami, kde byla dodána také síra (I+S, II+S). Průkazně nižší obsah fosforu ve slámě byl zjištěn v roce 2012 u varianty CULTAN II+S ve srovnání s konvenční variantou I+S. Rozdíl byl na úrovni 0,04 %. Obsah draslíku byl ve stejném roce

zjištěn nejvyšší u konvenční varianty I+S ve srovnání s ostatními variantami pokusu. Nejvyšší obsah síry ve slámě byl zjištěn u variant CULTAN II a konvenční I+S v roce 2012.

**Tab. 31: Obsah makroprvků (%) ve slámě na stanovišti Hněvčeves**

Rok	Varianta	Makroprvek				
		P	K	Ca	Mg	S
2008	Konvenční I	0,17 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	2,20 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,17 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,16 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,17 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,31 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	0,12 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,13 <sup>a</sup>	0,34 <sup>ab</sup>	1,32 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,15 <sup>a</sup>	0,29 <sup>ab</sup>	1,12 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,13 <sup>a</sup>	0,25 <sup>b</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	0,22 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,27 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,25 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,25 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	0,13 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,10 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,12 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,12 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
2012	Konvenční I	0,10 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,26 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	0,11 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,12 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>	1,99 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	0,10 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,26 <sup>ab</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Obsah makroprvků ve slámě na stanovištích Čáslav a Ivanovice na Hané uvádí tabulka 33. Na stanovišti Čáslav během roku 2008 nebyl zaznamenán rozdíl v obsahu makroprvků ve slámě mezi systémy hnojení. V roce 2009 byl pozorován průkazně nižší obsah draslíku ve slámě u variant CULTAN (II, II+S) ve srovnání s konvenční variantou pokusu I. Rozdíl obou CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenční I činil 0,5 %. Příklad sýry bez ohledu na formu aplikace hnojiva způsobil průkazně nižší obsah vápníku ve slámě v roce 2009. Obsah

síry ve slámě u varianty CULTAN II+S byl nižší ve srovnání s konvenční variantou I. Rozdíl činil 0,4 %.

V obsahu makroprvků v roce 2011 nebyly zaznamenány rozdíly mezi způsoby hnojení na stanovišti Ivanovice na Hané. Obsahy P, K, Ca a S v roce 2012 v Ivanovicích kolísaly. Průkazně nižší obsah fosforu ve slámě byl zjištěn u varianty konvenční I ve srovnání s ostatními variantami pokusu (II, I+S, II+S). Průkazně nižší obsah draslíku byl zjištěn u varianty CULTAN II ve srovnání s variantami I, I+S a II+S. Průkazně nižší obsah vápníku a síry byl zjištěn u varianty konvenční I ve srovnání s variantou, kde byla síra dodána injektážně II+S.

**Tab. 32: Obsah makroprvků (%) ve slámě na stanovišti Humpolec**

Rok	Varianta	Makroprvek				
		P	K	Ca	Mg	S
2008	Konvenční I	0,08 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,07 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,07 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,09 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,58 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	0,11 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,10 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,12 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,13 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	0,12 <sup>a</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,90 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ab</sup>	0,22 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,15 <sup>bcd</sup>	0,60 <sup>b</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,12 <sup>ac</sup>	0,30 <sup>ac</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ab</sup>	0,21 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	0,16 <sup>d</sup>	0,21 <sup>c</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,30 <sup>b</sup>
2011	Konvenční I	0,09 <sup>a</sup>	1,24 <sup>ab</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	1,21 <sup>ab</sup>
	CULTAN II	0,07 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	0,09 <sup>a</sup>	1,73 <sup>b</sup>	1,14 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	0,08 <sup>a</sup>	1,58 <sup>ab</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	1,31 <sup>b</sup>
2012	Konvenční I	0,13 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
	CULTAN II	0,12 <sup>ab</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>
	Konvenční I +S	0,13 <sup>a</sup>	1,17 <sup>b</sup>	1,99 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>
	CULTAN II+S	0,09 <sup>b</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 33: Obsah makroprvků (%) ve slámě na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**

Stanoviště	Rok	Varianta	Makroprvek				
			P	K	Ca	Mg	S
Čáslav	2008	Konvenční I	0,06 <sup>a</sup>	1,77 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
		CULTAN II	0,07 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	0,08 <sup>a</sup>	1,53 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	0,12 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a</sup>
	2009	Konvenční I	0,05 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>
		CULTAN II	0,04 <sup>a</sup>	0,90 <sup>b</sup>	1,07 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,51 <sup>ab</sup>
		Konvenční I +S	0,04 <sup>a</sup>	1,02 <sup>ab</sup>	0,96 <sup>b</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,63 <sup>ab</sup>
		CULTAN II+S	0,04 <sup>a</sup>	0,90 <sup>b</sup>	1,01 <sup>b</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>
Ivanovice na Hané	2011	Konvenční I	0,07 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
		CULTAN II	0,08 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	0,08 <sup>a</sup>	2,01 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>
		CULTAN II+S	0,09 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>
	2012	Konvenční I	0,07 <sup>a</sup>	2,04 <sup>ab</sup>	2,13 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
		CULTAN II	0,09 <sup>b</sup>	1,88 <sup>b</sup>	2,37 <sup>ab</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>
		Konvenční I +S	0,10 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	2,46 <sup>ab</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>
		CULTAN II+S	0,11 <sup>b</sup>	1,99 <sup>ab</sup>	2,70 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,39 <sup>c</sup>

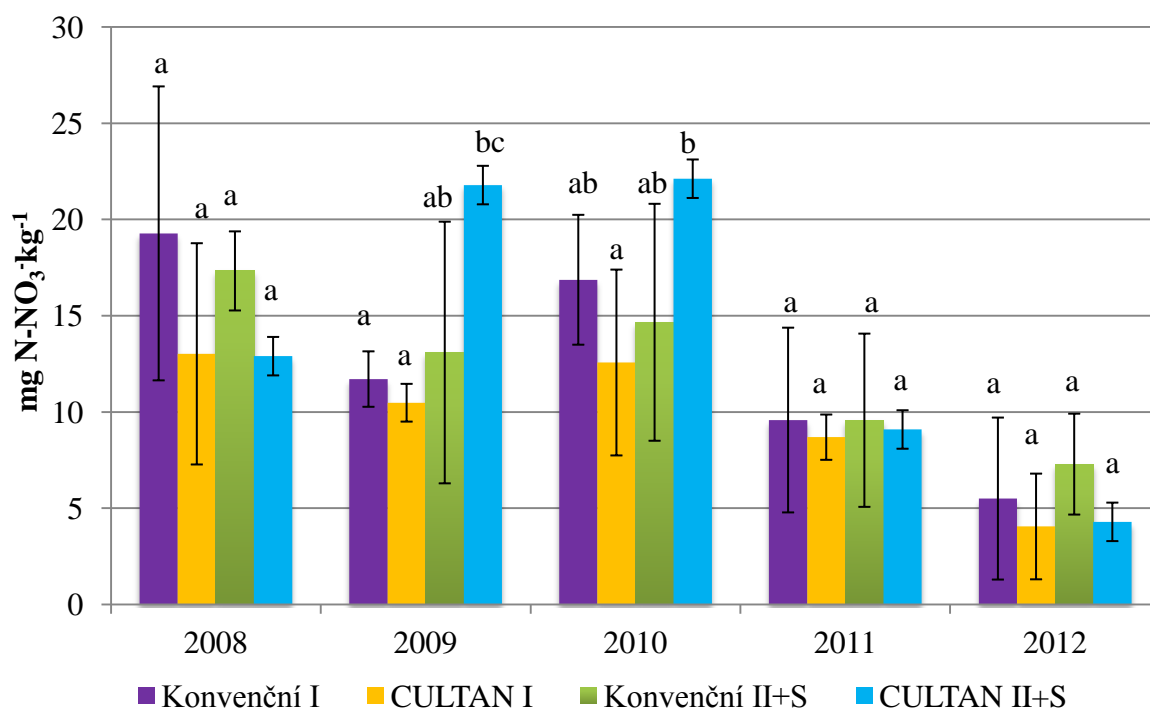
Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro dané stanoviště a rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.9 Obsah minerálního dusíku v půdě po sklizni řepky ozimé

Obsah nitrátového dusíku v půdním profilu 0-30 cm po sklizni řepky ozimé v jednotlivých letech pokusu na stanovišti Hněvčeves kolísal (graf 6). V roce 2008 nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami hnojení, ale obsah nitrátového dusíku byl nižší na variantách CULTAN (II, II+S). Je nutno podotknout, že obsah nitrátového a minerálního dusíku v ornici byl před hnojením porostu vlivem mineralizace v roce 2008 na stanovišti Hněvčeves velmi vysoký. Byl pozorován nižší obsah nitrátového dusíku po sklizni v orniční vrstvě půdy po hnojení kukuřice metodou CULTAN (Kubešová et al. (2014). Kozlovský (2011) pozoroval na stanovišti Hněvčeves během let 2007 až 2010 nižší obsah nitrátového dusíku v ornici i podorničí po hnojení pšenice ozimé injektažním způsobem (CULTAN).

Nejvyšší obsah nitrátového dusíku v ornici po sklizni řepky ozimé byl zjištěn v roce 2009 na variantě, kde byl dusík spolu se sírou dodán injektážně (II+S). Ve srovnání s konvenční variantou I činil rozdíl  $10,1 \text{ mg.kg}^{-1}$  a ve srovnání s variantou CULTAN II byl rozdíl na úrovni  $11,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V roce 2010 došlo k nejvyššímu obsahu dusíku v ornici také u varianty CULTAN (II+S). Ve srovnání s variantou CULTAN II, kde byl tento rok zaznamenán nejnižší obsah nitrátového dusíku v ornici byl rozdíl na úrovni  $9,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ . V letech 2011 a 2012 byl obsah nitrátového dusíku v ornici na stanovišti Hněvčeves po sklizni nižší na všech variantách ve srovnání s ostatním roky pokusu. Mezi variantami pokusu v letech 2011 a 2012 nebyly zaznamenány žádné statistické rozdíly v obsahu nitrátového dusíku v ornici po sklizni řepky ozimé. Nizký obsah nitrátového dusíku v ornici byl také zaznamenán na stanovišti Hněvčeves v roce 2012 po pěstování kukuřice. Navíc se zde projevil pozitivní vliv metody CULTAN na nižší obsah nitrátového dusíku v ornici ve srovnání se systémem hnojení formou dělených dávek na povrch půdy (Sommer, 2005; Kubešová et al., 2014).

