

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Porovnání vlivu hnojení na výnos

Diplomová práce



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Podhorský Lešek

Zemědělská technika

Název práce

Porovnání vlivu technologie hnojení na výnos.

Anglický název

Comparison of the influence of fertilizing technology to yield

Cíle práce

Cílem práce je na poloprovozním parcelkovém pokusu porovnat vliv technologie přímého hnojení a hnojení do zásoby na výnos vybraných plodin.

Metodika

Studium literatury zaměřené na technologie zpracování půdy a hnojení. Výběr parcel o velikosti cca 0,25 ha ve stejné lokalitě. Založení jednoletého pokusu pro minimálně dvě plodiny (celkem 4 parcely, vždy 2 pro klasické a 2 pro zásobní hnojení). Porovnání techniky použité k založení pokusů. Zjišťování vlivu hnojení na výnosotvorné prvky. Sklizeň parcel a zjištění jejich celkového výnosu. Porovnání dosažených výsledků.

Osnova práce

- Úvod.
- Literární rešerše zaměřená na různé způsoby zakládání a hnojení porostů.
- Cíl práce.
- Metodika měření.
- Naměřené výsledky a jejich vyhodnocení.
- Zhodnocení techniky pro sledované technologie zakládání a hnojení porostů.
- Diskuse.
- Závěr.

Rozsah textové části

40 - 50 stran

Klíčová slova

hnojení, výnos, zásobní hnojení

Doporučené zdroje informací

Kumhála, F. a kol.: Zemědělská technika-stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Praha: ČZU Praha ve vydavatelství powerprint s.r.o., 2007, 426 s.

Stout, B. A., Cheze, B: CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume III – Plant Production Engineering. ASAE 2950 Niles Road, St Joseph, Michigan 49085-9659, USA, 1999, ISBN 1-892769-02-6

Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P.: Engineering Principles of Agricultural Machines, ASAE Textbook No. 6, ASAE 2950 Niles Road, St Joseph, Michigan 49085-9659, Pamela DeVore-Hansen-Editor, Books and Journals, USA, 1993, ISBN 0-929355-33-4

Vědecké časopisy jako Biosystems Engineering, Soil and Tillage Research, Transactions of ASABE, Applied Engineering in Agriculture a další zaměřené na zkoumanou problematiku.

Vedoucí práce

Kumhála František, prof. Dr. Ing.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015



doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 23.1.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Porovnání vlivu technologie hnojení na výnos“ vypracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze dne

.....

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat prof. Dr. Ing. Františkovi Kumhálovi za vedení mé diplomové práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také Ing. Ondřeji Sobotovi ze Zemědělské společnosti Sloveč a.s. za vytvoření podmínek pro uskutečnění měření.

Abstrakt

V literární rešerši této práce jsou popsány jednotlivé způsoby zakládání a hnojení porostů. Hlavní část literární rešerše je věnována způsobu aplikace hnojiva do depa. Jsou zde popsána vhodná hnojiva, vlivy této technologie a způsoby aplikace.

Cílem práce bylo na parcelových pokusech u vybraných plodin porovnat vliv technologie povrchové aplikace hnojiva a hnojení do depa. Porovnání bylo provedeno na pozemcích ZS Sloveč, která hospodaří v Polabské nížině. K porovnání byly vybrány plodiny pšenice jarní a cukrové řepy. K dispozici jsou i výsledky poloprovozního porovnání u pšenice ozimé.

Porovnání bylo provedeno na základě vlivu na celkový výnos a výnosotvorné prvky. Sledovanými prvky u pšenice jarní byly počet klasů na m^2 , počet zrn v klasu a hmotnost tisíce semen. U cukrové řepy byl sledován počet rostlin na m^2 , hmotnost bulev a cukernatost.

Výsledkem práce je porovnání a vyhodnocení aplikace hnojiva na povrch a do depa. Nejvyššího výnosu ve prospěch hnojení do depa bylo dosaženo u pokusů cukrové řepy. Rozdíl mezi parcelami s povrchově a do depa aplikovaným hnojivem v dávce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ byl $5,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. U pokusů pšenice jarní bylo mezi parcelami hnojenými povrchově a do depa dosaženo nejvyššího rozdílu $0,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ při dávce hnojiva $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U poloprovozního pokusu pšenice ozimé bylo dosaženo rozdílu v hektarovém výnosu o velikosti $0,61 \text{ t}$.

Aplikace hnojiva do depa měla pozitivní vliv na výnos u všech sledovaných pokusů, nejlepších výsledků bylo dosaženo u cukrové řepy.

Klíčová slova: hnojení, technika hnojení, technologie hnojení, hnojení do depa, povrchové hnojení, výnosotvorné prvky, výnos, cukrová řepa, pšenice jarní, pšenice ozimá

Abstract

Aim of a literature review of this thesis is to describe the various ways of establishing and fertilizing crops. The main part of the literature review is focused on the method of deep placement fertilizer – deep band. There are included descriptions of the suitable fertilizers, an influence of the technology and the application methods.

The aim of this thesis is to compare the influence of the application fertilizer on the selected crops. It was compared the broadcast fertilizing method and deep band fertilizing method. The comparison was developed on the Farm Sloveč in the Polabian lowland. For comparison were chosen the spring wheat and the sugarbeet. There are also included the results for the pilot field for the winter wheat.

For comparison were chosen yield components and total yield. Spring yield components consists of number of ears per m^2 , number of seeds on ears, weight of thousand seeds. Sugarbeet yield components consists of plants per m^2 , weight of tubers and sugar content.

The result of this thesis is a comparison of the broadcast application of fertilizer and deep band application of fertilizer and evaluation of experimentally data. The highest yield in favor of deep fertilization was achieved on sugarbeet. The difference between broadcast application and deep application with dose $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ was $5.17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. In the experiment with spring wheat was the highest difference in yield at dose of $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of a fertilizer. This difference was $0.25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. The highest difference in yield was $0.61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ in the experiment with winter wheat.

Deep application of fertilizers had a positive effect on yield in all monitored experiments, the best results was achieved on sugarbeet.

Keywords: fertilization, fertilization method, technology fertilization, deep band fertilizing, broadcast fertilizing, yield components, yield, sugarbeet, spring wheat, winter wheat

Obsah

Prohlášení	vi
Poděkování	vii
Abstrakt	viii
Abstract.....	ix
1 Úvod.....	1
2 Literární rešerše	2
2.1 Rostlinné živiny a jejich rozdělení	2
2.2 Příjem živin kořeny rostlin.....	2
2.3 Požadavky plodin na živiny	2
2.3.1 Cukrová řepa	2
2.3.2 Kukuřice.....	3
2.3.3 Řepka olejná.....	4
2.3.4 Pšenice ozimá a jarní.....	5
2.4 Hnojiva a jejich rozdělení	6
2.5 Technika hnojení	7
2.6 Způsoby zakládání a hnojení porostů.....	8
2.6.1 Základní hnojení	8
2.6.1.1 Povrchová aplikace	8
2.6.2 Předosevní hnojení.....	8
2.6.2.1 Hnojení pod patu.....	9

2.6.2.2	Hnojení do depa	10
2.6.3	Přihnojování	10
2.6.3.1	Aplikace injektáží	11
2.7	Princip hnojení do depa	12
2.8	Plodiny a hnojení do depa	13
2.9	Živiny vhodné pro umístění do depa a jejich charakteristika	13
2.9.1	Dusík	14
2.9.2	Fosfor	15
2.9.3	Draslík	16
2.9.4	Hořčík a vápník	17
2.9.5	Mikroelementy	18
2.10	Vliv hnojení do depa na růst rostlin	18
2.11	Stroje používané k aplikaci hnojiva do depa	21
2.11.1	Stroje pro aplikaci hnojiva do depa před setím	22
2.11.2	Secí stroje umožňující hnojení do depa	23
3	Cíl práce	25
4	Metodika	26
4.1	Charakteristika podniku ZS Sloveč a.s.	28
4.2	Charakteristika technického vybavení	29
4.3	Charakteristika hnojiva Amofos 12-52	30
4.4	Charakteristika stanoviště	31

4.4.1	Parcelový pokus – pšenice jarní.....	31
4.4.2	Parcelový pokus – cukrová řepa	33
4.4.3	Poloprovozní pokus – pšenice ozimá.....	35
5	Výsledky porovnání způsobů hnojení a jejich vyhodnocení.....	39
5.1	Parcelového pokus – pšenice jarní	39
5.2	Parcelový pokus – cukrová řepa	42
5.3	Poloprovozní pokus – pšenice ozimá.....	45
6	Zhodnocení techniky pro sledované technologie zakládání a hnojení porostů.....	48
7	Diskuze.....	49
8	Závěr	51
	Seznam literatury.....	52
	Internetové zdroje.....	54
	Seznam tabulek	56
	Seznam obrázků.....	58
	Seznam grafů.....	60

1 Úvod

Dobrý výživný stav orné půdy je předpokladem bezproblémového průběhu výživy porostu, plného vyžití příznivého průběhu počasí – ročníku. Má rovněž i příznivý dopad na zdravotní stav porostu, odolnost porostu ke stresům, a v neposlední řadě k efektivnosti celé rostlinné produkce – stabilní výnos.

Jedním ze způsobů, jak udržovat vyrovnanou zásobu živin a to i v hlubších vrstvách půdního profilu je aplikace hnojiva tzv. do depa, hloubky okolo 250 mm. Hnojení do depa není vhodné jen k doplnění deficitu živin a jejich vyrovnanosti, ale také k zlepšení přístupnosti živin rostlinám. Hnojiva aplikovaná do hloubky jsou pro řadu rostlin lépe osvojitelné, tudíž i lépe využitelné. Při tomto způsobu aplikace hnojiva je však vždy důležité vycházet z aktuálních půdních rozborů. Například Klement, 2006 uvádí, že 48% z přezkoumané výměry ČR vykazuje zvýšený deficit na přístupný fosfor.

Bischoff et al., 2012 a Brant et al., 2014 uvádějí, že uložení hnojiva do depa má pozitivní vliv na růst i architekturu kořenového systému. Při současných výkyvech počasí, zejména suchu, by to mohlo znamenat zajištění vláhy z hlubších vrstev profilu, díky hlubokému zakořenění. Takto dostupná vlaha může rostlinám pomoci snáze překlenout období bez dostatku dešťových srážek.

Na mezinárodní výstavě Agritechnica 2013 v Hannoveru bylo představeno několik strojů umožňujících aplikaci hnojiva do větších hloubek půdního profilu, a to při setí nebo nezávisle na něm.