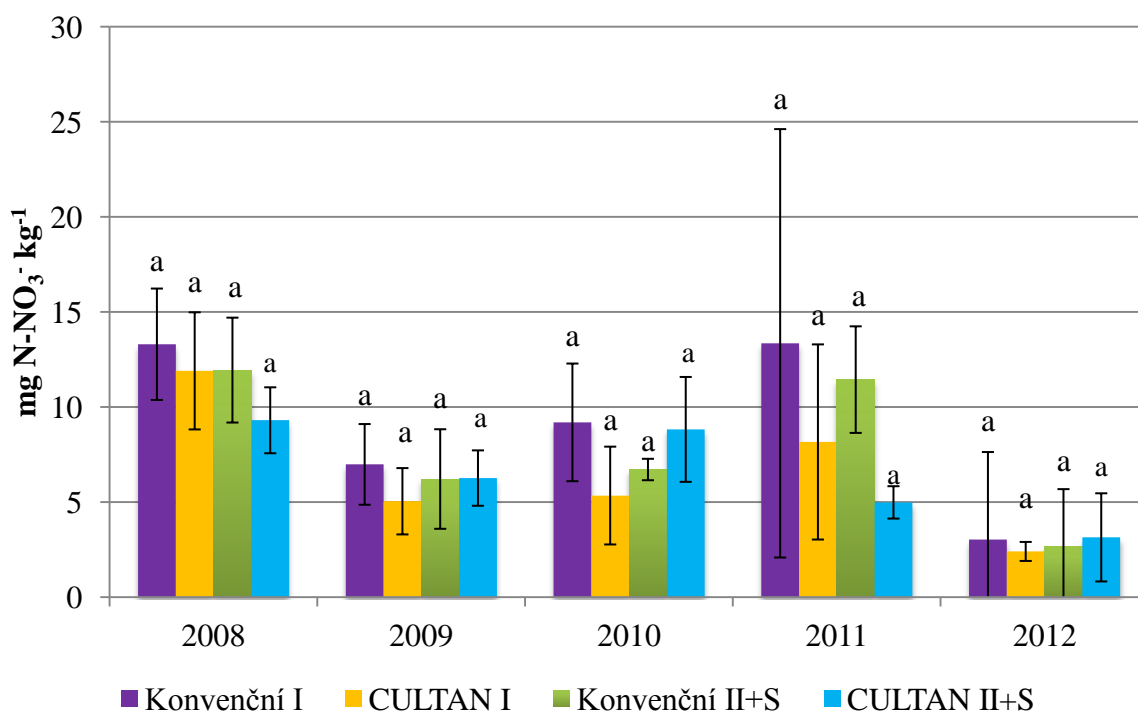
**Graf 6: Obsah minerálního dusíku ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) ve vrstvě půdy 0-30 cm po sklizni; Hněvčeves**



Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

V obsahu nitrátového dusíku v podorniči (30-60 cm) nebyl na stanovišti Hněvčeves v průběhu pokusných let 2008-2012 zaznamenán průkazný rozdíl mezi variantami hnojení (graf 7). Na základě toho zjištění lze usuzovat, že systém hnojení neměl vliv na posun nitrátového dusíku do podorniči na stanovišti Hněvčeves v průběhu pokusných let. Ani vzhledem k vysokému obsahu nitrátového a minerálního dusíku v ornici před hnojením porostu zejména v roce 2008 a 2011. I když nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení, vyšších obsahů nitrátového dusíku v podorniči byla zpravidla dosahováno u varianty konvenční I. Srovnávací varianta CULTAN II dosahovala nižších hodnot obsahu nitrátového dusíku v podorniči ve srovnání s konvenční variantou I ve všech pokusných letech. Vyplavení nitrátového dusíku z orniční vrstvy do podorniči bylo v průběhu let 2008 až 2012 u CULTAN varianty (II) ve srovnání s konvenční variantou (I) nižší. To samé pozorovali Kubešová et al. (2014) v podorniči v pokusu s kukuřicí hnojenou systémem CULTAN na stanovišti Hněvčeves v průběhu let 2010 a 2011.

**Graf 7: Obsah dusíku ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ve vrstvě půdy 30-60 cm po sklizni; Hněvčeves**

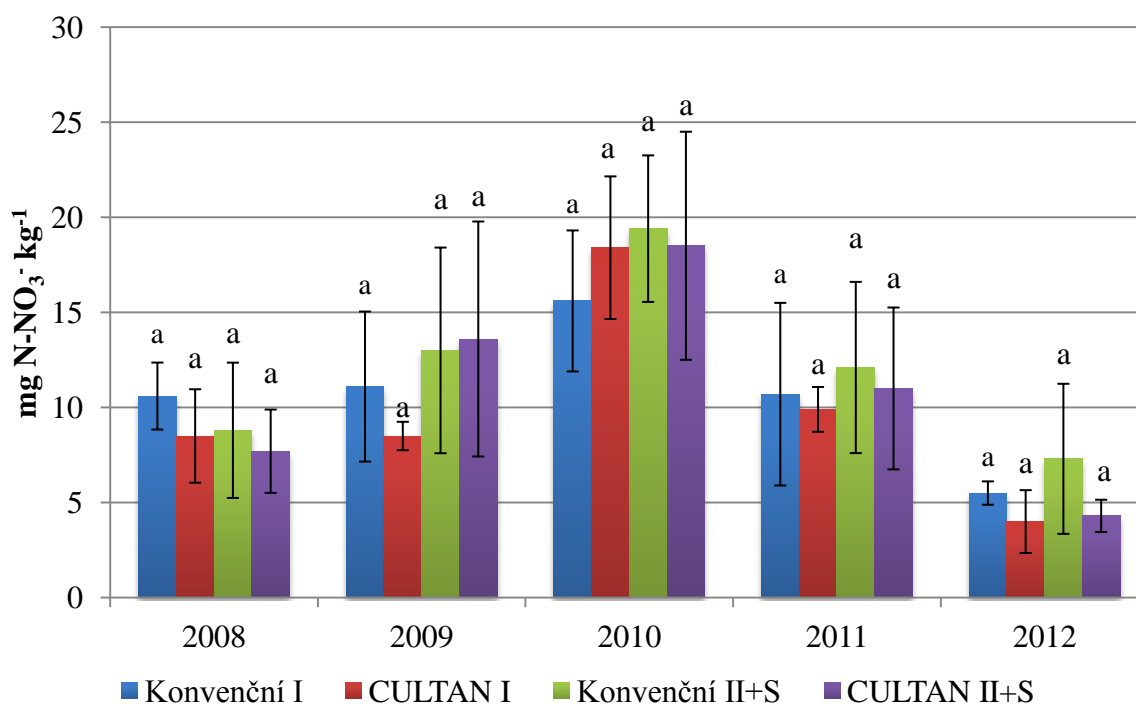


Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné, ( $p < 0,05$ ).

Mezi variantami hnojení nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v obsahu nitrátového dusíku v půdě po sklizni řepky ozimé v hloubce půdy 0-30 cm na stanovišti Humpolec v průběh let 2008 až 2012 (graf 8). I když nebyly rozdíly ve zjištěném obsahu

nitrátového dusíku v ornici průkazné, z grafu vyplývá, že v roce 2008, 2011 a 2012 byl zjištěný obsah nitrátového dusíku v ornici nižší u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S). Nejnižšího obsahu nitrátů v ornici po sklizni řepky ozimé bylo dosaženo v roce 2012 bez ohledu na variantu hnojení. Kozlovský (2011) během čtyřletého pokusu s pšenicí ozimou pozoroval vyšší obsahy nitrátového dusíku v půdním profilu po hnojení porostu formou dělených dávek dusíku na povrch půdy na stanovišti Humpolec. Sedlář (2013) pozoroval mírnou tendenci k vyššímu obsahu nitrátového dusíku v ornici po sklizni u variant hnojených konvenčním způsobem v porovnání s variantami hnojenými metodou CULTAN v pokusu s ječmenem jarním.

**Graf 8: Obsah dusíku ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ve vrstvě půdy 0-30 cm po sklizni; Humpolec**

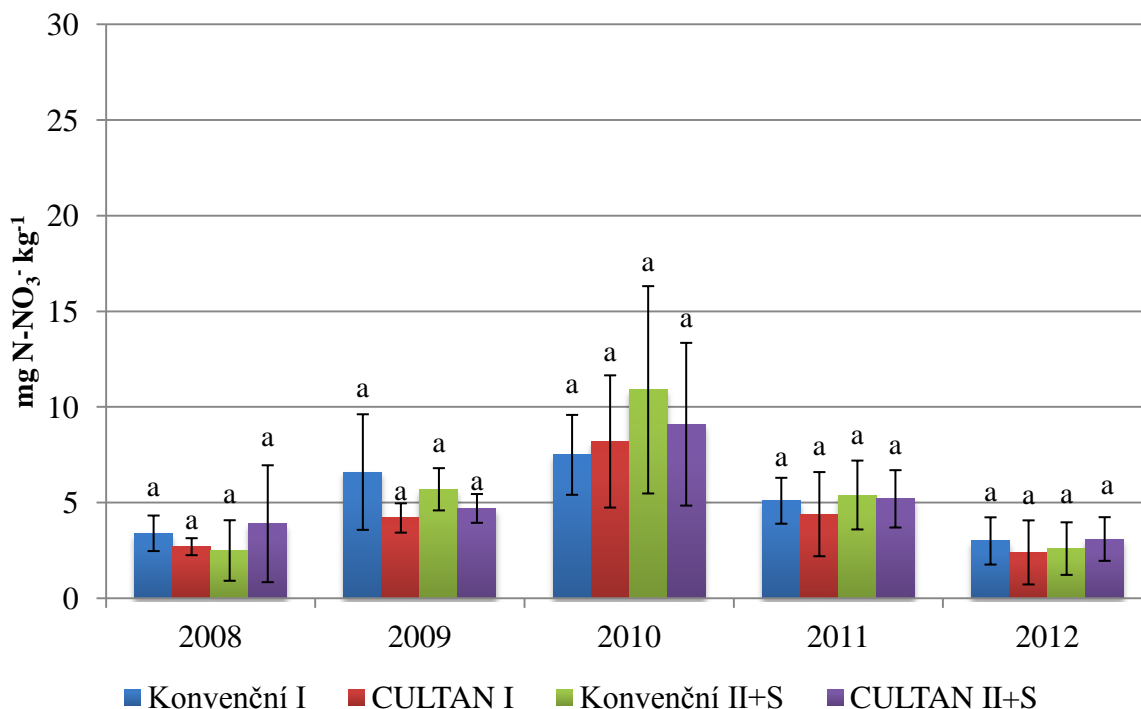


Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Také v obsahu nitrátového dusíku v podorniči (30-60 cm) nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení na stanovišti Humpolec v průběhu pokusných let 2008 až 2012 (graf 9). Systém hnojení neměl vliv na posun nitrátového dusíku do hlubších vrstev půdy. Ve srovnání se stanovištěm Hněvčeves byly hodnoty obsahu nitrátového dusíku v podorniči výrazně nižší na všech variantách. Toto lze zdůvodnit faktem, že hnědozem na stanovišti Hněvčeves je úrodnějším typem půd a potenciální množství mineralizovatelného dusíku na těchto půdách je vyšší ve srovnání

s půdami typu kambizem na stanovišti Humpolec. Stanoviště Hněvčeves se také nachází v nižší nadmořské výšce, ve srovnání se stanovištěm Humpolec a tudíž teplotní a vláhové poměry příznivé pro mineralizaci zde nastupují dříve. Ve srovnání se stanovištěm Hněvčeves, byly hodnoty obsahu nitrátového a minerálního dusíku v orniční vrstvě půdy na jaře před hnojením porostu výrazně nižší.

**Graf 9: Obsah dusíku ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) ve vrstvě půdy 30-60cm po sklizni; Humpolec**



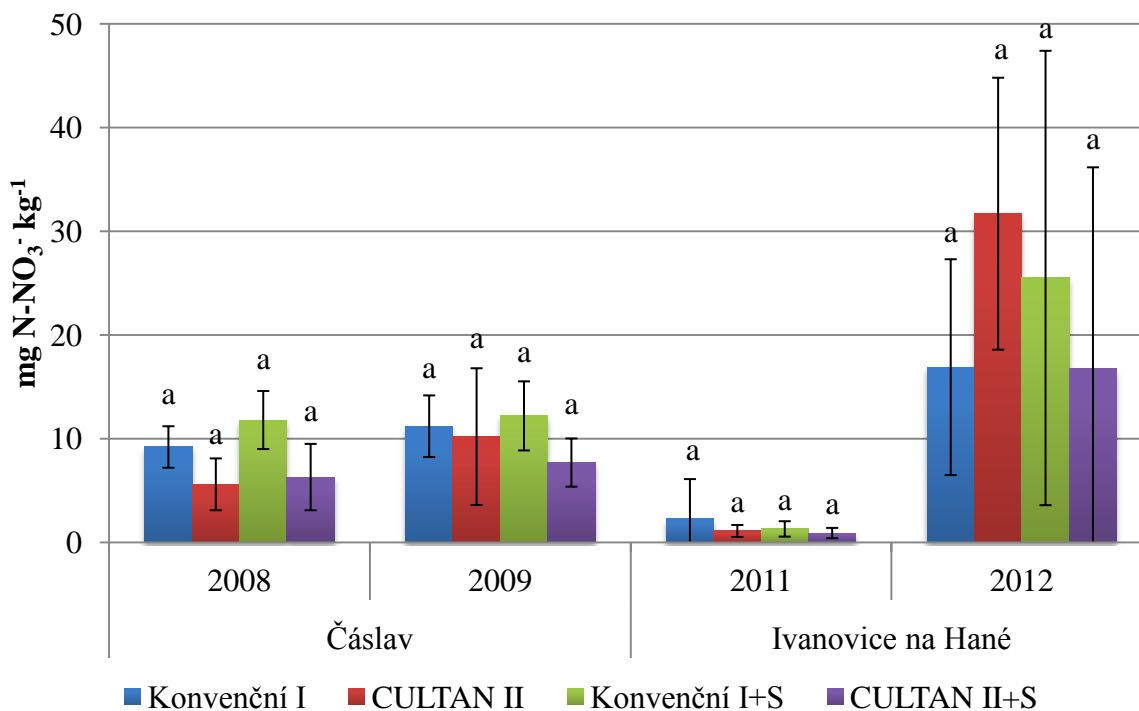
Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

Na stanovišti Čáslav (2008-2009) a Ivanovice na Hané (2011-2012) nebyl během pokusných let pozorován rozdíl v obsahu nitrátového dusíku mezi jednotlivými variantami hnojení v orniční vrstvě 0-30 cm (graf 10). Ačkoliv nebyly rozdíly statisticky průkazné z grafu vyplývá, že v letech 2008, 2009 a 2011 byl obsah nitrátového dusíku nižší u CULTAN variant (II, II+S) ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S). To bylo potvrzeno do jisté míry i na stanovištích Hněvčeves a Humpolec. Velmi vysokých hodnot obsahu nitrátového dusíku v orniční vrstvě (varianta CULTAN II) bylo dosaženo na stanovišti Ivanovice na Hané v roce 2012. Tyto hodnoty byly zároveň nejvyšší ze všech stanovišť v průběhu všech pokusných let. Toto je možno přičítat faktu, že stanoviště Ivanovice na Hané se nachází na velmi úrodných půdách typu černozem a v nadmořské výšce, kde optimální poměry pro



intenzivní mineralizaci nastávají oproti stanovištím ve vyšších nadmořských výškách velmi brzy.

**Graf 10: Obsah dusíku N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg.kg<sup>-1</sup>) ve vrstvě půdy 0-30 cm po sklizni; Čáslav a Ivanovice na Hané**

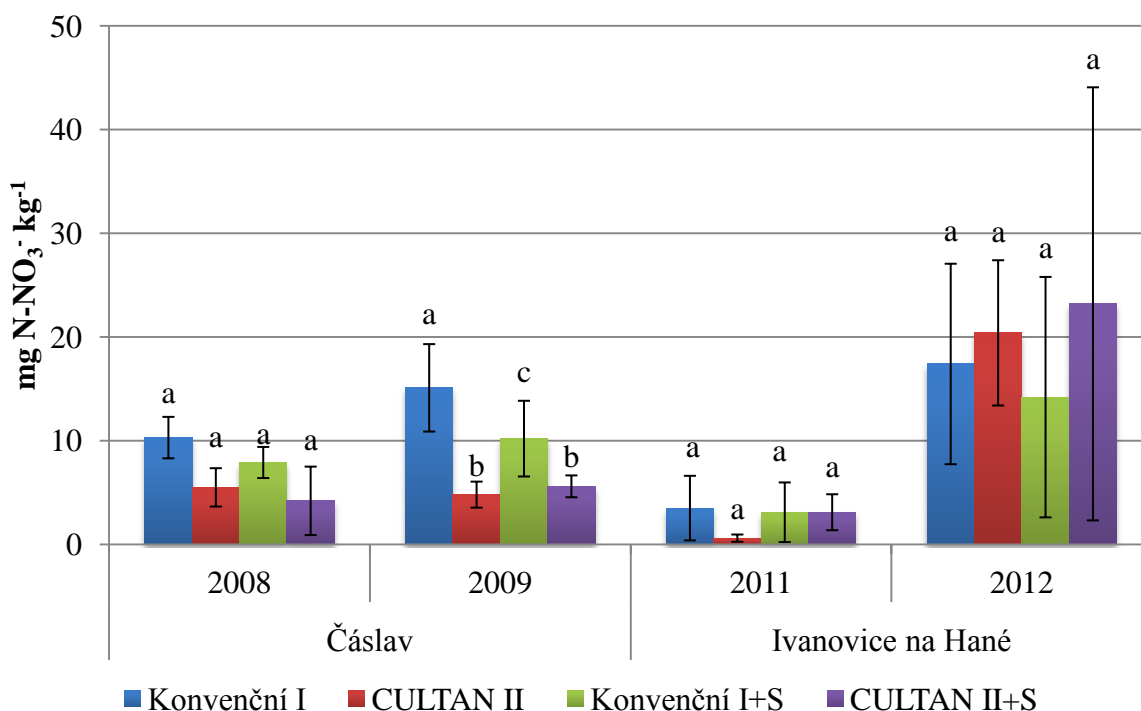


Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

V podorniční vrstvě půdy (30-60 cm) byly rozdíly v obsahu nitrátového dusíku mezi variantami hnojení patrné v roce 2009 na stanovišti Čáslav (graf 11). U variant CULTAN (II, II+S) byl zjištěn průkazně nižší obsah nitrátového dusíku v podorničí ve srovnání s konvenčními variantami (I, I+S). Na základě těchto výsledků je patrné, že povrchová aplikace hnojiv způsobila větší posun nitrátového dusíku po sklizni řepky ozimé do podorničí vrstvy půdy. Hnojení systémem CULTAN by mělo eliminovat posun nitrátového dusíku do spodních vrstev půdy, protože depo je v půdě stabilním systémem a na konci vegetačního období plodiny by mělo být dusík z tohoto depa vyčerpán (Sommer, 2005). Lze předpokládat, že nitrát vzniklý během nitrifikace v CULTAN systému hnojení je kontinuálně přijímán rostlinami a tím se snižuje riziko ztráty dusíku vyplavením (Menge-Hartmann et Schittenhelm, 2008). Během let 2011 a 2012 rozdíly v obsahu nitrátového dusíku v podorničí na stanovišti Ivanovice na Hané zaznamenány nebyly. Vzhledem k vysokému obsahu nitrátového dusíku v orniční vrstvě byl zaznamenán posun tohoto nitrátového dusíku i

do podorničí na stanovišti Ivanovice na Hané bez ohledu na variantu ve srovnání se stanovištěm Hněvčeves a Humpolec v roce 2012.

**Graf 11: Obsah dusíku N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg.kg<sup>-1</sup>) ve vrstvě půdy 30-60 cm po sklizni; Čáslav a Ivanovice na Hané**



Varianty (sloupce) označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 6.10 Hodnocení výskytu chorob

Výskyt a intenzita napadení porostu houbovými chorobami je zejména ovlivněna podmínkami prostředí (Hong et al., 1996). Choroby mohou snížit výnos semene až o 20-50 %. Z chorob se na řepce nejvíce vyskytuje: fómová hniloba, verticiliové vadnutí, hlízenka obecná, černá řepková, padlí, plíseň šedá aj. Ochrana proti chorobám je v současnosti zpravidla nutná až do nadmořských výšek kolem 600 m. Aplikace fungicidů je nejrentabilnějším intenzifikačním opatřením do řepky ozimé (Bečka et al., 2007).

Při injektáži dusíkatého hnojiva v jarním období může dojít k poškození porostu přejezdem aplikační techniky s následným zvýšeným rizikem napadení porostu chorobami. Při větším počtu rostlin na m<sup>2</sup> je také zvýšené riziko napadení porostu chorobami a dochází k nerovnoměrnému zrání porostu (Leach et al., 1999). Během našeho pokusu nedocházelo k poškození porostu aplikační technikou, které by mělo zásadní vliv na výnos a výnosové

charakteristiky porostu. Při hnojení pšenice ozimé, ječmene jarního a kukuřice metodou CULTAN nedošlo k poškození rostlin vlivem pojezdu aplikační techniky (Kubešová et al., 2013b).

### **6.10.1 Plíseň zelná**

Plíseň zelná patří mezi méně významné choroby. Její výskyt je malý a ošetření se proti ní v současnosti neprovádí. Ale např. v sousedním Německu patří již k nebezpečným patogenům. Může způsobit až odumírání vzcházejících rostlin a dále výrazné poškození celých rostlin především v semenných porostech (Prokinová, 2003).

Na stanovišti Hněvčeves a Humpolec (Tab. 34 a 35) nebyly pozorovány rozdíly mezi variantami pokusu v napadení porostu touto chorobou v průběhu let 2008 až 2012. V roce 2012 došlo k průkazně vyššímu výskytu této choroby u varianty CULTAN II ve srovnání s ostatními variantami pokusu na stanovišti Ivanovice na Hané (Tab. 36).

### **6.10.2 Plíseň šedá a hlízenka obecná**

Hlízenka obecná patří k nejvýznamnějším chorobám řepky. V letech silného výskytu může způsobit ztráty 30-50 % na výnosech. V některých letech se však téměř nevyskytuje. K infekci dochází v období květu nebo odkvétání. Silně napadené stonky se lámou. Houba také obdobně poškozuje kořeny, větve i šešule. Postupně dojde k odumření celé rostliny. Plíseň šedá napadá všechny nadzemní části rostliny. Cílená chemická ochrana se neprovádí, protože by se fungicidní opatření muselo pravidelně opakovat. Vedlejší účinnost proti plísni šedé má ošetření proti hlízence v době květu (Kazda et al., 2007).

Ve výskytu plísně šedé nebyly na žádném ze stanovišť zaznamenány průkazné rozdíly v napadení mezi variantami pokusu během let 2008-2012. Vyšší výskyt plísně šedé byl zaznamenán na stanovišti Čáslav v roce 2008 (Tab. 36) a na stanovišti Hněvčeves (Tab. 34) a Humpolec (Tab. 35) v roce 2009.

Ve výskytu hlízenky obecné nebyly na stanovišti Hněvčeves, Humpolec a Čáslav zaznamenány statisticky průkazné rozdíly v napadení porostu během pokusných let. Rok 2008 byl charakteristický silným a dlouhotrvajícím infekčním tlakem hlízenky obecné v důsledku vlhčího průběhu počasí na jaře a poměrně vysokým porostům řepky. Dále bylo větší procento napadení porostu hlízenkou obecnou pozorováno v letech 2009, 2010 a 2011 na stanovišti Humpolec, na stanovišti Hněvčeves to byl zejména rok 2010.