V současné době se s formou hnojiva, hloubkou jeho uložení a dávkou spíše experimentuje a nejsou dostupné téměř žádné informace o technologii hnojení ve vztahu k množství a kvalitě biomasy (Brant et al., 2014).

2 Literární rešerše

2.1 Rostlinné živiny a jejich rozdělení

Živiny jsou látky, které organismus přijímá a požaduje k projevu všech životních funkcí. Jejich charakteristickým znakem je nezbytnost, nezastupitelnost a přímé zapojení do metabolismu rostlin. Nedostatek živin se projevuje poruchami růstu, případně při jejich výrazném nedostatku nemůže rostlina dokončit vegetační cyklus (Vaněk, 2007).

Z hlediska obsahu prvků v rostlině a jejich výskytu se dělí rostlinné živiny do několika skupin:

- makroelementy – vyskytující se v rostlinách od několika desetin do desítek %. Patří sem: uhlík, kyslík, vodík, dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síra.
- mikroelementy – s obsahem zpravidla menším než 0,5 %. Patří k nim: železo, mangan, zinek, měď, bór, molybden, chlor a nikl.
- prvky užitečné, jejichž obsah v rostlinách může dosahovat vysokých hodnot. Charakteristické je pro ně to, že je nepotřebují všechny rostlinné druhy. Patří sem: sodík, hliník, křemík, aj. (Vaněk, 2007).

2.2 Příjem živin kořeny rostlin

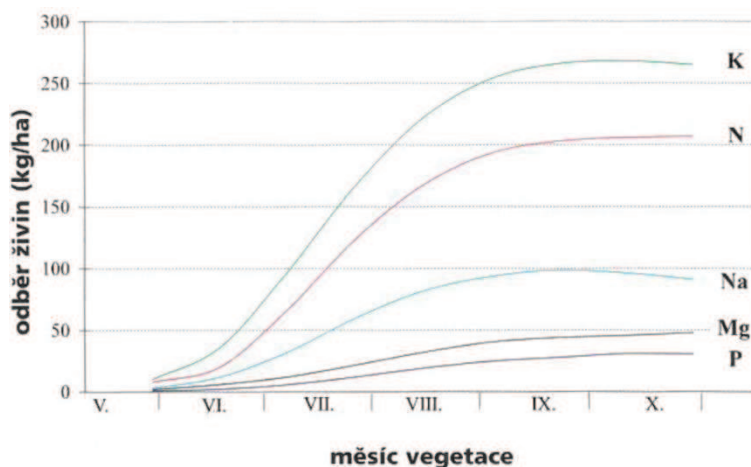
Rostliny přijímají většinu živin svými kořeny ve formě iontů – buď kationtů např. K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} aj., nebo aniontů, např. NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, aj. V první fázi jsou ionty nesorbovány na povrch kořenů, a ve druhé fázi pronikají do vnitřní části. Každá plodina má rozdílné požadavky na množství a typ živin (Šnobl a Pulkrábek, 2011).

2.3 Požadavky plodin na živiny

2.3.1 Cukrová řepa

Příjem živin na počátku vegetace je u cukrové řepy pozvolný. V období růstu nadzemní biomasy a kořenů je naopak velmi intenzivní, ve druhé polovině vegetace je příjem již nepatrný. Převážná část živin je přijímána řepou od počátku června přibližně do poloviny

srpna. Nejvíce je přijímán draslík a dusík. V první polovině vegetace přijímá cukrová řepa i velké množství sodíku (graf 1).



Graf 1 - Dynamika odběru živin cukrovou řepou (Vaněk, 2007).

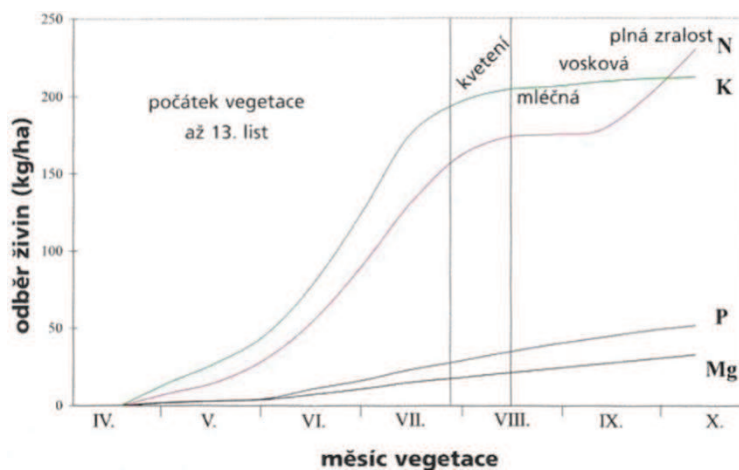
Podle sledování potřebuje cukrová řepa na produkci 1 t bulev a odpovídajícího množství chrástu (asi 0,6 t) 3,9 kg N, 0,5 kg P, 4,8 kg K, 2 kg Ca, 0,8 kg Mg a 0,9 kg Na. Dobrá výživa rostlin dusíkem zajišťuje nejprve růst chrástu s pozdější možností růstu kořenové části a produkci cukru. Cukrová řepa hůře přijímá fosfor, který je pro zajištění dobrého výnosu nutné v půdě zajistit v přijatelné podobě. Fosfor by měl být proto zapraven hlouběji do půdního profilu.

Cukrová řepa má vysoké nároky na draslík, je schopná ho přijímat i v méně přijatelné podobě. Dávka draslíku se řídí jeho obsahem v půdě. Hnojení se úměrně zvýší pouze při častějším pěstování cukrové řepy nebo při vyšším zastoupení rostlin (Vaněk, 2007).

2.3.2 Kukuřice

Z pohledu výživy, a tím i požadavků hnojení, se kukuřice vyznačuje pomalým počátečním růstem a příjmem živin (při výšce porostu 400 až 500 mm lze počítat s odběrem asi 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K a 3 kg Mg na ha). Dále se vyznačuje kritickým obdobím růstu a příjmem živin na počátku vegetace, kdy je citlivá na nižší teploty. Vzhledem k tomu, že v tomto období nemá dostatečně rozvětvený kořenový systém, má i omezenou příjmovou kapacitu na živiny, zvláště fosfor. Vysoká potřeba živin nastává až v průběhu intenzivního růstu,

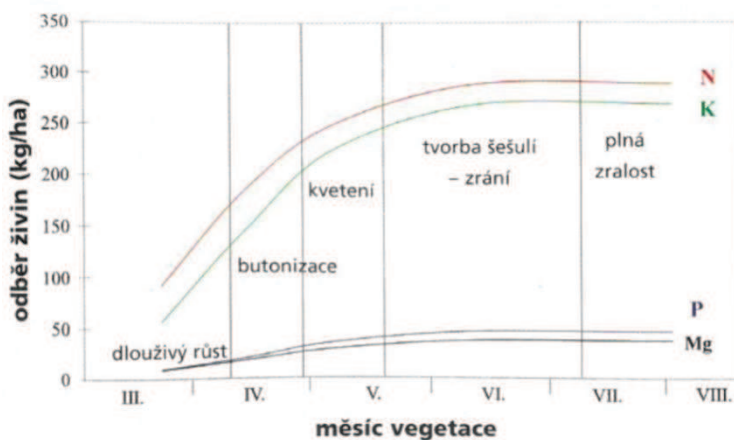
nejčastěji od počátku června, a vrcholí obvykle v poslední dekádě července. Za 35 až 45 dní přijme kukuřice 70 až 75 % všech živin. Dynamiku příjmu živin znázorňuje graf 2. V porovnání s ostatními obilninami je vliv hnojení na výnosotvorné prvky nižší. Dusíkatým hnojením je nejvíce ovlivněn počet zrn v palici a dále hmotnost 1000 semen (Vaněk, 2007).



Graf 2 - Dynamika odběru živin kukuřicí při výnosu 6 – 7 t zrna/ha (Vaněk, 2007).

2.3.3 Řepka olejná

Celkové odběry živin zařazují řepku mezi intenzivní zemědělské plodiny. V nadzemní biomase akumuluje velké množství živin: 250 – 290 kg N, 42 – 48 kg P, 250 – 290 kg K a 13 – 17 kg Mg. Další zdroje uvádějí i vysokou potřebu síry, která podle výnosu může dosahovat hodnot 50 – 80 kg S na ha (zde bych rozepsala jednotku, takto to je vše moc zkratkovité a působí to na mě komplikovaně k porozumění).

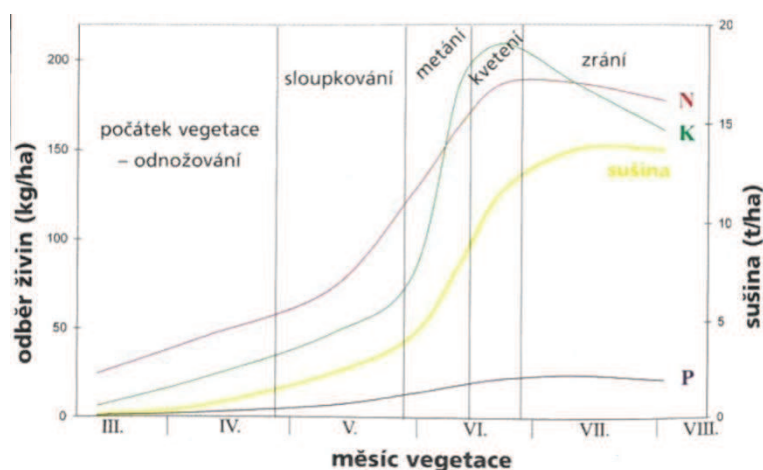


Graf 3 - Dynamika odběru živin řepkou olejnou (Vaněk, 2007).

Dynamika odběru živin uvedená v grafu 3 ukazuje, že řepka začíná vegetovat brzy na jaře. Intenzivní příjem živin začíná koncem března a pokračuje až do období květu resp. druhé poloviny května (Vaněk, 2007).