Průkazně nižší napadení porostu hlízenkou obecnou bylo pozorováno na stanovišti Ivanovice na Hané v roce 2011 u varianty CULTAN II+S ve srovnání s ostatními variantami (Tab. 36). V roce 2012 na stanovišti Ivanovice na Hané byla varianta konvenční I+S průkazně více napadána hlízenkou obecnou ve srovnání s ostatními variantami. Dle Sommer (2001) při hnojení metodou CULTAN byl u rostlin pozorován lepší zdravotní stav než u rostlin, které byly hnojeny nitrátovým dusíkem. Může to být zdůvodněno tím, že rostliny hnojené metdou CULTAN mají vyšší obsah sušiny než rostliny, které přijímaly nitrátový dusík. Toto tvrzení bylo potvrzeno u výskytu hlízenky obecné pouze na stanovišti Ivanovice na Hané v letech 2011 a 2012.

### **6.10.3 Fómová hniloba**

Houba napadá všechny rostlinné části, k napadení může docházet po celou dobu vegetace. Nejzávažnější je napadení krčků v předjarním a jarním období (Prokinová, 2003).

K průkazně většímu napadení porostu fómovou hnilobou došlo v roce 2010 na stanovišti Hněvčeves u varianty konvenční I+S ve srovnání s CULTAN variantou II (Tab. 34). V roce 2011 na stanovišti Ivanovice na Hané byly CULTAN rostliny II nejméně napadány touto chorobou ve srovnání s rostlinami ostatních variant (Tab. 36).

### **6.10.4 Čerň řepková**

Důsledkem napadení řepky je předčasné zasychání semen a pukání šesulí. Intenzita výskytu a tedy škodlivosti závisí na průběhu počasí. Ztráty jsou zaznamenávány v letech s vysokými srážkami a vysokou teplotou v době od konce kvetení do zralosti (Prokinová, 2003).

V průběhu pokusných let 2008 až 2012 nebyly na žádném ze stanovišť pozorovány průkazné rozdíly v napadení porostu touto chorobou. Vyšší míra výskytu byla zaznamenána v roce 2008, 2009 a 2010 na stanovišti Humpolec (Tab. 35).

**Tab. 34: Výskyt houbových chorob na stanovišti Hněvčeves**

<b>Rok</b>	<b>Varianta/ Choroba</b>	<b>Plíseň zelená</b>	<b>Plíseň šedá</b>	<b>Fomová hniloba</b>	<b>Hlízenka obecná</b>	<b>Černá řepková</b>
2008	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>ab</sup>	5,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,8 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>ab</sup>	5,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
2012	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 35: Výskyt houbových chorob na stanovišti Humpolec**

Rok	Varianta/ Choroba	Plíseň zelená	Plíseň šedá	Fomová hniloba	Hlízenka obecná	Černá řepková
2008	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
2010	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
2012	Konvenční I	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

**Tab. 36: Výskyt houbových chorob na stanovišti Čáslav a Ivanovice na Hané**

<b>Rok</b>	<b>Varianta/ Choroba</b>	<b>Plíseň zelená</b>	<b>Plíseň šedá</b>	<b>Fomová hniloba</b>	<b>Hlízenka obecná</b>	<b>Čern řepková</b>
2008	Konvenční I	8,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	7,3a	7,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	8,3 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,3a	7,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	8,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	7,5a	7,5 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	8,8 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	7,5a	7,3 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>
2009	Konvenční I	9,0 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	8,8a	8,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	9,0 <sup>a</sup>	8,0 <sup>a</sup>	8,5a	8,8 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	9,0 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	8,8a	8,8 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,0 <sup>a</sup>	8,5 <sup>a</sup>	8,8a	8,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
2011	Konvenční I	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>c</sup>	6,25 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>	8,0 <sup>b</sup>	9,0 <sup>a</sup>
2012	Konvenční I	6,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II	5,5 <sup>b</sup>	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	Konvenční I +S	6,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	7,5 <sup>b</sup>	9,0 <sup>a</sup>
	CULTAN II+S	7,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>

Hodnoty ve sloupci označené stejným písmenem pro daný rok nejsou statisticky významné ( $p < 0,05$ ).

## 7 ZÁVĚR

V průběhu pokusných let 2008 až 2012 na stanovištích Hněvčeves, Humpolec, Čáslav a Ivanovice na Hané nebyly zaznamenány průkazné rozdíly ve výnosu semen řepky ozimé mezi konvenčním způsobem aplikace dusíkatých hnojiv a injektáží dusíkatých hnojivových roztoků do půdy (CULTAN). Výnosy semen se v rámci variant bez ohledu na stanoviště pohybovaly v rozmezí 4,5-4,7 t.ha<sup>-1</sup>. Porosty hnojené systémem CULTAN jsou tedy schopné dosáhnout srovnatelných výnosů semen jako porosty hnojené dílčími dávkami dusíku. Jelikož problematika hnojení řepky ozimé sírou je v současnosti velmi aktuální, bylo součástí pokusu i sledování vlivu síry a způsobu její aplikace (CULTAN vs. konvence) na dosažené výnosy semen. Z výsledků lze usuzovat, že způsob aplikace dusíkatého hnojiva s obsahem síry neměl statisticky průkazný vliv na výnos semen řepky ozimé.

Obsah sušiny na začátku kvetení a na konci kvetení v rostlinách řepky ozimé nebyl ovlivněn systémem aplikace hnojiva. Přídavek síry v dusíkatém hnojivu a způsob aplikace hnojiva neovlivnily dosažené hodnoty sušiny nadzemní biomasy rostlin na začátku a na konci kvetení.

Způsob aplikace hnojiva měl vliv na obsah dusíku v nadzemní biomase na začátku kvetení (BBCH 60) i na konci kvetení (BBCH 69). Přídavek síry a aplikace hnojiva konvenčním způsobem způsobily vyšší obsah dusíku v nadzemní biomase na začátku i na konci kvetení ve srovnání s aplikací hnojiva injektážně (CULTAN) bez síry. Na konci kvetení byl obsah dusíku v nadzemní biomase nižší u CULTAN způsobu hnojení ve srovnání s konvenčním způsobem, kde byl dusík dodán formou dělelných dávek na povrch půdy.

Hodnocení výživného stavu rostlin dusíkem na začátku kvetení pomocí indexu výživy rostlin dusíkem (Nitrogen Nutrition Index-NNI) neprokázalo rozdíly ve výživě rostlin dusíkem mezi konvenčním způsobem hnojení a metodou CULTAN.

Hmotnost tisíce semen byla zjištěna průkazně nižší u CULTAN systému hnojení ve srovnání s konvenční aplikací hnojiv zejména na stanovišti Humpolec. Na stanovišti Hněvčeves rozdíly pozorovány nebyly nebo bylo dosaženo statisticky průkazně vyšší hmotnosti semen u variant CULTAN.

V počtu rostlin na m<sup>2</sup> na jaře nebyly zaznamenány průkazné rozdíly mezi variantami hnojení na žádném ze stanovišť v průběhu pokusných let. Nedošlo tak k ovlivnění struktury porostu a výnosotvorných parametrů v rámci variant.



V pokusu byl pozorován průkazně nižší obsah dusíku v semeni po hnojení porostu metodou CULTAN ve srovnání s porosty, které byly hnojeny formou dělených dávek dusíku na povrch půdy. S hodnotami obsahů dusíku v semeni korespondují i hodnoty odběrů dusíku semeny, které byly zpravidla průkazně nižší u variant CULTAN v průběhu pokusných let. Z výsledků pokusu vyplývá, že nejvyšších hodnot obsahů a odběrů dusíku bylo dosaženo na stanovišti Hněvčeves. Aplikace dusíkatého hnojiva s obsahem síry na povrch půdy nebo injektážně do depa na obsah a odběr dusíku semeny neměla statisticky průkazný vliv.

U rostlin hnojených metodou CULTAN byl pozorován nižší obsah dusíku ve slámě častěji, než u rostlin hnojených konvenčním způsobem v průběhu pokusných let. Vliv aplikace síry nebyl pozorován.

V obsahu makroprvků v semeni a slámě nebyly pozorovány zásadní rozdíly mezi systémy hnojení. Vlivem příjmu amoného iontu v systému výživy CULTAN nedošlo k omezenému příjmu ostatních kationtů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ). Obsah fosforu v semeni řepky byl pozorován vyšší po hnojení metodou CULTAN ve srovnání s konvenční aplikací hnojiv formou dělených dávek dusíku. Aplikace dusíkatých hnojiv s obsahem síry bez ohledu na systém hnojení způsobila vyšší obsah síry ve slámě na stanovišti Humpolec.

Hodnocením obsahu nitrátového dusíku v ornici (0-30 cm) a podorničí (30-60 cm) a tím související možností jeho ztrát vyplavením, nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi způsoby aplikace hnojiv. I když nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení, vyšších obsahů nitrátového dusíku v podorničí bylo zpravidla dosahováno u konvenčního způsobu aplikace hnojiv ve srovnání s metodou CULTAN.

Hodnocení výskytu chorob neprokázalo statisticky průkazné rozdíly mezi konvenční aplikací hnojiv a systémem CULTAN v napadení porostu plísní zelnou, plísní šedou, černí řepkovou a fómovou hnilobou. Vlivem pojezdu aplikační techniky na jaře nedošlo k významnému poškození mladých rostlin řepky.

Řepka ozimá je obecně plodinou velmi náročnou na dusík. Optimální načasování, vhodně zvolený druh hnojiva a dávka dusíkatého hnojiva v souladu s potřebami porostu je klíčem úspěšné pěstitelské technologie řepky ozimé. Z výsledků pětiletého pokusu s řepkou ozimou na čtyřech rozdílných půdně-klimatických stanovištích vyplývá, že po CULTAN metodě hnojení je dosahováno srovnatelných výnosů semen řepky ozimé, jako při hnojení řepky formou dělených dávek dusíku na povrch půdy. Termín injektážní aplikace hnojiva je nutné volit s ohledem na aktuální stav porostu, teplotní a vláhové poměry a druh použitého hnojiva. Zpravidla je vhodné hnojit porost řepky ozimé v co nejkratším možném termínu po zahájení regenerace kořenového systému po zimě. Žádoucí pro porost řepky ozimé je využít

dusíkatá hnojiva s obsahem síry. Tuto metodou lze využít v souvislosti s možností snížení počtu přejezdů po pozemku a provozních nákladů při hnojení řepky ozimé dusíkem. Také na půdách s vysokým obsahem dusíku nebo tam, kde je hnojeno vyššími dávkami dusíku ( $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

## 8 SEZNAM LITERATURY

AHMAD, A., ABDIN, M. Z. 2000. Photosynthesis and its related physiological variables in the leaves of *Brassica* genotypes as influenced by sulphur fertilization. *Physiologia Plantarum*. 110.144-149.

AMZALLAG, G. N., LERNER, H. R., POLJAKOFF-MAYBER, A. 1992. Interaction between mineral nutrients, cytokinin and gibberellic acid during growth of Sorghum at high NaCl salinity. *Journal of Experimental Botany*. 43. 81-87.

ANDERSON, J. P. E., DOMSCH, K. H. 1980. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*. 130. 211-216.

ANJUM, N. A., UMAR, S., IQBAL, M. (eds.). 2011. Protection of growth and photosynthesis of *Brassica juncea* genotype with dual type sulfur transport system against sulfur deprivation by coordinate changes in the activities of sulfur metabolism enzymes and cysteine and glutathione production. *Russian Journal of Plant Physiology*. 58. 892-898.

ÅRGEN, G. I. 1985. Theory for growth of plants derived from the nitrogen productivity concept. *Physiologia Plantarum*. 64. 17-28.

ASHIKARI, M., SAKAKIBARA, H., LIN, S., YAMAMOTO, T., TAKASHI, T. (eds.). 2005. Cytokinin Oxidase Regulates Rice Grain Production. *Science*. 309. 741-745.

AUFHAMMER, W., KÜBLER, E., BURY, M., 1994. Nitrogen uptake and nitrogen residuals of winter oilseed rape and fallow rape. *Journal of Agronomy and Crop Science*.. 172. 255–264.

AULAKH, M. S., DORAN, J. W., MOSIER, A. R. 1992. Soil denitrification-significance, measurement and effects on management. *Advances in Soil Science*. 18. 1-57.

- AZAM, F., SMITH, D. C., STEWARD, G. F., HAGSTRÖM, Å. 1993. Bacteria-organic matter coupling and its significance for oceanic carbon cycling. *Microbial Ecology*. 28. 167-179.
- BALÍK, J. (eds.). 2007a. Principy výživy a hnojení ozimé řepky. Power Print. Praha. In: Baranyk, P., , A. 2007. Řepka - pěstování - ekonomika. Profi Press s.r.o.. Praha. 208 s.
- BALÍK, J., LIPAŤSKÝ, J., HLUŠEK, J., PAVLÍKOVÁ, D., ČERNÝ, J. 2007b. Usměrnění výživy rostlin amonným dusíkem (systém CULTAN). Sborník z konference: Racionální použití hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 39-45.
- BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., KOZLOVSKÝ, O. 2008. Nová technologie výživy rostlin dusíkem-CULTAN. S námi jste úspěšní. Agrofert holding a.s. 33-35.
- BARANYK, P., KAZDA, J., ŠKEŘÍK, J., VOLF, M. 2005. Řepka olejka v českém zemědělství. Komplexní pěstitelská technologie. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin. Praha. 161 s.
- BARLÓG, P., GRZEBISZ, W. 2004. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). II. Nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190. 314-323.
- BEČKA, D., VAŠÁK, J., ZUKALOVÁ, H., MIKŠÍK, V. 2007. Řepka ozimá - Pěstitelský rádce. KRV ČZU. Praha. 56 s.
- BEUCHAMP, E. G., TREVORS, J. T., PAUL, J. W. 1989. Carbon sources for bacterial denitrification. *Advances in Soil Science*. 10. 113-134.
- BILSBORROW, P. E., EVANS, E. J., MURAY, F., ZHAO, F. J. 1993. Glukosinolate changes in developing pods of single and double low varieties of autumn sown oilseed rape (*Brassica napus*). *Annals of Applied Biology*. 122. 135-143.
- BLACK, A. S., WARING, S. A. 1972. Ammonium fixation and availability in some cereal producing soils of Queensland. *Australian Journal of Soil Research*. 10. 197-207.

- BLAKE-KALFF, M. M. A., HARRISON, K. R., HAWKESFORD, M. J., ZHAO, F. J., McGRATH, S.P. 1998. Allocation of sulfur within oilseed rape (*Brassica napus* L.) leaves in response to sulfur-deficiency. *Physiologia Plantarum*. 118. 1337–1344.
- BOELCKE, B. 2003. Effekte der N-Injektionsdüngung auf Ertrag und Qualität von Getreide und Raps in Mecklenburg-Vorpommern. In: *Landbauforschung Völkenrode, Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen, Sonderheft*. 245. 47-56.
- BOELCKE, B., LEON, J., SCHULZ, R. R., SCHRÖDER, G., DIEPENBROCK, W. 1991. Yield Stability of Winter Oil-Seed Rape (*Brassica napus* L.) as Affected by Stand Establishment and Nitrogen Fertilization. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 4. 167. 241-248.
- BOXMAN, A. W., KRABBENDAM, H., BELLEMAKERS, M. J. S., ROELOFS, J. G. M. 1991. Effects of ammonium and aluminum on the development and nutrition of *Pinus nigra* in hydroculture. *Environmental Pollution*. 73. 119-136.
- BRACHT, P. 1998. Veränderung der Mengen an Kohlenhydraten und Stickstoff im Weizen (*Triticum aestivum* L.) in Abhängigkeit von der Art der N-Versorgung. Diss. Bonn. p. 150
- BRITTO, D. T., KRONZUCKER, H. J. 2002.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: critical review. *Journal of Plant Physiology*. 159. 567-584.
- CHAILLOU, S., MOROT-GAUDRY, J. F., SALSAC, L., LESAIN, C., JOLIVET, E. 1986. Compared effects of  $\text{NO}_3^-$  or  $\text{NH}_4^+$  on growth and metabolism of French bean. *Physiologie Vegetale*. 24. 679-687.
- CHEN, J. G., CHENG, S. H., CAO, W. X., ZHOU, X. 1998. Involvement of endogenous plant hormones in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of bean. *Journal of Plant Nutrition*. 21. 87-97.

CHOUDHURY, A. T. M. A., KENNEDY, I. R. 2005. Nitrogen Fertilizer Losses from Rice Soils and Control of Environmental Pollution Problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36. 1625-1639.

CHRISTEN, O., SIELING, K. 1995. Effect of different preceding crops and crop rotations on yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 174. 265-271.

CLAUSSEN, W., LENZ, F. 1999. Effect of ammonium or nitrate nutrition on net photosynthesis, growth, and activity of the enzymes nitrate reductase and glutamine synthetase in blueberry, raspberry and strawberry. *Plant and Soil*. 208. 95-102.

COLNENE, C., MEYNARD, J., REAU, R., JUSTES, E., MERRIEN, A. 1998. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Oilseed Rape. *Annals of Botany*. 81. 311-317.

CRAMER, N. 1993. Umweltverträglichkeit der N-Versorgung des Rapses. *Raps*. 11. 4-7.

CRAMER, M. D., LEWIS, O. A. M. 1993. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. *Annals of Botany*. 72. 359-365.

ČERNÝ, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., NĚMEČEK, R. 1997. Minerální a organický dusík v půdě. Sborník z konference: Racionální použití průmyslových hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 72-78.

DE PASCALE, S., MAGGIO, A., ORSINI, F., BOTTINO, A., BARBIERI, G. 2008. Sulphur fertilization affects yield and quality of friarielli (*Brassica rapa* l. subs *sylvestris* L. Janch. Var. *esculenta* Hort.) grown on a floating system. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology*. 83. 743-748.

DEVIENNE-BARRET, F., JUSTES, E., MACHET, J. M., MARY, B. 2000. Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions. *Annals of Botany*. 86. 995-1005.

DIEPENBROCK, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crop Research. 67. 35-49.

FÁBRY, A., (eds.). 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR. 419 s.3

FAZILI, I. S., JAMAL, A., AHMAD, S., MUZAIN MASOODI, J., KHAN, S. (eds.). 2008. Interactive Effect of Sulfur and Nitrogen on Nitrogen Accumulation and Harvest in Oilseed Crops Differing in Nitrogen Assimilation Potential. Journal of Plant Nutrition. 31. 1203-1220

FELGENTREU, C. 2003. Erste Ergebnisse beim Einsatz des Injektionsdüngerverfahren bei Winterraps in Brandenburg. In: Landbauforschung Völkenrode, Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen, Sonderheft. 245. 55-60.

FENN, L. B., KISSEL, D. E. 1976. The Influence of Cation Exchange Capacity and Depth of Incorporation on Ammonia Volatilization from Ammonium Compounds Applied to Calcareous Soils. Soil Science Society of American Journal. 40. 394-398.

FILSCH, R., ZIHLMANN, U., BRINER, P., RICHNER, W. 2013. The CULTAN system in a screening test for Swiss arable farming. Agrarforschung Schweiz. 40. 40-47.

FINNEMANN, J., SCHJOERRING, J. K. 1999. Translocation of  $\text{NH}_4^+$  in oilseed rape plants in relation to glutamine synthetase isogene expression and activity. Physiologia Plantarum. 105. 469-477.

FIRESTONE, M. 1982. Biological denitrification. In: Stevenson, F. J. (eds.). 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. USA. 289-326.

FISMES, J., VONG, P. C., GUCKERT, A., FROSSARD, E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. European Journal of Agronomy. 12. 127-141.

FOCHT, D. D., VERSTRAETE, W. 1977. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. In: Alexander, M. (eds.). 1997. Advances in microbial ecology. 1. Plenum Press. New York. 135-214.

FOLLETT, R. F. 2001. Nitrogen transformation and transport processes. 17-44. In: Follett, R. F., Hatfield, J. (eds). 2001. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier Science Publishers. The Netherlands. p. 520

FOSKET, D. E. 1994: Plant Growth and Development: *A Molecular Approach*. Academic press. p. 580

GABRIELLE, B., DENOROY, P., GOSSE, G., JUSTES, E., ANDERSEN, M. N. 1998. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape. *Field Crop Research*. 57. 209-222.

GAN, S., AMASINO, R. M. 1995. Inhibition of leaf senescence by autoregulated production of cytokinin. *Science*. 270. 1986-1988.

GASTAL, F., LEMAIRER, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*. 53. 789-799.

GERENDAS, J., SATTELMACHER, B. 1995. Influence of ammonium supply on growth, mineral nutrient and polyamine contents of young maize plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 158. 299-305.

GERENDAS, J., ZHU, Z., BENDIXEN, R., RATCILIFFE, G., SATTELMACHER, B. 1997. Physiological and biochemical processes related to ammonium toxicity in higher plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 160. 239-251.

GLASS, A. D. M., BRITTO, D. T., KAISER, B. N., KINGHORN, J. R., KROMZUCKER, H. J. (eds.). 2002. The regulation of nitrate and ammonium transport systems in plants. *Journal of Experimental Botany*. 53. 855-864.



- GOMBERT, J., DILY, LE F., LOTHIER, J., ETIENNE, P., ROSSATO, L. (eds.). 2010. Effect of nitrogen fertilization on nitrogen dynamics in oilseed rape using  $^{15}\text{N}$ -labeling field experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 173. 875-884.
- GUO, S. 2001. The effects of N form (ammonium versus nitrate) on growth, photosynthesis and water uptake of *Phaseolus vulgaris* L. Plants. PhD Thesis. Christian-Albrechts-Universität. Kiel.
- HABRLE, J. 1997. Dostupnost a využití zásoby dusíku z různých hloubek půdního profilu v závislosti na rozvoji kořenového systému. Sborník z konference: Racionální použití průmyslových hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 82-87.
- HARAPIAK, J. T., MALHI, S. S., CAMPBELL, C. A., NYBORG, M. 1993. Fertilizer N application practices. In: D. A. Rennie et al. (eds.). Impact of macronutrients on crop responses and environmental sustainability on the Canadian prairies. Canadian Society of Soil Science. Ottawa. 251-313.
- HAYENS, R. J., GOH, K. M. 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biological Reviews*. 53. 465-510.
- HELL, R. 1997. Molecular physiology of plant sulfur metabolism. *Planta*. 202. 138-148.
- HOLMES, M. R. J. 1980. Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publishers LTD. London. pp. 158.
- HONG, C. X., FITT, B. D. L., WELHAM, S. J. 1996. Effects of wetness period and temperature on development of dark pod spot (*Alternaria brassicae*) on oilseed rape (*Brassica napus*). *Plant Pathology*. 45. 1077-1089.
- HOUBA, V. J. G., NOVOZAMSKY, I., HUYGBRETS, A. W. M., VAN DER LEE, J. J. 1986. Comparison of soil extractions by 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ , by EUF and by some conventional extraction procedures. *Plant and Soil*. 3. 433-437.
- HŘIVNA, L. 2011. Regenerační hnojení ozimé řepky. *Květy olejnin*. 16 (3), 3-6.

IVANIČ, J., HAVELKA, B., KNOP, K. 1984. Výživa a hnojení rostlin. Příroda Bratislava. SZN Praha. 482 s.