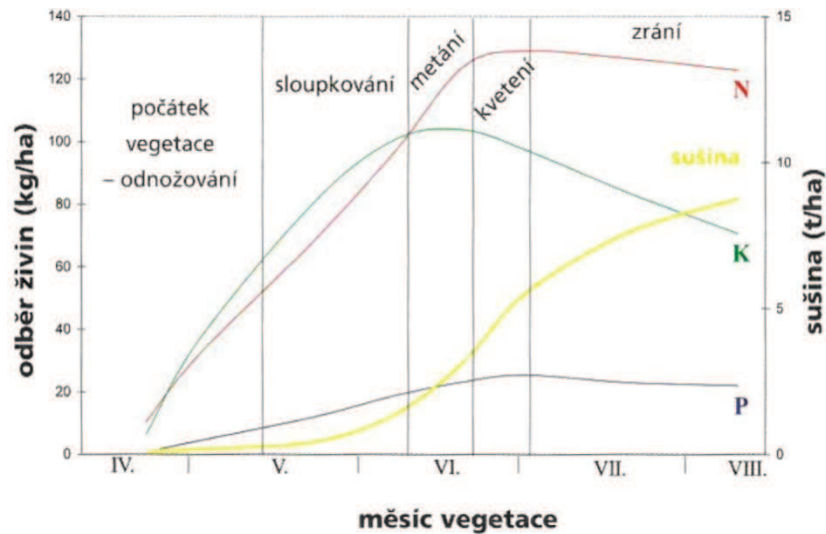
2.3.4 Pšenice ozimá a jarní

Při výnosu okolo 6 t zrna a přibližně stejném výnosu slámy odčerpává pšenice ozimá z půdy okolo 144 kg N, 30 kg P, 108 kg K, 24 kg Ca a 12 kg Mg. Dynamiku příjmu živin během vegetace znázorňuje graf 4. Rozhodujícím činitelem, který nejvíce ovlivňuje výnos a kvalitu zrna pšenice, je výživa a hnojení dusíkem (Vaněk, 2007).



Graf 4 - Dynamika odběru živin ozimou pšenicí a nárůst sušiny (Vaněk, 2007).

Nároky jarní pšenice na živiny jsou podobné jako u pšenice ozimé. Vlivem rozdílného nárůstu sušiny má odlišnou dynamiku příjmu živin (graf 5) a tomu je důležité přizpůsobit i hnojení. V případě příznivých podmínek je vhodné aplikovat P, K a případně Mg již na podzim. Při nižších dávkách dusíku (do 60 – 80 kg N na hektar) je možná jednorázová aplikace před setím. Naopak při vyšších dávkách je vhodné její rozdělení. Větší část můžeme aplikovat před setím (v síranu amonném nebo DAM 390) a druhou část ponechat k přihnojení na list ke konci odnožování (Vaněk, 2007).



Graf 5 - Dynamika odběru živin jarní pšenicí a nárůst sušiny (Vaněk, 2007).

2.4 Hnojiva a jejich rozdělení

Hnojiva jsou látky, které přidáním do živného prostředí rostlin mohou pozitivně ovlivňovat jejich výživu, tím i jejich výnosy a jakost (Šnobl a Pulkrábek, 2011). Jsou buď přímým zdrojem živin, nebo nepřímo zlepšují pouze výživu rostlin, např. zvyšují dostupnost živin, intenzitu biologických procesů v půdě apod. (Tesař et al., 1992).

Hlavními kritérii dělení hnojiv je forma jejich účinnosti a původu, případně způsobu tvorby. Vedlejším kritériem jsou jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Hnojiva se dělí podle:

- účinnosti na hnojiva přímá a nepřímá,
- původu na hnojiva organická a minerální,
- skupenství na hnojiva tuhá, kapalná příp. plynná (Tesař et al., 1992).

Způsoby, jakými jsou dodávána hnojiva do půdy nebo přímo rostlinám v závislosti na časovém období a vývojovém stádiu plodin, označuje termín technika hnojení (Kovaříček, et al., 1998).

2.5 Technika hnojení

Technika hnojení charakterizuje podmínky, ve kterých bude stroj pracovat včetně fyzikálních a chemických vlastností hnojiva i rozpětí aplikovaných dávek. Tyto parametry jsou následně ovlivňující pro volbu vhodného stroje (Kovaříček et al., 1998).

Zapravení hnojiv do půdy lze dosáhnout buď běžnými agrotechnickými úkony (orba, vláčení apod.), nebo úkony samostatnými. Volba vhodného způsobu zapravení hnojiv je závislá především na plodině, druhu i dávce hnojiva, půdních a klimatických podmínkách a sledu plodin (Baier a Baierová, 1985). Rozlišujeme tři základní typy techniky hnojení – základní hnojení, předosevní hnojení a přihnojování (Kovaříček et al., 1998). Rozmetání hnoje a vápnění se řadí do základního hnojení. Kapalná hnojiva lze označit univerzálními, a proto jsou využívána ke všem zmíněným technikám (Hůla et al., 2008). Aplikace organických statkových hnojiv (hnůj, kejda a močůvka) je dána samotným typem hnojiva. (Baier a Baierová, 1985). Hnojiva jsou aplikována pomocí rozmetadel tuhých statkových hnojiv resp. cisteren, u kterých je možné využít několika způsobů aplikace – plošný rozstřík na povrch půdy, aplikace pomocí hadicového aplikátoru na povrch půdy a aplikace pomocí radličkového nebo talířového kypřiče do půdy (obrázek 1). Použitím šterbinového vlečného aplikačního rámu lze aplikovat tekutá statková hnojiva i při přihnojování na povrch mezi vzešlé rostliny (Kumhála et al., 2007)



Obrázek 1 - Aplikace tekutých statkových hnojiv pomocí radličkového kypřiče do půdy (CRS - Marketing s.r.o., 2015).

2.6 Způsoby zakládání a hnojení porostů

2.6.1 Základní hnojení

Základním hnojením je označováno především povrchové hnojení po sklizni předplodiny na strniště, podmítku nebo orbu (Hůla et al., 2008). Během primárního hnojení lze s pozitivním vlivem aplikovat fosforečná a draselná hnojiva. Tato zmíněná hnojiva je výhodné aplikovat ve směsi při jedné pracovní operaci, čímž dosáhneme ekonomické, ale i časové úspory s ohledem na nežádoucí zhutnění půdy (Kovaříček et al., 1998).

2.6.1.1 Povrchová aplikace

Po aplikaci na povrch pozemku se hnojivo zapravuje do půdy následnou pracovní operací - vláčením, kypřením nebo zoráním (Fríd a Vávra, 2013). Při tomto způsobu aplikace hnojiv dochází ke ztrátám využitelných živin (Baier a Baierová, 1985). Pro povrchovou aplikaci hnojiv v rámci základního hnojení jsou vhodná nesená (obrázek 2), návěsná nebo samojízdná rozmetadla (Kovaříček et al., 1998).



Obrázek 2 - Aplikace minerálního hnojiva na strniště pomocí neseného rozmetadla.

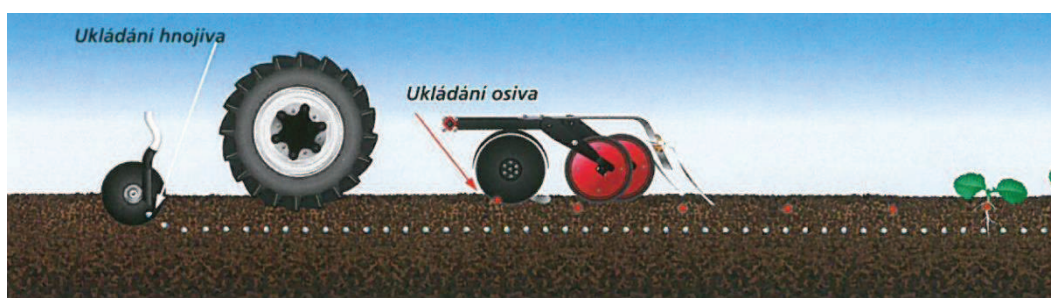
2.6.2 Předosevní hnojení

Hnojení před setím označuje letní aplikaci dusíku před zapravením rostlinných zbytků po sklizni obilnin a řepky. Na jaře dále zahrnuje aplikaci hnojiva zajišťujícího výživu pod jařiny

a okopaniny. Zde je kladen důraz na co nejmenší zhutňování pozemku při aplikaci (Hůla et al., 2008). Lze využít tzv. povrchové aplikace, aplikace pod patu nebo tzv. do depa (Malina, 2013).

2.6.2.1 Hnojení pod patu

Hnojení pod patu označuje „podpovrchové“ hnojení prováděné při setí, kde je hnojivo ukládáno do středové rýhy pod osivo nebo šikmo od něj ve vzdálenosti do 50 mm (obrázek 3). Mezi osivem a hnojivem je vrstva zeminy, která zamezuje jejich přímému kontaktu. Kapalná nebo tuhá forma hnojiv se při setí zapravuje pomocí kotoučů nebo radliček pod úroveň setěvého řádku (podkořenové hnojení). (Hůla et al., 2008). Takto uložené hnojivo do horní vrstvy půdního profilu slouží jako „startovací“ dávka a zároveň k překlenutí případně nepříznivých podmínek (např. sucho, mokro, velké množství rostlinných zbytků, půdy chudé na živiny, půdy s vysokým obsahem jílu nebo s extrémními hodnotami pH) (Malina, 2013).



Obrázek 3 - Uložení hnojiva pod patu (Horsch Maschinen GmbH, 2013).

Způsob podkořenového hnojení zajišťuje dodání živin pro raný vývoj rostliny. I přes malé množství živin je rostlina stimulována rostlina k rychlému vývoji kořenového systému (Burešová a Sochor, 2007). Porovnáním vlivu hnojení pod patu se zabýval Růžek et al., 2010 a Burešová a Sochor, 2007. Aplikace minerálních hnojiv pod lůžko osiva je využívána převážně u secích strojů s pneumatickou dopravou osiva do výsevního mechanismu do secích botek (obrázek 4) (Hůla et al., 2008).



Obrázek 4- Přesný sečí stroj John Deere umožňující uložení hnojiva pod patu.

2.6.2.2 Hnojení do depa

Krom již zmíněných způsobů lze aplikovat hnojivo i několik centimetrů pod osivo tzv. do depa. Tento způsob aplikace má pozitivní vliv především na rozvoj kořenového systému plodin ve spodních vrstvách, takže se zvýší možnost příjmu živin z těchto míst. Umístěním fosforečných, draselných a dusíkatých hnojiv do hlubších vrstev půdního profilu dosáhneme jeho lepší zásobenosti živinami (Baier a Baierová, 1985). Zároveň se tím zvýší i odolnost proti nepříznivým klimatickým vlivům (Malina, 2013). Plodiny jsou schopné přijímat živiny i z hlubších vlhčích vrstev profilu a hnojivo koncentrované do depa není blokováno jílovitými částicemi, tudíž je pro rostliny lépe přístupné (Jones, 2000). Aplikace hnojiva do depa je spojena s pásovým zpracováním půdy a hlubokým kypřením umožňujícím lepší tvorbu kořenového systému. (Bischoff et al., 2012).