JACKSON, G. D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal*. 92. 644-649.

JANSON, S. L., PERSSON, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: Stevenson, F. J. (eds). 1982. Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy. Madison. pp. 229-252.

JUSTES, E., MARY, B., MEYNARD, J. M., MACHET, J. M., THELIER-HUCHÉ, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*. 74. 397-407.

KAZDA, J. (eds.). 2007. Ochrana řepky proti chorobám a škůdcům. Power Print. Praha. In: Baranyk, P., Fábry, A. 2007. Řepka - pěstování - ekonomika. Profi Press s.r.o.. Praha. 208 s.

KIRKBY, E. A. 1968. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solutions. *Soil Science*. 105. 133-141.

KIRKBY, E. A., HUGHES, A. D. 1970. Some aspects of ammonium and nitrate nutrition in plant metabolism: 69-77. In: Kirkby, E. A. (eds.). 1970. Nitrogen nutrition of the plant. University of Leeds Press. Leeds. 69-77.

KOZÁK, J., BORŮVKA, L., NĚMEČEK, J. 2003. Degradation of soils in the Czech Republic. In: Jones R.J.A., Montanarella, L. (eds.), Land Degradation in Central and Eastern Europe. European Soil Bureau Research Report No. 10. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg. 177-192.

KOZLOVSKÝ, O., BALÍK, J., ČERNÝ J., KULHÁNEK, M., KOS M. (eds.). 2009. Influence of nitrogen fertilizer injection (CULTAN) on yield, yield components formation and quality of winter wheat grain. *Plant, Soil and Environment*. 55. 536-543.

KOZLOVSKÝ, O. 2011. Zhodnocení nového systému výživy rostlin dusíkem CULTAN u ozimé pšenice. Dizertační práce. ČZU. Praha. 100 s.

KOŽNAROVÁ, V., KLABZUBA, J. 2002. Recommendation of World Meteorological Organization to describing meteorological or climatological conditions. Rostlinná výroba. 48. 190-192.

KUBEŠOVÁ, K., BALÍK, J., SEDLÁŘ, O., PEKLOVÁ, L. 2013a. The effect of injection application of ammonium fertilizer on the yield of maize. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 44. 1-5.

KUBEŠOVÁ, K., BALÍK, J., SEDLÁŘ, O., PEKLOVÁ, L., KOZLOVSKÝ O., PEKLOVÁ, Z. 2013b. The evaluation of nitrogen plant nutrition by CULTAN method under conditions of the Czech Republic – A Review. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19. 625-634.

KUBEŠOVÁ, K., BALÍK, J., ČERNÝ, J., SEDLÁŘ, O., PEKLOVÁ, L. 2014. The influence of fertilization by controlled ammonium nutrition (CULTAN) on maize yield, N uptake and content of nitrates in soil with a high content of mineral nitrogen. *Romanian Agricultural Research*. 31. 1-8.

KÜCKE, M. 2007. CULTAN - Düngung- Ergebnisse und laufende Forschungsarbeiten in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Braunschweig. p. 150

KULHÁNEK, M., ČERNÝ, J., BALÍK, J., VANĚK, V., SEDLÁŘ, O. 2011. Influence of the nitrogen-sulfur fertilizing on the content of different sulfur fractions in soil. *Plant, Soil and Environment*. 57. 553-558.

LAINÉ, P., OURRY, A., MACDUFF, J., BOUCAUD, J., SALETTE, J. 1993. Kinetic parameters of nitrate uptake by different catch crop species: effects of low temperatures or previous nitrate starvation. *Plant Physiology*. 88. 85-92.

LANCASHIRE, P. D., BLEIHOLDER, H., VAN DER BOOM, T., LANGELUDDEKE, P., STAUSS, R. (eds.). 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*. 119. 561-601.

LEACH, J. E., STEVENSON, H. J., RAINBOW, A. J., MULLEN, L. A. 1999. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape. (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*. 132. 173-180.

LEBENDER, U., SENBAYRAM M. 2012. Regulatory effect of soil properties on N<sub>2</sub>O emission from wheat-growing season in five soils: field and pot experiment. *Proceedings of the 17th International Nitrogen Workshop*. Wexford, Ireland. 202-203.

LEGG, J. O., MEISINGER, J. J. 1982. „Soil Nitrogen Budgets.“ In: Stevenson, F. J. (eds.). 1982. *Nitrogen in Agricultural Soils*. American Society of Agronomy. Wisconsin. 503-566.

LEMAIRE, G., SALETTE J. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Etude de l'effet du milieu. *Agronomie*. 4. 423-430.

LEMAIRE, G., GASTAL, F., SALETTE, J. 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and N optimum content. *Proceedings XVI. International Grassland Congress*. Nice. France. 179-180.

LEMAIRE, G., MEYNARD, J. M. 1997. Use of the nitrogen nutrition index for the analysis of agronomical data. In: Lemaire, G. (eds.). 1997. *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Berlin-Hidelberg. Springer-Verlag. 45-55.

LINDEMANN, W. C., GLOVER, C. R. 2003. *Nitrogen Fixation by Legumes*. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University.

MALAGOLI, P., LAINE, P., ROSSATO, L., OURRY, A. 2004. Dynamics of Nitrogen Uptake and Mobilization in Field-grown Winter Oilseed Rape (*Brassica napus*) From

Stem Extension to Harvest. II. An  $^{15}\text{N}$ -labelling-based Simulation Model of N Partitioning Between Vegetative and Reproductive Tissues. *Annals of Botany*. 95. 1178-1198.

MATSSON, M., SCHJOERRING, J. K. 1996. Ammonia emission from young barley plants: Influence of N-source, light/dark cycles, and inhibition of glutamine synthetase. *Journal Experimental Botany*. 47. 477-484.

MALAGOLI, P., LAINE, P., ROSSATO, L., OURRY, A. 2005. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape from stem elongation to harvest. I. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape from stem elongation to harvest. *Annals of Botany*. 95. 853–861.

MALHI, S. S., GILL, K. S. 2002. Effectiveness of sulphate-S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. *Canadian Journal of Plant Science*. 82. 665-674.

MALHI, S. S., GAN, Y., RANEY, J. P. 2007. Yield, Seed Quality, and Sulfur Uptake of *Brassica* Oilseed Crops in Response to Sulfur Fertilization. *Agronomy Journal*. American Society of Agronomy. 99. 570-577.

MALIK, M. A., AZIZ, I., ZAMAN, KHAN, H. Z., WAHID, M. A. 2004. Growth, Seed Yield and Oil Content Response of Canola (*Brassica napus* L.) to Varying Levels of Sulphur. *International Journal of Agriculture & Biology*. 6. 1153-1155.

MATULA, J. 2011. Diagnostika výživného stavu rostliny sírou. Sborník z konference: Racionální použití hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 48-57.

MCGRATH, S. P., ZHAO, F. J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agronomy Science*. 126. 53-62.

MENGE-HARTMANN, U., SCHITTENHELM, S. 2008. Depot stability of locally injected ammonium and effect on the metabolism of spring wheat. *Landbauforschung Volkenrode*. 58. 235-245.

- MICHAEL, G., SCHUMACHER, H., MARSCHNER, H. 1965. Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff aus markierter Ammoniumnitrat und deren Verteilung. In: Z. Pflanzenernähr., Düng., Boden. 110. p. 225
- MIZIORKO H. M., LORIMER, G. H. 1983. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygenase. Annual Review of Biochemistry. 52. 507–535.
- NARITS, J. 2010. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus L. var. Oleifera subvar. biennis*). Agronomy Research. 8. 671-686.
- NI, K., PACHOLSKI, A., KAGE, H. 2012. Effects of urea fertilization with urease and nitrification inhibitors on ammonia volatilization and winter wheat yield. Proceedings of the 17th International Nitrogen Workshop. Wexford, Ireland. 94-95.
- NIEDER, R., DINESH, K. B., SCHERER, W. H. 2011. Fixation and defixation of ammonium in soils: a review. Biology and Fertility of Soils. 47. 1-14.
- NOMNIK, H. 1957. Fixation and defixation of ammonium in soils. Acta Agriculturae Scandinavia. 7. 395-436.
- OLIVEIRA, I. C., LAM, H. M., COSCHIGANO, K., MELO-OLIVEIRA, R., CORUZZI, G. 1997. Molecular-genetic dissection of ammonium assimilation in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology and Biochemistry. 35. 185-198.
- PAVLÍKOVÁ, D., BALÍK, J., PAVLÍK, M., TLUSTOŠ, P., VANĚK, V. 2007. Dusík v rostlině a jeho využití. Sborník z konference: Racionální použití hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 28-34.
- PEARSON, J., STEWART, G. R. 1993. The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. New Phytologist. 125. 283-305.

PEKLOVÁ, L., BALÍK, J., SEDLÁŘ, O., KUBEŠOVÁ, K., PEKLOVÁ, Z. 2012. Výživa řepky ozimé dusíkem pomocí injektážní aplikace hnojiv (CULTAN). *Agrochémia*. XVI (52). 8-12.

PEKLOVÁ, Z., PEKLOVÁ, L., ČERNÝ, J., KOS, M., BALÍK, J. 2013. Vliv různého způsobu hnojení dusíkem na obsah N v rostlinách ozimé řepky během vegetace. *KAVR ČZU*. Praha. 127-130.

PILL, W. G., LAMBETH, V. N. 1977. Effects of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  nutrition with and without pH adjustment on tomato growth, ion composition, and water relations. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 102. 78–81

PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. (eds). 2003. *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha. 484 s.

PROKINOVÁ, E. 2003. Choroby řepky význam v ČR a ochrana proti nim. Sborník „Řepka, Mák, Hořčice“ 2003. *KRV ČZU*. Praha. 76-80.

RAAB, T. K., TERRY, N. 1995. Carbon, Nitrogen, and Nutrient Interactions in *Beta vulgaris* L. as Influenced by Nitrogen Source,  $\text{NO}_3^-$  versus  $\text{NH}_4^+$ . *Plant Physiology*. 107. 575-584.

RATHKE, G. W., BEHRENS, T., DIEPENBROCK, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oil seed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 117. 80-108.

RICHARDS, R. A., THURLING, N. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. I: Sensitivity at different stages of development. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29. 469-477.

RICHTER, R., HLUŠEK, J. 2002. Kořenový systém rostlin a mechanismus příjmu živin rostlinou. *Úroda*. 51 (11). 8-9.

RILEY, D., BARBER, S. A. 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. *Soil Science Society of America Journal*. 35. 301-306.

ROSSATO, L., LAINÉ, P., OURRY, A. 2001. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle. I: Nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. *Journal of Experimental Botany*. 52. 1655-1663.

RŮŽEK, P., KUSÁ, H., VAVERA, R. 2012. Hnojení řepky před setím a během podzimu. *Květy olejnin*. 17 (11). VÚRV Praha. 6-8.

SAHRAWAT, K. L., KEENEY, D. R. 1986. Nitrous oxide emission from soils. *Advances in Soil Science*. 4. 103-148.

SALLETE, J., LEMAIRE, G. 1981. Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance. Formulation d'une loi dilution. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série III*. 92. 875-878.

SAMUELSON, M. E., LARSSON, C. M. 1993. Nitrate regulation of zeatin riboside levels in barley roots: effects of inhibitors of N assimilation and comparison with ammonium. *Plant Science*. 93. 77-84.

SATTELMACHER, B., GERENDAS, J., BRÜCK, H., BAGDADY, N. H. 1993. Interaction between root growth and mineral nutrition. *Environmental and Experimental Botany*. 33. 63-73.