2.6.3 Přihnojování

Přihnojování se týká především aplikace dusíkatých hnojiv v průběhu vegetace rostlin. Na základě jejich vývojového stádia dělíme přihnojování na regenerační a produkční (Kovaříček et al., 1998). Pro tyto účely se využívá povrchové aplikace nebo aplikace injektáží (Fríd a Vávra, 2013).

Mimokořenová výživa postřikem je zvláštní způsob přihnojování během vegetace, kterým jsou dodávány živiny rostlinám vodním roztokem bezprostředně přes listy. Při tomto způsobu přihnojování je doporučováno aplikovat také postřiky na ochranu rostlin a regulátory růstu (Baier a Baierová, 1985). K aplikaci postřikové jichy se dle velikosti částic využívá postřikovačů (obrázek 5), rosičů a zmlžovačů (Kumhála et al., 2007). Přihnojování obilnin a trvalých travních porostů lze realizovat také pomocí injektorů (Baier a Baierová, 1985).



Obrázek 5 - Přihnojování porostu řepky olejné samojízdným postřikovačem John Deere.

2.6.3.1 Aplikace injektáží

Aplikace kapalně dusíkaté výživy rostlin je nazývána jako CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition). Základem této metody je jednorázová aplikace celé dávky dusíku potřebné pro vegetaci. Hnojivo je aplikováno v amonné formě přímo do půdy. Dusík aplikovaný v této podobě je v půdě méně pohyblivý, tudíž nedochází k jeho výrazným ztrátám vyplavením nebo povrchovým smyvem. Jednorázová aplikace šetří čas, náklady na práci a pohonné hmoty. Prioritně je tato metoda určena pro suché oblasti s výskytem písčitých půd. Metoda CULTAN je již úspěšně aplikována v Německu, kde je jí dosahováno vyšších výnosů většiny zemědělských plodin (Balík et al., 2012). Tato metoda aplikace přináší podobné výhody jako hnojení do depa. Hnojivo lze aplikovat pouze do menších hloubek, ale na rozdíl od hnojení do depa i do vcházejícího porostu (Jones, 2000).

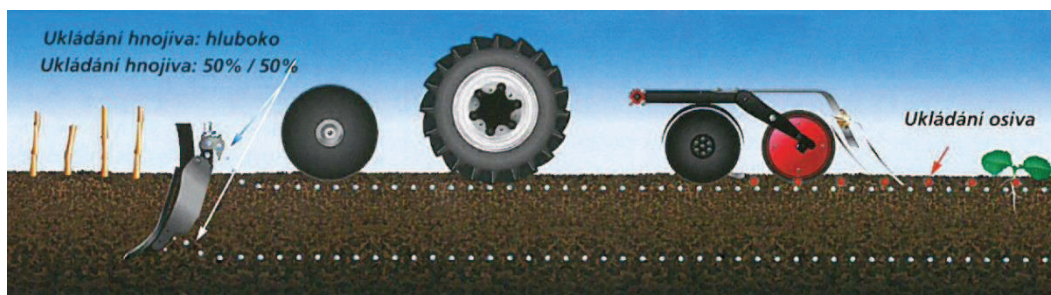
Základem stroje pro aplikaci (obrázek 6) je nádrž s čerpadlem a injektory, které určují hloubku aplikace dusíku (Fríd a Vávra, 2013). Tlak, kterým je aplikována dávka, se pohybuje v rozmezí 2000 až 6000 kPa (Jones, 2000).



Obrázek 6 - Aplikace tekutého dusíkatého hnojiva metodou CULTAN na trvalých travních porostech (Güstrower L-M-B GmbH & Co.KG, 2015).

2.7 Princip hnojení do depa

V případě sucha dochází k vysychání povrchové vrstvy do hloubky okolo 30 až 50 mm, živiny nemohou být proto z této vrstvy rostlinami přijímány (Malina, 2013). Při hlubším zapravení živin do půdy cca 250 mm tzv. do depa (obrázek 7) nedochází k jejich silnému vázání půdou, výrazně se zvyšuje dostupnost takto umístěných živin a tím i jejich dostupnost pro pěstovanou plodinu. Riziko proschnutí půdy do větší hloubky je výrazně menší, než povrchové proschnutí tří až pěti centimetrů. (Malina, 2013). Umístěním vhodného hnojiva do hloubky je stimulován kořenový systém k růstu směrem k hnojivu (Bischoff et al., 2012). Kořenový systém zasahující do větší hloubky zvyšuje vláhovou jistotu, a v kombinaci s hlubším kypřením a uložením hnojiva do depa může mít pozitivní vliv na stabilizaci výnosu (Brant et al., 2014).



Obrázek 7 - Umístění hnojiva do depa (Horsch Maschinen GmbH, 2013).

2.8 Plodiny a hnojení do depa

Hnojení do depa spolu s kypřením a roztečí pásů, do kterých je aplikováno hnojivo, je z velké části ovlivněno stroji pro aplikaci hnojiva. Dalším vlivem je i hloubka, do které je hnojivo ukládáno. Zejména na těžkých půdách jsou tyto parametry velmi ovlivňující, a to především z důvodu vysokého požadavku na tahovou sílu traktorů. Zkušenosti s aplikací hnojiva do depa jsou zejména u pěstování cukrové řepy, kukuřice a řepky olejné na území Německa s meziřádkovými vzdálenostmi 375 mm, 450 mm, 500 mm a 750 mm. Další plodiny, zejména obiloviny, jsou také testovány, a to především v kombinaci s přesným setím na rozteč 176 mm (Bischoff et al., 2012).

2.9 Živiny vhodné pro umístění do depa a jejich charakteristika

Chování živin v půdě je nejdůležitějším faktorem pro případné umístění hnojiva do depa. Záleží na tom, zda hnojivo vzájemně působí s půdou a jaká je jeho rozpustnost ve vodě. Pro hnojení do depa jsou vhodné ty živiny, které zůstávají v půdě stabilní. Z tabulky 1 vyplývá, že je vhodné pro způsob aplikace do depa využít především živiny aplikované ve formě kationtů, zejména draslíku, amonného dusíku a fosforu, který je málo pohyblivý i na lehkých půdách. Optimální jsou především amonná hnojiva s příměsí inhibitorů nitrifikace, která při uložení do depa jsou, která jsou při uložení do depa schopná setrvat v půdě stabilní i po několik měsíců. K hnojení do hlubších vrstev půdního profilu není vhodné používat nitráty, sulfáty nebo chloridy (Bischoff et al., 2012). Při větším množství srážek není dále vhodné využívat lehce rozpustné formy dusíku nebo draslíku (Baier a Baierová, 1985).

V případě, že je ukládání hnojiva do depa zajištěno v oblasti s menším množstvím srážek než 300 mm během zimy (listopad až březen) nebo je hnojivo aplikováno současně při setí

(např. řepky olejné), lze zapravovat do půdy i rozpustný vápník nebo hořčík (Bischoff et al., 2012).

Tabulka 1 - Vhodnost jednotlivých forem hnojiva pro ukládání do půdy (Malina, 2013).

Živiny	Sůl / Účinná látka / Formulace	Příklad hnojiva / ekvivalent	Rozpustnost g / l	Iony / Molekuly v roztoku	Vazba na půdní strukturu	Vhodnost pro aplikaci do depa	
Dusík	Dusičnan amonný	NH_4NO_3	Ledek amonnovápenatý (LAV)	2 089	NH_4^+ NO_3^-	++ o	++ o
	Sířičitan amonný	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$	Síran amonný (SA)	745	NH_4^+ SO_4^{2-}	++ o	++ o
	Močovina	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	Močovina	1 000	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	o	o
	Kyanamid vápenatý	CaCN_2	Dusikaté vápno	–	CaCN_2	o	+++
Fosfor	Diammonhydrogenfosfát	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Amofos NP 12-52	690	NH_4^+ PO_4^{3-}	++ ++	++ ++
	Dihydrogenfosforečnan amonný	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Amofos 10-46	368	NH_4^+ PO_4^{3-}	++ ++	++ ++
	Fosforečnan vápenatý	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Mletý fosfát	0,02	Ca^{2+} PO_4^{3-}	+ ++	+ ++
Draslík	Chlorid draselný	KCl	Draselná sůl	347	K^+ Cl^-	++ o	++ o
	Síran draselný	K_2SO_4	Patentkali	111	K^+ SO_4^{2-}	++ o	++ o
Hořčík	Síran hořečnatý	MgSO_4	Kieserit	300	Mg^{2+} SO_4^{2-}	+ o	+ o

2.9.1 Dusík

Dusík je základním stavebním prvkem a nepostradatelnou živinou nejdůležitějších prvků živé hmoty (Vaněk, 2007). Prvotním zdrojem dusíku je atmosféra, z které se dostává do půdy prostřednictvím fixace na mikroorganismy, prostřednictvím průmyslových a organických hnojiv, ve srážkách a pevném spadu. Rostliny jsou schopny z půdy dusík přijímat především ve formě dusičnanových (NO_3^-) a amonných (NH_4^+) iontů (Zitta a Vostal, 2007).

Dusík podporuje především růst výhonků a tvorby zelené listové hmoty (Baier a Baierová, 1985). Při jeho deficitu je redukován růst nadzemních částí i kořenové soustavy, listy jsou malé a starší předčasně opadávají. Barva listů je zpočátku světle zelená, později až žlutá. U rostlin dochází k jejich dřívějšímu zrání a vegetační období je zkrácené. U obilnin je snížena intenzita odnožování, popř. vytvořené odnože odumírají a je redukován výnos (Vaněk, 2007).

Pro zajištění dobrého agronomického efektu je vhodné aplikovat největší část dusíku v hnojivech těsně před vegetací a během vegetace. Na lehčích půdách s malou sorpcí a

v promyvných podmínkách se doporučuje používat nižších jednorázových dávek dusíku (Zitta a Vostal, 2007). Ztráty dusíku vyplavením stoupají se zvyšující se propustností půdy a s rostoucími srážkami, zejména v zimním období, ale i při přebytku vodorozpustných forem po sklizni. Dále při chybějícím rostlinném pokryvu a při hnojení zamokřených půd. Ztráty amonného dusíku do ovzduší vznikají u rozmetaných a nezapravených hnojiv, které tuto formu dusíku lehce při zvýšené teplotě a slunečním záření uvolňují. Tento způsob ztráty hrozí aplikaci hnojiv v suchých obdobích a na půdách zásobených vápníkem (Baier a Baierová, 1985).

K hnojení dusíkem lze vybírat z celé řady hnojiv, ale k hnojení do depa je vhodné používat dusíku ve formě NH_4^+ . Taková hnojiva vydrží stabilní i přes zimu. Konkrétně je vhodné využívat síranu amonného, DAPu nebo MAPu. Dávky se řídí podle odběru dusíku v růstové fázi plodiny. Například řepka ozimá prochází na podzim ještě dlouho vegetací a k tomu, a tomu odpovídá její potřeba. Naopak pozdě setá pšenice má před koncem vegetace zanedbatelný odběr dusíku. K jarním plodinám, jako například ke kukuřici, se často zapracovávají kompletní objemy hnojiv na celou dobu vegetace (Bischoff et al., 2012).

2.9.2 Fosfor

Fosfor patří mezi nezastupitelné makrobiogenní prvky nezbytné pro růst a vývin rostlin. Jeho obsah v půdě je poměrně nízký (od 0,01% až 0,15%) (Tesař et al., 1992). Vyšší obsah fosforu vykazují většinou půdy s větším obsahem organické hmoty, zatímco půdy lehké s malým obsahem organické hmoty mají obsah fosforu nízký. Převážná část celkového množství fosforu v půdách je pro rostliny nepřijatelná (Vaněk, 2007).

Agronomicky významné přirozené zdroje fosforu v půdě jsou z anorganických forem především fosfáty, vyskytující se ve všech magmatických horninách.

Zatímco anorganicky vázaný fosfor se hromadí hlavně v orniční vrstvě a je velmi málo pohyblivý v půdní vrstvě, organicky vázaný fosfor v půdě je v těsném vztahu k rozdělení organické půdní složky. Je výsledkem biologické sorpce rostlinami a půdními mikroorganismy. Tato forma fosforu v půdě se hromadí především v humifikované

organické hmotě, posklizňových zbytcích a tělech živočišných organismů. Lze ji doplňovat organickými hnojivy (Zitta a Vostal, 2007).

Fosfor urychluje vývoj, fertilitu a dozrávání. Dále zvyšuje odolnost proti nízkým teplotám, podporuje vývin kořenového systému, a tím i lepší zásobení rostlin ostatními živinami a vláhou. Velmi příznivě ovlivňuje biologickou hodnotu osiv a sadby (Baier a Baierová, 1985).

Rostliny při jeho nedostatku zaostávají v růstu, starší listy a báze stonků jsou načervenalé až šedozelené. U obilnin je omezeno odnožování. Květy se špatně oplodňují, tvorba semen je omezena. (Zitta a Vostal, 2007).

K aplikaci fosforu do depa jsou díky jeho vlastnostem vhodné všechny běžné fosfátové formy. Cílem umístění fosforu do depa je poskytnout kořenům rostliny dobře přístupné živiny, což platí zejména v prvních fázích růstu. Vhodná fosforečná hnojiva pro ukládání do depa jsou Amofos nebo mletý fosfát (Bischoff et al., 2012).

2.9.3 Draslík

U většiny evropských půd činí obsah draslíku 0,5 – 3,2%. Menší množství draslíku obsahují pouze extrémně písčité a rašelinné půdy obsahují menší množství. Draslík se nachází v půdě především v anorganických sloučeninách, v organických molekulách se vyskytuje pouze zřídka. Největší nároky na dusík mají plodiny, kde sklizňovým produktem je hmota vegetativního charakteru a plodiny s dlouhou vegetační dobou. Dle grafů dynamiky odběru živin v Kapitole 2.2 je viditelné, že nároky na výživu draslíkem vzrůstají s průběhem růstových fází, s rytmem tvorby biomasy až do generativního stádia. Po odkvětu řada plodin (např. obilniny) nepotřebuje tolik draslíku a často jej zpětně vylučuje do živného prostředí (Tesař et al., 1992).

Draslík v rostlinách ovlivňuje příjem vody kořenovým systémem. Rostliny, které trpí nedostatkem draslíku, snadno ztrácejí vodu a vadnou. Dostatečná výživa draslíkem ovlivňuje příznivě efektivní listové plochy, a tím také průběh fotosyntetických procesů. Dále zvyšuje odolnost rostlin k nízkým teplotám. Při nedostatku jsou rostliny povadlé, na okrajích listů od špiček se objevují světle zelené skvrny, které dále hnědnou a

odumírají. Je snížena odolnost rostlin vůči poléhání a proti houbovým chorobám během vegetace, ale i při uskladnění (Zitta a Vostal, 2007).

Bez ohledu na použití hnojiva je draslík vázán v půdě a nedochází k jeho vyplavování. Vliv draslíku na růst kořenů a jeho přístupnost je u všech draselných hnojiv podobná (Bischof et al., 2012).

2.9.4 Hořčík a vápník

Půdy obsahují v průměru 0,4 až 0,6 % hořčíku. Lehké podzolovité, písčité i rašeliništní půdy jsou na jeho zásobenost obzvláště chudé. Rostliny přijímají hořčík z půdního roztoku (Tesař et al., 1992). Hořčík nezastupitelnou úlohu v procesu fotosyntézy při přeměně světelné energie v energii chemickou (Baier a Baierová, 1985).

Příjem hořčíku rostlinami z půdy je výrazně ovlivněn půdní reakcí. Typickým příznakem nedostatku hořčíku je omezení tvorby chlorofylu, což se projevuje zbarvením starších listů a soustředěním chlorofylu kolem jejich nervatury listů. Defekty při tvorbě chlorofylu jsou někdy provázeny červeným zbarvením listů jako při nedostatku fosforu (Zitta a Vostal, 2007).

Celkový obsah vápníku v půdě může vykazovat značné rozdíly podle stanoviště a pohybuje se většinou mezi 0,15 až 6%, ale i více. Nejméně vápníku obsahují kyselé písčité půdy v humidních oblastech. Převážná část vápníku se v půdě nachází ve formě těžko rozpustných sloučenin, hlavně v uhličitanech, křemičitanech, hlinitokřemičitanech a síranech. Rozpustnost vápníku je závislá zejména na pH půdy – rychlejší v kyselejší oblasti pH. Vápník je dobře rozpustný ve vodě a tím také dobře pohyblivý v půdě. Může být snadno vyplavován, čímž mohou vznikat jeho značné ztráty z půdy (Tesař et al., 1992).

Vápník působí příznivě na tvorbu a růst kořenového systému, zvláště kořenového vlášení a zesílení sací síly kořenů. Vápníkem dobře zásobené rostliny mají lepší předpoklady k opylování (Baier a Baierová, 1985).

Nedostatek vápníku se projevuje hlavně nepřímo – ovlivněním půdních vlastností. Je-li nižší zastoupení vápníku v sorpčním komplexu, sníží se hodnota pH a poklesne i obsah vápníku

v půdním roztoku. To má za následek zhoršení podmínek pro růst rostlin, je redukován růst kořenů, staré hnědnou, později zahnívají a odumírají. Důsledkem omezeného příjmu živin je omezena tvorba nadzemní biomasy. Nedostatek je provázen poruchami růstu vegetačního vrcholu (lámaní u řepky, máku, hořčice, slunečnice, brambor, jetelovin) (Zitta a Vostal, 2007).

2.9.5 Mikroelementy

Mikroelementy jsou rostlinami požadovány jen v malém množství a to z důvodu jejich vysokého fyziologického účinku. Hlavní úlohou mikroelementů je především řízení a aktivita enzymových procesů podílejících se na tvorbě všech významných produktů, jako jsou bílkoviny, glycidy, lipidy, vitamíny a dalších látek kvalitativně ovlivňujících vlastnosti rostlinných výrobků (Zitta a Vostal, 2007).

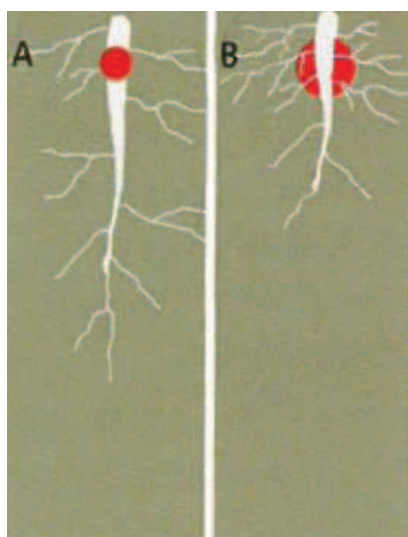
Hladina přijatelných mikroelementů pro rostliny je ovlivněna několika faktory. Jednak faktory statickými (konkrétní podmínky stanoviště – matečná hornina, klima) a faktory dynamickými (půdní reakce, sorpční kapacita půd, obsah a kvalita humusu, způsob zpracování půdy, střídání plodin apod.) (Zitta a Vostal, 2007).

Stav výživy mikroelementy je však ovlivněn povětrnostními vlivy, stejně jako je tomu u již zmíněných fosforu, draslíku, dusíku apod., mohou být tyto živiny za sucha špatně přijatelné. Aplikace mikroelementů do depa je obtížná. Bór lze aplikovat do depa s ohledem na půdní pH, které musí být nižší než 5,5. Bór je při větším úhrnu srážek snadno vyplavován do okolní půdy. U kovových mikroelementů nedochází k vyplavování, ale k navázání na fosfáty. V této podobě již pak nejsou mikroelementy pro rostliny přijatelné. Jediným způsobem, jak aplikovat mikroelementy do půdy je použitím vícesložkových hnojiv (Bischoff et al., 2012).

2.10 Vliv hnojení do depa na růst rostlin

Kořeny plní nepostradatelnou roli ve vývoji rostlin. Nejen že upevňují rostliny v půdě, ale především jejich prostřednictvím přijímají z půdy živiny. Na příjmu živin kořeny se podílí všechny mladé části kořenů a zejména kořenové vlášení. Jejich tvorba je významně

ovlivněna fyzikálně-chemickými vlastnostmi půdy (např. v neprovzdušněné půdě je jejich tvorba omezena) (Zitta a Vostal, 2007). Tato tvrzení potvrzuje i (Brant et al., 2014). Vývoj kořenové struktury a příjem živin kořeny lze ovlivnit umístěním hnojiva do půdy tzv. do depa spolu s hlubokým kypřením cca do 250 mm (Bischoff et al., 2012). Živiny se ke kořenům dostávají kontaktní výměnou nebo objemovým tokem a difuzí (Zitta a Vostal, 2007). Prvním kdo se zabýval vlivem hnojení do depa na růst rostlin, konkrétně na vývoj kořenového systému, byl Drew, 1975.