SATTELMACHER, B., THOMAS, K. 1995. Morphology and physiology of the seminal root-system of young maize (*Zea mays* L.) plants as influenced by a locally restricted nitrate supply. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 185. 493-497.

SAUERMAN, W. 1995. Hybridraps anbauen? *Raps*. 13. 10-111.

SCHARPF, H. C., WEIER, U. 1995. Zeitweiliges Verschwinden von triech gedüngtem Stickstoff durch Algen? *Landwirtschaft-Forschung*. 40. 125-128.



- SCHERER, H. W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. *European Journal of Agronomy*. 14. 81-111.
- SCHITTENHELM, S., MENGE-HARTMANN, U. 2006. Yield Formation and Plant Metabolism of Spring Barley in Response to Locally Injected Ammonium. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 192. 434-444.
- SCHJOERRING, J. K., HUSTED, S., MÄCK, G., MATTSSON, M. 2002. The regulation of ammonium translocation in plants. *Journal of Experimental Botany*. 53. 883-890.
- SCHMIDT, E. L. 1982. Nitrification in soil. In: Stevenson, F. J. (eds). 1982. Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy. Madison. 253-288.
- SCHNUG, E., HANEKLAUS, S., MURPHY, D. 1993. Sulphur in agriculture. 17. 8-12.
- SCHUBERT, S., YAN, F. 1997. Nitrate and ammonium nutrition of plants: Effects on acid/base balance and adaptation of root cell plasmalemma H<sup>+</sup> ATPase. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 160. 275-281.
- SCOTT, R. K., OGUNREMI, E. A., IRVINS, J. D., MENDHAM, N. J. 1973. The effect of sowing date and season on growth and yield of oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*. 81. 277-285.
- SEDLÁŘ, O., KOZLOVSKÝ, O., PEKLOVÁ, L., KUBEŠOVÁ, K. 2011a. Vliv injektážní aplikace dusíku na vývoj porostu jarního ječmene. *Agrochémia*. XV. 51. 11-14.
- SEDLÁŘ, O., BALÍK, J., KOZLOVSKÝ, O., PEKLOVÁ, L., KUBEŠOVÁ, K. 2011b. Impact of nitrogen fertilizer injection on grain yield and yield formation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant, Soil and Environment*. 57. 547-552.
- SEDLÁŘ, O., BALÍK, J., PEKLOVÁ, L., KUBEŠOVÁ, K., PEKLOVÁ, Z. 2012. Příjem anorganických kationtů jarním ječmenem při injektážní aplikaci dusíkatých hnojiv. *Agrochémia*. XVI. 52. 22-26.

SEDLÁŘ, O. 2013. Ověření systému výživy jarního ječmene dusíkem metodou CULTAN. Disertační práce. ČZU. Praha. 114 s.

SEDLÁŘ, O., BALÍK, J., ČERNÝ, J., PEKLOVÁ, L., KUBEŠOVÁ, K. 2013. Dynamics of the nitrogen uptake by spring barley at injection application of nitrogen fertilizers. *Plant Soil and Environment*. 59. 392-397.

SEDLÁŘ, O., BALÍK, J., ČERNÝ, J., PEKLOVÁ, L., KUBEŠOVÁ, K. 2014. Influence of nitrogen injection application on zinc and iron uptake by winter wheat and spring barley. *Journal of Central European Agriculture*. 15. 39-48.

SHEPARD, M. A., SYLVESTER-BRADLEY, R. 1996. Effect of nitrogen fertilizer applied to winter oilseed rape (*Brassica napus*) on soil mineral nitrogen after harvest and on the response of a succeeding crop of winter wheat to nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science*. 126. 63-74.

SHI, W., NORTON, J. M. 2000. Microbial control of nitrate concentrations in an agricultural soil treated with dairy waste compost or ammonium fertilizer. *Soil Biology & Biochemistry*. 32. 1453-1457.

SIDLAUSKAS, G., BERNOTAS, S. 2003. Some factors affecting seed yield of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*. 1. 229-243.

SIELING, K., CHRISTEN, O. 1997. Effect of preceding crop combination and N fertilization on yield of six oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L.). *European Journal of Agronomy*. 7. 301-306.

SIELING, K., GÜNTHER-BORSTEL, O., TEEBKEN, T., HANUS, H. 1999. Soil mineral N and N net mineralization during autumn and winter under an oilseed rape-winter wheat-winter barley rotation in different crop management systems. *The Journal of Agricultural Science*. 132. 127-137.

SINGH, S., LETHAM, D. S., PALNI, L. M. S. 1992. Cytokinin biochemistry in relation to leaf senescence. VII. Endogenous cytokinin levels and exogenous applications of

cytokinins in relation to sequential leaf senescence of tobacco. *Physiologia Plantarum*. 86. 388-397.

SMICIKLAS, K. D., BELOW, F. E. 1992. Role of cytokinin in enhanced productivity of maize supplied with  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ . *Plant and Soil*. 142. 307-313.

SMITH, F. A., RAVEN, J. A. 1974. Energy-dependent processes in *Chara Corallina*: absence of light stimulation when only photo-system one is operative. *New Phytologist*. 73. 1-12.

SOMMER, K., SIX, R. 1981. Ammonium als Stickstoffquelle beim Anbau von Futtergerste. *Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft*. 38. 151-161.

SOMMER, K., TITZ, R., WENDT, T. 1987. Ammonium depotdüngung: Eine Möglichkeit zur umweltverträglichen Stickstoffdüngung im Feldgemüse. *Forschung und Beratung, Reihe B, Berichte der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn*, p. 100

SOMMER, K. 1991. Ammonium-Depotdüngung: Grundlagen. Stand der Entwicklung, Perspektiven. *Forschungsberichte der Landwirtschaft. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität*. 5. Wiss. Fachtagung. 6-40.

SOMMER, K. 1992. Nicht veröffentlichte Versuchsergebnisse zum Anbau von Raps nach dem „CULTAN“-Verfahren. p. 245

SOMMER, K., KREUSEL, U. 1992. Nicht veröffentlichte Ergebnisse. Diplomarbeit. Bonn. p. 150

SOMMER, K. 2003. Grundlagen des „CULTAN“- Verfahrens. In: *Landbauforschung Völkenrode, anbauverfahren mit N-injektion (CULTAN). Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Sonderheft*. 245. 1-22.

SOMMER, K. 2005. *CULTAN-Düngung*. Verlag Th. Mann. Gelsenkirchen. p. 218

SOMMER, K., SCHERER, H. W. 2009. Source/Sink – Beziehungen in Pflanzen in Abhängigkeit von Ammonium als „CULTAN“, Nitrat oder Harnstoff als verfügbare Stickstoffdünger. p. 25. Dostupné také z: <<http://www.lvg-straelen-lwkr.de/>>.

SOON, Y. K., MILLER, M. H. 1977. Changes in the Rhizosphere Due to  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ -Fertilization and Phosphorus Uptake by Corn Seedlings (*Zea mays* L.). Soil Science Society of America Journal. 41. 77-80.

SPIESS, E., MEIER, U. 2008. Cultan-Düngetechnik praxisreif. Schweizer Landtechnik. 3 (3). 14-17.

STEVENSON, F. J. (eds.). 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. USA.

STEVENSON, F. J., COLE, M. A. 1999. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John & Wiley and Sons. New York. 427 pp.

ŠABATKA, J. 2001. Pozitivní efekty používání PPF. Úroda. 50 (7). 16-17.

TAKEI, K., H. SAKAKIBARA, M. TANIGUCHI, SUGIYAMA, T. 2001. Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator. Plant and Cell Physiology. 42. 85-93

TIEDJE, J. M. 1988. Ecology of denitrification and dissimilatory reduction to ammonium. In: Zehnder, A. J. B. (eds.). 1988. Biology of Anaerobic Microorganisms. John & Wiley and Sons. New York. 179-244.

TOBIN, A. K., YAMAYA, T. 2001. Cellular compartmentation of ammonium assimilation in rice and barley. Journal of Experimental Botany. 52. 591-604.

TRENKEL, M. E. 1997. Improving fertilizer use efficiency - controlled - release and stabilized fertilizers in agriculture. IFA. Paris. p. 157.

- TROEH, F. R., THOMPSON, L. M. 2005. Soils and soil fertility. Blackwell Publishing Professional. USA. p. 489
- VANĚK, V., PAVLÍKOVÁ, D., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P. 1997. Dusík v půdě a jeho přeměny, Sborník z konference: Racionální použití průmyslových hnojiv. KAVR ČZU. Praha. 8-14.
- VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press s.r.o. Praha. 132 s.
- VOSTAL, J., BALÍK, J., TESAŘ, S. 1989. Bilance dusíku v zemědělství. II. Část Pasivní složky. VŠZ. Praha. 104 s.
- WAGNER, B. M., BECK, E. 1993. Cytokinins in the perennial herb *Urtica dioica* L. as influenced by its nitrogen status. *Planta*. 190. 511-518.
- WALL, M. E. 1939. The role of potassium in plants. I. Effects of varying amounts of potassium on nitrogenous, carbohydrate and mineral metabolism in the tomato plant. *Soil Science*. 47. 143-161.
- WALLSGROVE, R. M., TURNER, J. C., HALL, N. P., KENDALLY, A. C., BRIGHT, S. W. J. 1987. Barley mutants lacking chloroplast glutamine synthetase-biochemical and genetical analysis. *Plant Physiology*. 83. 155-158.
- WEISLER, F. 1998. Agronomische und physiologische Aspekte der Ertragsbildung von Mais (*Zea mays* L.), Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Lein (*Linum usitatissimum* L.) bei einem in Zeit und Form variierten Stickstoffangebot. Grauer. Stuttgart. p. 330
- WERNER, T., MOTYKA, V., STRNAD, M., SCHMÜLLING, T. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98. 10487-10492.
- WINTER, H., LOHAUS, G., HELDT, H. W. 1992. Phloem transport of amino acids in relation to their cytosolic levels in barley leaves. *Plant Physiology*. 99. 99-1004.

ZHANG, Y. Z., LIAO, J. E., SUN, Y. H., FENG, Y. H., HUANG, X. Y. 2003. Fixed ammonium in major paddy soils in Hunan province .China. *Pedosphere*. 13. 199-208.

ZHAO, F. J., HAWKESFORD, M. J., WARRILOW, A. G. S., McGRATH, S. P., CLARKSON, D. T. 1996. Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. *Plant and Soil*. 181. 317-327.