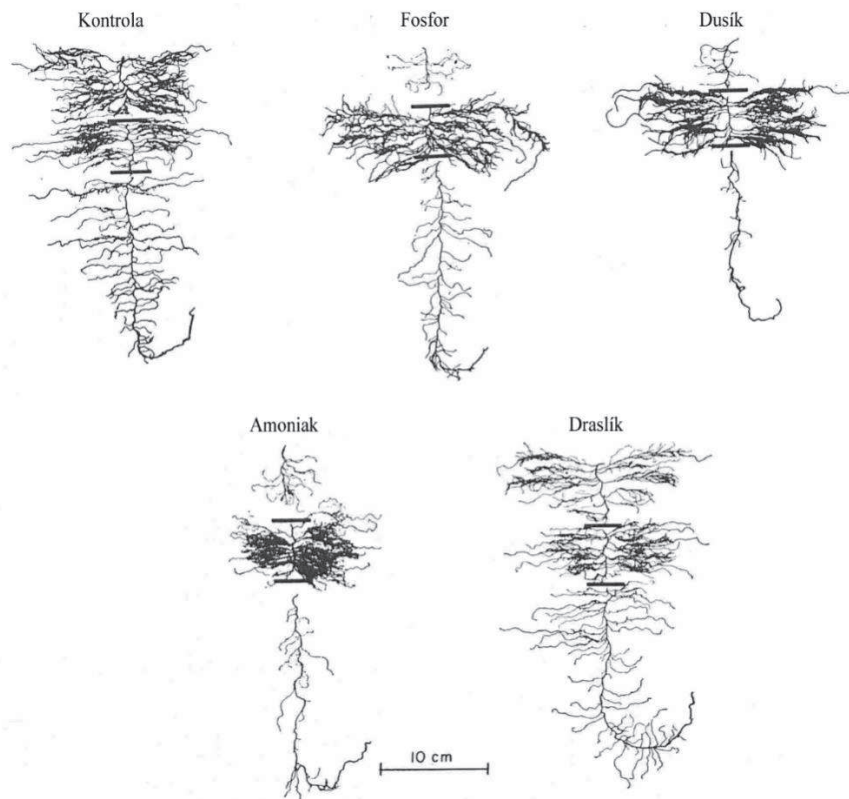


Obrázek 8 - Vliv umístění hnojiva na rozvoj kořenové struktury rostliny (Bischoff et al., 2012).

Hnojiva umístěna do depa neovlivňují jen zásobenost půdy živinami, ale ovlivňují i architekturu kořenového systému plodin. Při klasickém způsobu aplikace hnojiva a jeho následném promíchání do celého profilu ornice nevykazují živiny žádný účinek na architekturu kořenů (obrázek 8A). Umístěním hnojiva – amonné formy do depa dochází k silnému větvení kořenů (obrázek 8B) v oblasti umístění hnojiva. Aplikace fosforu a dusíku do depa má za následek větvení zejména bočních kořenů. Depo obsahující fosfor má na kořeny velký vliv a ty se vyvíjejí směrem k němu. Vliv umístění vápníku nebo hořčíku na architekturu kořenů nebyl zjištěn. V závislosti působení živin na kořenovou architekturu rostlin lze hnojivo rozdělit:

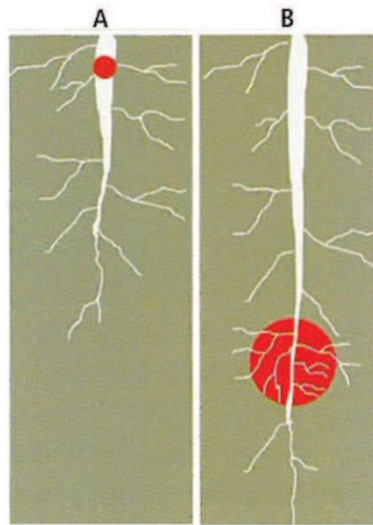
- Draslík a hořčík nevykazují žádný vliv na kořeny, nepřitahují je a nemají vliv na růst kořenové struktury.

- Fosfáty a amonné formy vykazují vliv na kořeny, které vlivem těchto hnojiv rostou směrem k depu a architektura se v oblasti depa více větví a rozrůstá.



Obrázek 9 - Vliv umístěných živin do depa na architekturu kořenové struktury (Drew, 1975).

V případě aplikace hnojiva do svrchní vrstvy nedochází ke stimulaci růstu kořenového systému (obrázek 10A) a kořeny rostou pouze pozvolna do hloubky. V případě použití hnojiva působícího pozitivně na růst kořenového systému rostlin, má kořen tendenci růst rychleji k depu s hnojivem a vytvořit zde rozvětvenou kořenovou strukturu (obrázek 10B). Pokud je do mělkého depa aplikováno velké množství hnojiva s efektem na růst kořenové struktury, dojde v této oblasti ke zpomalení růstu kořenů. Díky velkému množství živin již není nutné pro rostlinu dále kořenovou strukturu rozvíjet. Z těchto důvodů je vhodné dávku hnojiva rozdělit a část hnojiva umístit do svrchní vrstvy jako startovací hnojivo a část do depa tak, aby nedocházelo ke zpomalení růstu kořenového systému v raném stádiu růstu, ale až v požadované hloubce cca 250 mm (Bischoff et al., 2012).



Obrázek 10 - Vliv umístění hnojiva na rozvoj kořenné struktury rostliny (Bischoff et al., 2012).

Dávka hnojiva umístěná do depa je závislá na pěstované plodině a půdních podmínkách. U širokořádkových plodin pěstovaných s roztečí 450 mm a více by mělo být na lehkých půdách s obsahem jílu do 10 % umístěno do depa více než 20 kg P_2O_5 na hektar. Na půdách s obsahem jílu větším než 10 % by nemělo být umístěno více než 30 kg amonného dusíku a 30 kg vodorozpustného P_2O_5 na hektar. Na půdách s obsahem jílu větším jak 25 % je vhodné umístit do depa 40 kg fosfátu a 20 kg amonného dusíku na hektar. Z hlediska vhodné stimulace růstu kořenového systému bez zpomalení jeho růstu je nejvhodnější používat právě fosfátů a amonných hnojiv. Čím větší je dávka hnojiva, tím hlubší musí být umístění depa (Bischoff et al., 2012).

2.11 Stroje používané k aplikaci hnojiva do depa

Způsobů umístění hnojiva do depa je několik. Nejvyužívanějším je umístění přímo pod osivo nebo mírně šikmo. Jsou i technická řešení strojů nabízející umístění meziřádkově, tento způsob je však možné využít pouze u malých meziřádkových vzdáleností plodin. Při aplikaci hnojiva do depa je vhodné kombinovat tento způsob i s aplikováním hnojiva k seťovému lůžku (pod patu). Cílem této aplikace je dodání potřebných živin rostlině v raných stádiích růstu a stimulovat kořeny k růstu do hloubky za účelem příjmu dalších potřebných živin i za zhoršených klimatických podmínek. Podle období aplikace, při setí (pod ozimy), anebo před setím, zejména na podzim (pod na jaře seté plodiny), je vhodné volit i technické

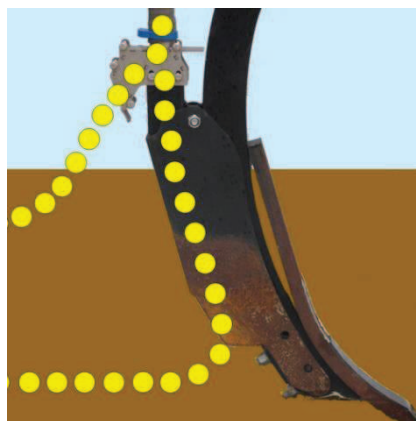
vybavení. Průkopníkem těchto strojů byla v Evropě firma Horsch, která ve spolupráci s farmáři ze severního Německa vyvinula secí stroj Focus TD (obrázek 13) především pro setí řepky olejné. Dále se zde objevují stroje z USA, a to zejména pro klasickou metodu StripTill (pásového zpracování půdy) kombinovaného s aplikací hnojiva do depa. Hlavním zástupcem těchto strojů je v Evropě americký výrobce Orthman a francouzský výrobce Kuhn. V současné době jsou nejvíce rozšířeny secí stroje s možností aplikace hnojiva do depa.

2.11.1 Stroje pro aplikaci hnojiva do depa před setím

Technicky lze docílit aplikace hnojiva do dvou výšek ornice před setím hloubkovými kypřiči v kombinaci se zásobníky na hnojivo (obrázek 11). Takovéto stroje nabízí na evropském trhu firmy Horsch, Köckerling, z českých výrobců firma Bednar a z USA firma Orthman. Souprava je složena ze zásobníku (často dvoukomorového) a z kypřiče umožňujících kypření až do hloubky 550 mm (dle výrobce). Ze zásobníku je hnojivo rozváděno pneumaticky a pomocí dělicí hlavy dále za radlice kypřiče (obrázek 12).



Obrázek 11- Hloubkový kypřič v kombinaci se zásobníkem pro aplikaci hnojiva do depa.



Obrázek 12- Aplikační koncovky za radlicemi pro dvouúrovňovou aplikaci hnojiva (Horsch Maschinen GmbH).

2.11.2 Secí stroje umožňující hnojení do depa

V Evropě jsou nejznámějšími výrobci strojů pro tzv. StripDrill (pásové setí s uložením hnojiva do depa a pod patu) firmy Horsch, Väderstad a Köckerling. Tyto stroje byly především určeny k setí řepky olejné, ale v současné době jsou mnoha zemědělci využívány i k setí obilovin. Základem těchto secích strojů (obrázek 13) je dvoukomorový zásobník k uložení hnojiva a osiva, dále radlicemi uzpůsobených k aplikaci hnojiva do depa (obrázek 12) a klasickými výsevními botkami. Výrobce Köckerling nabízí variantu stroje (obrázek 14) s možností výměny secích jednotek. Jednotky určené k setí širokořádkových plodin je možné vyměnit za klasické secí botky určené k setí obilovin.



Obrázek 13- Uskupení pracovních orgánů secího stroje umožňující aplikaci hnojiva do depa a zároveň pod patu. (Horsch Maschinen GmbH)



Obrázek 14- Secí stroj Köckerling Master umožňuje výsev obilovin i širokořádkových plodin. (Köckerling GmbH & Co. KG)

3 Cíl práce

Z literární rešerše jednoznačně vyplývá, že aplikace hnojiva do depa je moderní technologií, která je zaváděna do praxe. Cílem práce proto je na parcelovém pokusu porovnat vliv technologie povrchové aplikace hnojiva a hnojení do depa na výnosotvorné prvky a výnos jarní pšenice a cukrové řepy.

4 Metodika

V rámci diplomové práce je porovnáván vliv zásobního hnojení a povrchového hnojení na výnos pšenice jarní a cukrové řepy. K aplikaci bylo použito hnojivo Amofos 12-52 v dávkách $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na parcelách, kde bylo hnojivo aplikováno do depa v hloubce 250 mm, byla současně 1/3 dávky hnojiva aplikována do druhé úrovně půdního profilu v hloubce 100 mm. Hnojivo aplikované povrchově pomocí neseného rozmetadla průmyslových hnojiv bylo následně pomocí kombinátoru zapraveno 50 mm do půdy.

Pro každou plodinu bylo založeno pět variant parcel (rozloha parcely 0,25 ha) se dvěma opakováními. Varianty parcelových pokusů:

- varianta 1 - kontrola,
- varianta 2 - hnojivo aplikováno povrchově, dávka hnojiva $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,
- varianta 3 - hnojivo aplikováno povrchově, dávka hnojiva $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,
- varianta 4 - hnojivo aplikováno do depa v hloubce 250 mm, dávka hnojiva $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$,
- varianta 5 - hnojivo aplikováno do depa v hloubce 250 mm, dávka hnojiva $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Z každé založené poloprovozní parcely jsou vyhodnocovány následující výnosotvorné prvky a celkový výnos. Vyhodnocované výnosotvorné prvky u obilnin jsou počet klasů na jednotku plochy (m^2), počet zrn v klase a hmotnost 1000 semen v gramech. U cukrové řepy jsou vyhodnocovány počet rostlin na jednotku plochy (m^2), hmotnost jedné bulvy (g) a obsah cukru v bulvě (%) (Šnobl a Pulkrábek, 2011).

Odběry vzorků z plochy $0,25 \text{ m}^2$ k vyhodnocování výnosotvorných prvků (obrázek 15) byly realizovány v den sklizně.



Obrázek 15 - Odběr vzorků z plochy 0,25 m².

Odběr vzorků k laboratornímu vyhodnocení parcelového pokusu pšenice jarní byl proveden 27. 7. 2014. Z každé parcely byly odebrány tři vzorky, ze kterých byl následně spočítán celkový počet klasů na m² a počet zrn v klasu. Laboratorní mlátičkou bylo ze vzorků vymláčeno zrno, které bylo dále vyčištěno pomocí laboratorní čističky. Z takto získaného zrna byla pomocí počítadla semen a přesné váhy zvážena hmotnost tisíce semen (obrázek 16). Celkový výnos jednotlivých parcel byl určen na základě pěti vážení integrovanou vahou zásobníku sklízecí mlátičky.



Obrázek 16 - Laboratorní vyhodnocení vzorků, počítadlo semen a přesné váhy.

Vzorky z parcelových pokusů cukrové řepy byly odebrány 4. 11. 2014. Z odebraných vzorků byla určena průměrná hmotnost bulvy a laboratorně určena cukernatost. Vyhodnocení

cukernatosti bylo provedeno v Řepařském institutu, spol. s.r.o. Semčice. Pomocí určené cukernatosti a celkového výnosu byl výnos přepočítán vzorcem 1 na výnos při 16% cukernatosti (PV).

$$PV = \frac{\text{cukernatost} - 3}{13} \cdot \text{výnos bulev} \quad (1)$$

Celkový výnos jednotlivých parcel byl určen na základě pěti vážní integrovanou vahou zásobníku sklízecí řepy.

Pokusné parcely byly založeny na pozemcích Zemědělské společnosti Sloveč a.s.. Půdní rozborů zásobenosti pozemků živinami Zemědělské společnosti Sloveč byly zpracovány společností MJM Litovel a.s. dle metody Mehlich III.

K porovnání jsou dále k dispozici i výsledky poloprovozního pokusu pšenice ozimé, také z pozemků ZS Sloveč. Z každé části poloprovozního pokusu bylo odebráno pět vzorků a ty následně vyhodnoceny pomocí stejného postupu a zařízení jako v případě vzorků pšenice jarní.

4.1 Charakteristika podniku ZS Sloveč a.s.

Zemědělská společnost Sloveč, a.s. obhospodařuje výměru 3000 ha v oblasti Městce Králové, okres Nymburk. Pozemky se nacházejí v 19 katastrálních územích. Většina výměry je v katastrálních územích Městce Králové, Sloveč, Kamilova, Střihova a Vinic. Výměra Zemědělské společnosti Sloveč patří svým položením a nadmořskou výškou okolo 250 m. n. m. do úrodné řepařské oblasti Polabí. Převažují zde černozemní půdy s vysokým obsahem jílu, které patří mezi obtížně zpracovatelné, zejména v oblasti Sloveč. Průměrné roční srážky a teploty jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2- Průměrné roční teploty a srážky v období 2009-2012 a 2014 (Český hydrometeorologický ústav, 2015).

	Teplota rok 2009 - 2012 [°C]	Teplota rok 2014 [°C]	Srážky rok 2009 - 2012 [mm]	Srážky rok 2014 [mm]
Leden	-1,6	-1,7	30,8	25
Únor	-1,1	-0,1	17,2	2
Březen	5,3	3,7	23,1	36
Duben	11,7	8,7	22,9	33
Květen	14,8	13,8	72,2	121
Červen	18,0	16,9	60	27
Červenec	19,9	18,4	110,8	94
Srpen	19,5	18	73,3	64
Září	14,7	14	43,4	85
Říjen	8,7	9	32,5	51
Listopad	5,5	3,6	27,6	18
Prosinec	0,4	-0,3	34,3	31

ZS Sloveč, a.s. pěstuje tradiční plodiny – ozimou pšenici, ozimý ječmen, jarní ječmen, ozimou řepku, kukuřici a vojtěšku. Velký podíl je věnován cukrové řepě, kterou tu pěstují bez mála na 400 ha. Dalšími pěstovanými plodinami jsou sója, bob a podle situace na trhu i další plodiny jako je hořčice, svazenka, slunečnice, mák, kmín atd..

Zemědělská společnost Sloveč, a.s. se věnuje také chovu skotu. V současné době chovají 500 kusů krav černostrakatého plemene pro produkci mléka.

4.2 Charakteristika technického vybavení

K aplikaci hnojiva do depa v rámci pokusů na pozemcích Zemědělské společnosti Sloveč a.s. bylo použito soupravy složené z pásového traktoru John Deere, zásobníku na hnojivo Bednar agregovaného do zadního tříbodového závěsu traktoru a dlátového kypřiče téhož výrobce (obrázek 17).



Obrázek 17 - Souprava pásového traktoru, zásobníku a dlátového kypříče při zakládání pokusných parcel.

Základem prototypového zásobníku na hnojivo s označením Ferti-Box je dvoukomorová nádrž o objemu 4000 l. Díky dělenému zásobníku a dvěma na sobě nezávislých dávkovacích ústrojích je možné aplikovat dvě různá hnojiva nebo hnojivo a osivo při rozdílných dávkách. Ze zásobníku je materiál (hnojivo, osivo) veden pneumaticky na rám aplikačního stroje, v tomto případě bylo k aplikaci použito dlátového kypříče Bednar Terraland. Ten umožňuje hloubku zpracování (aplikaci hnojiva) až 550 mm. K práci na těžkých jílovitých půdách v oblasti Slovence jsou zvolena dláta 80 mm a hydraulické jištění pracovních těles. Rozteč mezi jednotlivými aplikačními radlicemi je 450 mm.

4.3 Charakteristika hnojiva Amofos 12-52

Amofos je pevné, granulované dvousložkové hnojivo obsahující 12% N a 52 % P ve směsi amonných solí kyseliny fosforečné (Tesař et al., 1992). Pro svůj vysoký obsah fosforu je toto hnojivo vhodné hlavně k základnímu hnojení před setím na půdách neutrálních, nedostatečně zásobených přístupným fosforem a dobře zásobených draslíkem (Baier a Baierová, 1985).

4.4 Charakteristika stanoviště

4.4.1 Parcelový pokus – pšenice jarní

Parcelový pokus pšenice jarní byl založen v roce 2013 na půdním bloku „Před kravínem“ v těsné blízkosti areálu ZS Sloveč, a.s. v Městci Královém (obrázek 18). Pozemek s obsahem písčitojilovité hlíny se nachází v nadmořské výšce 215 m. n. m..



Obrázek 18 - Poloha půdního bloku "Před kravínem" u Městce Králové (Veřejný registr půdy LPIS).

Pokusné parcely byly osety jarní pšenicí odrůdou Epos s potravinářskou kvalitou E. Odrůda Epos je charakteristická dobrou odnoživostí, zimovzdorností a vysokým výnosem zrna. Schéma pokusných parcel na půdním bloku „Před kravínem“ je uvedeno v tabulce 4.

Tabulka 3 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Před kravínem".

Číslo vzorku	pH	P	K	Mg	Ca
Před kravínem	6,35	83	568	228	3645
743	6,98	95	658	290	5540
744	6,85	85	516	217	3830
745	6,65	82	584	233	3330
746	6,88	62	652	242	5540
747	6,79	70	607	218	4530
748	5,71	81	658	252	2940
749	5,48	80	531	252	3370
750	5,26	118	486	198	2590
751	5,96	105	507	189	2380
752	6,12	108	487	211	2510
753	6,93	25	631	225	3980
754	6,58	82	214	214	3200
	slabě kyselá	dobry	velmi vysoky	dobry	dobry

Tabulka 4 - Schéma založeného parcelového pokusu pšenice jarní na půdním bloku „Před kravínem“.

Varianta		Dávka hnojiva [kg.ha ⁻¹]	Termín aplikace hnojiva
1.	Kontrola (hluboké kypření)	-	-
2.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	100	24. 2. 2014
3.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	200	24. 2. 2014
4.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	100	27. 11. 2013
5.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	200	27. 11. 2013
6.	Kontrola (hluboké kypření)	-	-
7.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	100	24. 2. 2014
8.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	200	24. 2. 2014
9.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	100	27. 11. 2013
10.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	200	27. 11. 2013

Na vybraných parcelách, jejichž půdní zásobenost je uvedena v tabulce 3, bylo hnojivo do depa aplikováno 27. 11. 2013. K aplikaci bylo použito dlátového kypřiče se zásobníkem na hnojivo (obrázek 17). Porost byl založen 26. 2. 2014, ostatní ochranné a výživové zásahy jsou v tabulce 5.

Tabulka 5 - Vedení porostu pšenice jarní na půdním bloku "Před kravínem".