## **9 PŘÍLOHY**

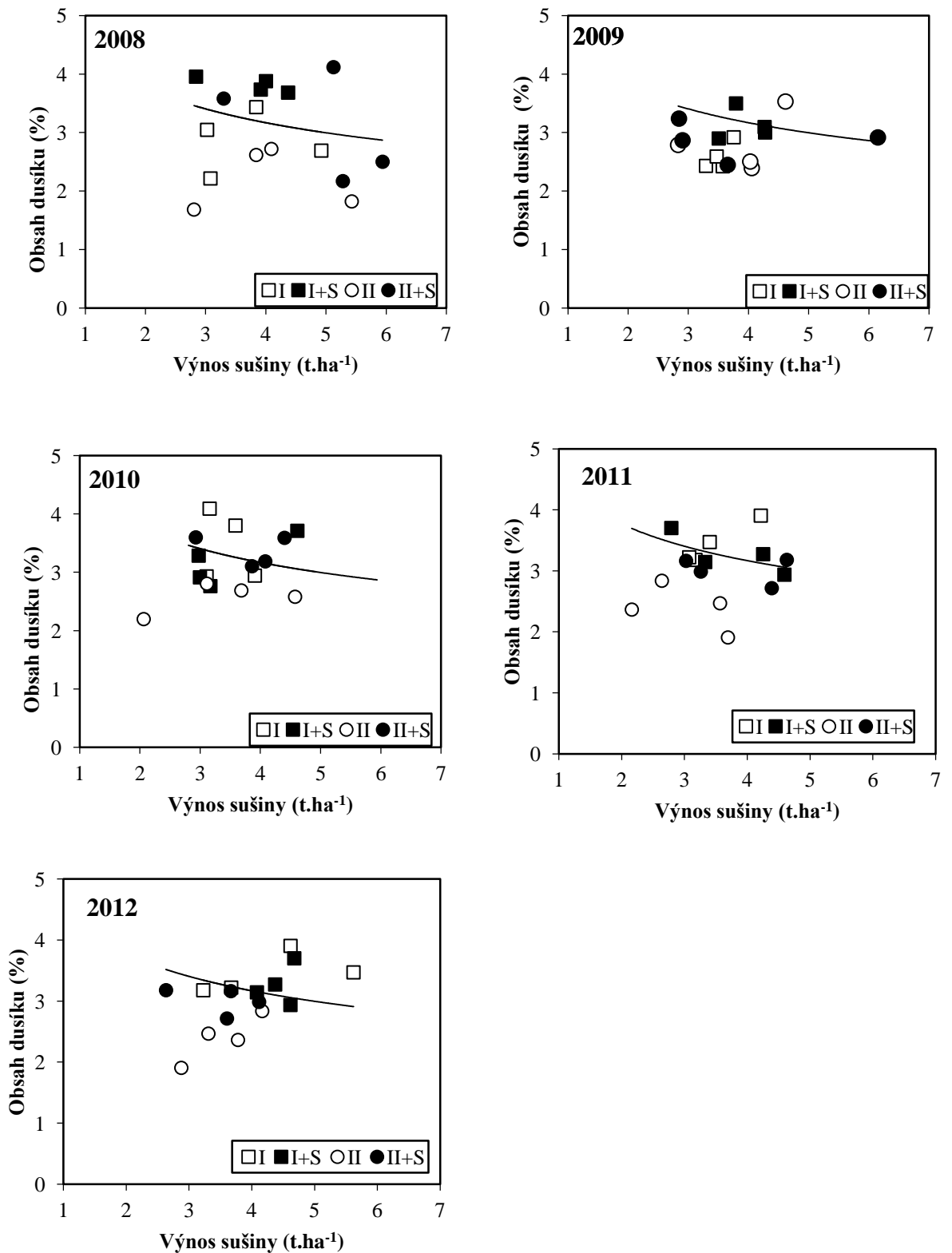
### **9.1 Seznam příloh**

**9.1.1 Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Hněvčeves**

**9.1.2 Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Humpolec**

**9.1.3 Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Čáslav, Ivanovice na Hané**

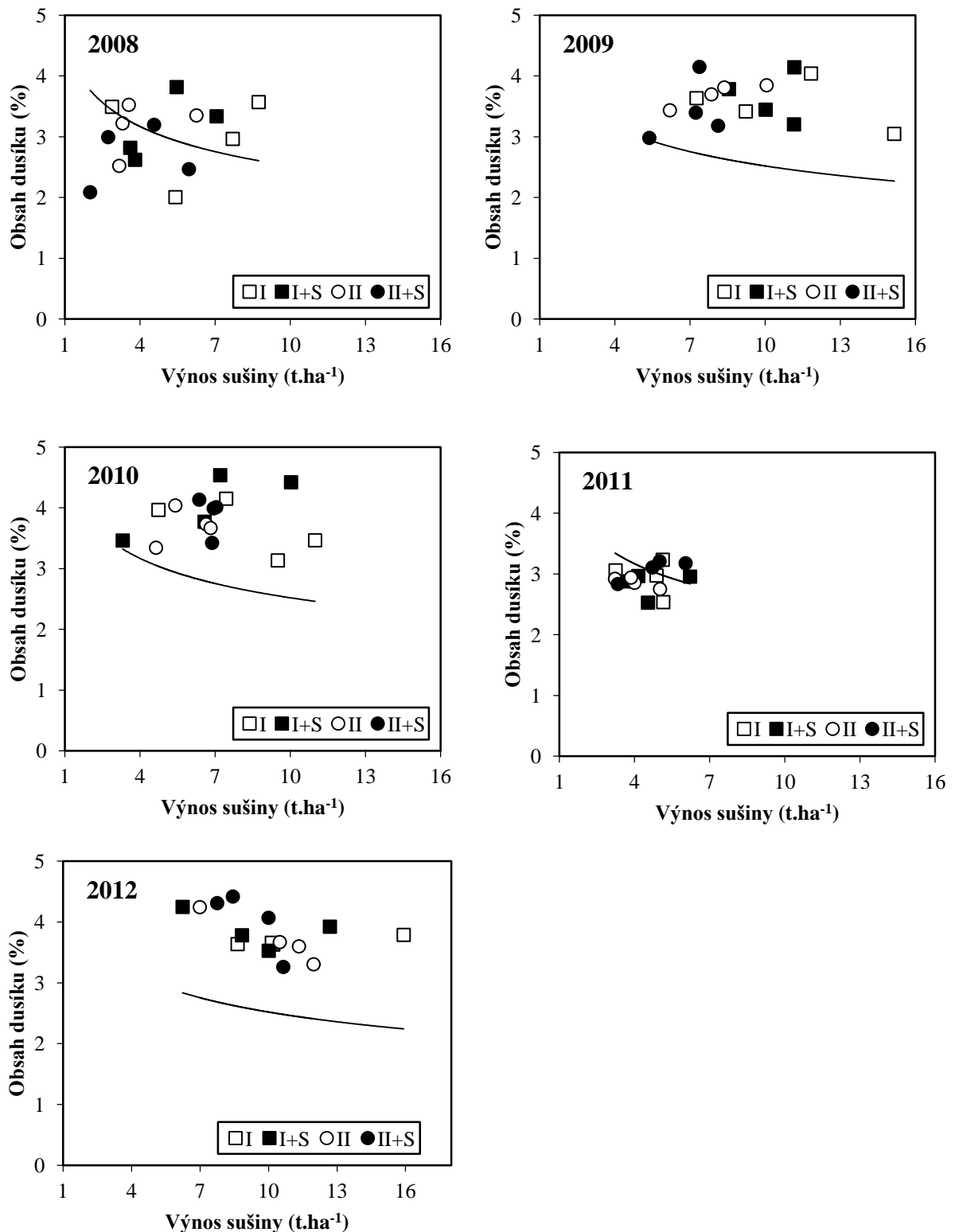
### 9.1.1. Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Hněvčeves



Graf 1: Obsah dusíku (%) v závislosti na obsahu sušiny (t.ha<sup>-1</sup>) na začátku kvetení (BBCH 60) dle modelu Colnenne et al. (1998)  $N = 4.48W^{-0.25}$  (plná linka). Symboly představují varianty hnojení. Význam zkratk uvádí schéma hnojení pokusu (Tab. 3).

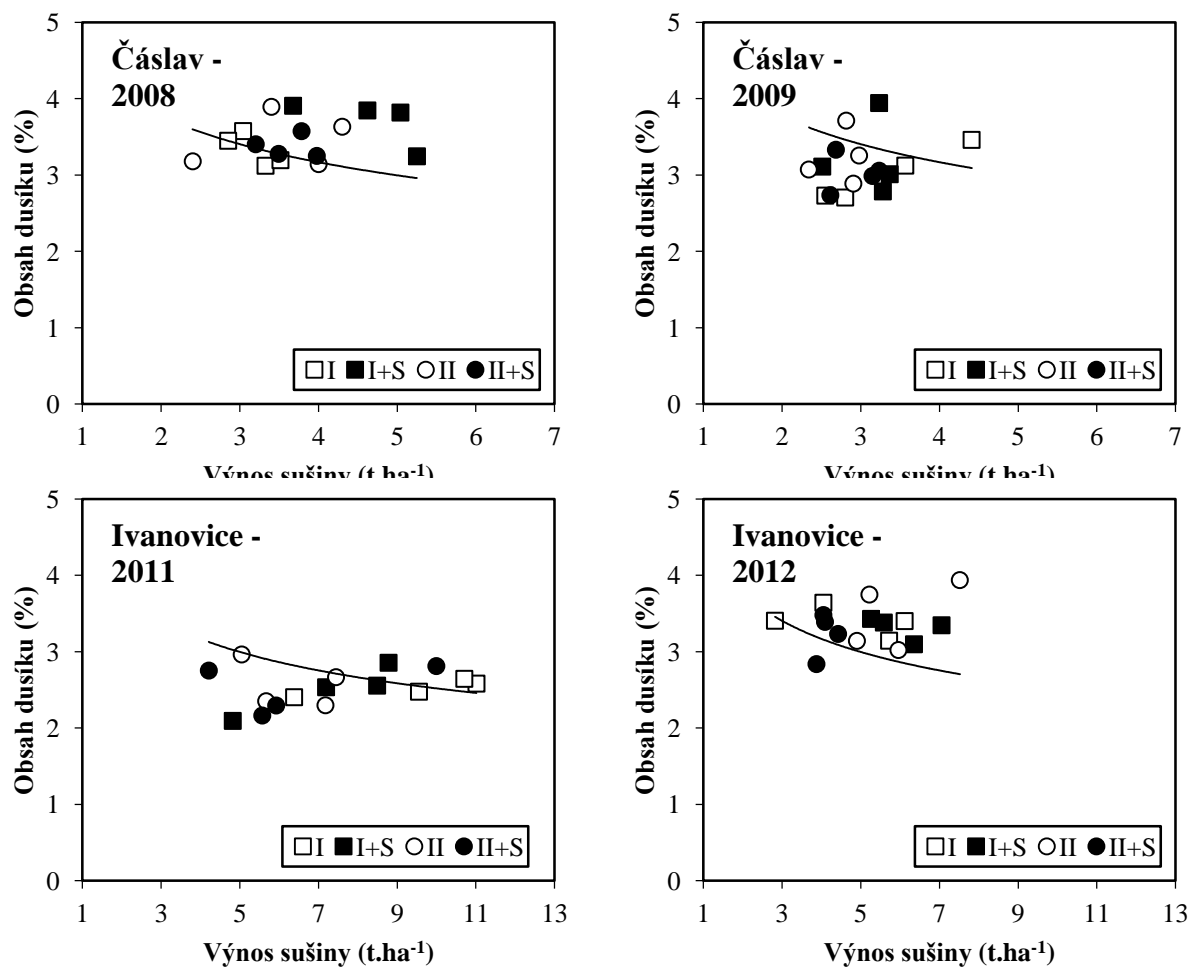


### 9.1.2. Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Humpolec



**Graf 2:** Obsah dusíku (%) v závislosti na obsahu sušiny ( $t \cdot ha^{-1}$ ) na začátku kvetení (BBCH 60) dle modelu Colnenne et al. (1998)  $N = 4.48W^{-0.25}$  (plná linka). Symboly představují varianty hnojení. Význam zkratk uvádí schéma hnojení pokusu (Tab. 3).

### 9.1.3. Kritická zřed'ovací křivka výživy dusíkem – Čáslav, Ivanovice na Hané



**Graf 3:** Obsah dusíku (%) v závislosti na obsahu sušiny (t.ha<sup>-1</sup>) na začátku kvetení (BBCH 60) dle modelu Colnenne et al. (1998)  $N = 4.48W^{-0.25}$  (plná linka). Symboly představují varianty hnojení. Význam zkratk uvádí schéma hnojení pokusu (Tab. 3).