Datum	Přípravek/hnojivo	Dávka	Jednotka
16. 4. 2014	Ataman - chemická ochrana	150	g
16. 4. 2014	Agri CCC - růstový regulátor	0,5	lt
16. 4. 2014	Trend - smáčedlo	0,15	lt
24. 4. 2014	Humastar - chemická ochrana	0,4	lt
24. 4. 2014	Močovina - hnojení	0,013	t
24. 4. 2014	DAM - hnojení	0,156	t
16. 5. 2014	DAM - hnojení	0,033	t
16. 5. 2014	Borosan Forte - hnojení	0,3	lt
16. 5. 2014	Agravita Měď - hnojení	0,3	lt
16. 5. 2014	Lister ZN - hnojení	0,3	lt
16. 5. 2014	LAD - hnojení	0,2	t
6. 6. 2014	LAD - hnojení	0,2	t

4.4.2 Parcelový pokus – cukrová řepa

Parcelový pokus cukrové řepy byl založen v roce 2013 na půdním bloku „Velena“ mezi obcemi Dlouhopolsko a Opočnice (obrázek 19). Pozemek se nachází v nadmořské výšce 245 – 250 m. n. m. s půdním složením písčitojilovité hlíny. Vyhodnocení půdní zásobenosti je uvedeno v tabulce 6.



Obrázek 19 - Poloha půdního bloku "Velena" u obce Opočnice (Veřejný registr půdy LPIS).

Tabulka 6 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Velena".

Číslo vzorku	pH	P	K	Mg	Ca
Velena	6,67	53	529	211	4840
806	6,90	33	550	189	4670
807	6,69	66	603	237	5460
808	6,43	60	433	207	4390
	neutrální	vyhovující	velmi vysoký	vyhovující	vysoký

Pokusné parcely byly osety odrůdou cukrové řepy SY Apel, která je vhodná k pozdější sklizni. Schéma pokusných parcel na půdním bloku Velena je uvedeno v tabulce 7.

Tabulka 7 - Schéma založeného parcelového pokusu cukrové řepy na půdním bloku „Velena“.

Varianta		Dávka hnojiva [kg.ha ⁻¹]	Termín aplikace hnojiva
1.	Kontrola (hluboké kypření)	-	-
2.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	100	17. 4. 2014
3.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	200	17. 4. 2014
4.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	100	27. 11. 2013
5.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	200	27. 11. 2013
6.	Kontrola (hluboké kypření)	-	-
7.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	100	17. 4. 2014
8.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	200	17. 4. 2014
9.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	100	27. 11. 2013
10.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	200	27. 11. 2013

Aplikace hnojiva Amofos do depa a založení pokusných parcel proběhlo 27. 11. 2013. K aplikaci bylo použito dlátového kypřiče se zásobníkem na hnojivo (obrázek 17). Porost byl založen 19. 4. 2014, ostatní ochranné a výživové zásahy jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 - Vedení porostu cukrové řepy na půdním bloku "Velena".

Datum	Přípravek/hnojivo	Dávka	Jednotka
27. 11. 2013	Maglit - hnojení draslík	1,47	t
25. 2. 2014	Močovina - hnojení	0,1	t
1. 5. 2014	LAD - hnojení	0,1	t
6. 5. 2014	BetanalMaxx Pro - herbicidní ochrana	0,9	lt
6. 5. 2014	Betasana SC - herbicidní ochrana	2	lt
6. 5. 2014	Betox - chemická ochrana	2	lt
6. 5. 2014	Etofumezat 500 DC - herbicidní ochrana	0,3	lt
6. 5. 2014	Silwett Star - smáčedlo	0,15	lt
6. 5. 2014	Wuxal Top P - hnojivo NPK	1	lt
26. 5. 2014	Safari 75 WG - herbicidní ochrana	20	g
26. 5. 2014	Etofumezat 500 DC - herbicidní ochrana	0,2	lt
26. 5. 2014	Venzar - herbicidní ochrana	0,2	kg
26. 5. 2014	Trend - smáčedlo	0,15	lt
26. 5. 2014	Silwett Star - smáčedlo	0,15	lt
26. 5. 2014	Wuxal Top P - hnojivo NPK	1	lt
3. 6. 2014	Spider 550 EC - inekticidní ochrana	0,6	lt
3. 6. 2014	Močovina - hnojení	0,013	t
3. 6. 2014	Borosan Forte - hnojení	1	lt
3. 6. 2014	Agravita Měď - hnojení	0,5	lt
3. 6. 2014	ListerZn - hnojení	0,5	lt
3. 6. 2014	Mangan Forte - hnojení	1	lt
4. 6. 2014	Razomin - aktivátor vegetativního růstu	0,3	lt
4. 6. 2014	Humastar - chemická ochrana	0,4	lt
4. 6. 2014	Azoyxstar - fungicidní ochrana	0,3	lt
30. 6. 2014	LovoCaN - hnojení	25	lt
2. 8. 2014	Sféra 535 SC - fungicidní ochrana	0,35	lt
2. 8. 2014	Borosan Forte - hnojení	2	lt
2. 8. 2014	Agravita Měď - hnojení	0,5	lt

4.4.3 Poloprovozní pokus – pšenice ozimá

Poloprovozní pokus pšenice ozimé byl založen v roce 2013 na honu „Štejnarka“ mezi obcemi Nový a Stříhov (obrázek 20). Pozemek se nachází v nadmořské výšce 220 – 225 m. n. m. s výskytem písčitojilovité hlíny až písčitého jílu.



Obrázek 20 - Poloha půdního bloku "Štejnarka" mezi obcemi Nový a Stříhov (Veřejný registr půdy LPIS).

Pozemek byl v celé výměře oset pšenicí ozimou odrůdou Avenue. Tato odrůda je nejranější odrůdou pěstovanou v ČR i SK s velmi vysokou odnoživostí.

Na honu „Štejnarka“ bylo na půlce pozemku aplikováno hnojivo Amofos do depa v hloubce 300 mm a ve druhé části klasickým způsobem na povrch. Aplikace hnojiva byla 10. 9. 2013 v dávce $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Celkový stav půdní zásobenosti pozemku je uveden v tabulce 10. Porost byl založen 12. 9. 2013, ostatní ochranné a výživové zásahy jsou v tabulce 11.

Tabulka 9 - Schéma založeného poloprovozního pokusu pšenice ozimé na půdním bloku „Štejnarka“.

Varianta		Dávka hnojiva [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Termín aplikace hnojiva
1.	Hluboké kypření + hnojeno povrchově	200	10. 9. 2013
2.	Hluboké kypření + hnojeno do depa	200	10. 9. 2013

Tabulka 10 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Štejnarka".

Číslo vzorku	pH	P	K	Mg	Ca
Štejnarka	7,27	40	611	356	13880
169	7,4	29	486	471	17100
170	7,41	31	615	529	16300
171	7,43	30	550	477	17400
172	7,29	31	595	361	15800
173	7,41	30	593	368	18800
174	7,31	44	648	344	15800
175	7,26	38	646	391	16400
176	7,22	61	660	329	10300
177	7,38	52	601	293	11300
178	7,30	28	531	336	16700
179	7,27	33	642	304	12100
180	7,38	38	520	340	16400
181	7,23	39	507	282	9250
182	7,31	44	621	261	11800
183	6,45	79	976	341	5530
184	7,31	39	587	275	11100
	alkalická	nízký	velmi vysoký	vysoký	vysoký

Pro vyhodnocení poloprovozního pokusu byly na celém pozemku o výměře 47,45 ha vymezeny dvě parcely o rozloze 3 ha. Jedna v části pozemku hnojeném do depa a druhá v části nehnojené.

Tabulka 11- Vedení porostu pšenice ozimé na půdním bloku "Štejnarka".

Datum	Přípravek/hnojivo	Dávka	Jednotka
10. 9. 2013	Trinity - herbicidní ochrana	2	lt
31. 10. 2013	Cleaner 75 WG - herbicidní ochrana	7	g
31. 10. 2013	Močovina - hnojení	0,013	t
31. 10. 2013	NPS15-5 + 20S - hnojení	0,2	t
18. 2. 2014	LAD - hnojení	0,2	t
1. 3. 2014	Agri CCC - růstový regulátor	0,5	lt
1. 4. 2014	Prochloras 450 EC - fungicidní ochrana	0,7	lt
1. 4. 2014	Leander - fungicidní ochrana	0,2	lt
1. 4. 2014	Talius - fungicidní ochrana	0,15	lt
1. 4. 2014	Močovina - hnojení	0,013	t
14. 4. 2014	DAM - hnojení	0,156	t
30. 4. 2014	Moxa -regulátor růstu	0,2	lt
30. 4. 2014	Etefon 480 SL - regulátor tůstu	0,3	lt
30. 4. 2014	Axial Plus - herbicidní ochrana	0,6	lt
30. 4. 2014	Opera Top - fungicidní ochrana	1,2	lt
30. 4. 2014	Silwett Star - smáčedlo	0,15	lt
12. 5. 2014	LAD - hnojení	0,1	t
16. 5. 2014	DAM - hnojení	0,0325	t
16. 5. 2014	Borosan Forte - hnojení	0,3	lt
16. 5. 2014	Agravita Měď - hnojení	0,3	lt
16. 5. 2014	Lister ZN - hnojení	0,3	lt
5. 6. 2014	Lambo 50 EC - insekticidní ochrana	0,1	lt

5 Výsledky porovnání způsobů hnojení a jejich vyhodnocení

5.1 Parcelový pokus – pšenice jarní

Celkové výsledky parcelového pokusu pšenice jarní na půdním bloku „Před kravínem“ jsou uvedeny v tabulce 16. Jednotlivé mezivýsledky odebraných vzorků jsou uvedeny v tabulkách 12, 13, 14 a 15. Nejlepších výnosových výsledků z parcel dosahovala varianta hlubokého kypření a hnojení do depa s dávkou hnojiva Amofos 200 kg.ha⁻¹. Proti kontrolní parcele byl rozdíl ve výnosu o 1,04 t.ha⁻¹. Ostatní varianty dosahovaly přibližně stejných výnosů, okolo 7 t.ha⁻¹. Většího rozdílu bylo dosaženo ve prospěch varianty 5 i v hmotnosti tisíci semen, zde byl rozdíl oproti ostatním variantám rozdíl až 2,81 g. Ostatní výnosotvorné prvky (počet klasů m² a počet zrn v klase) u všech variant vyšly u všech variant přibližně stejně.

Tabulka 12 - Počet klasů na m² [ks], parcelový pokus – pšenice jarní

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	679	681	674	678
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	721	715	725	720
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	716	712	715	714
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	724	728	732	728
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	730	741	729	733
6.	Kontrola (hluboké kypření)	683	681	679	681
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	723	719	720	721
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	715	701	707	708
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	725	724	736	728
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	727	734	728	730

Tabulka 13 - Počet zrn v klasu [ks], parcelový pokus – pšenice jarní

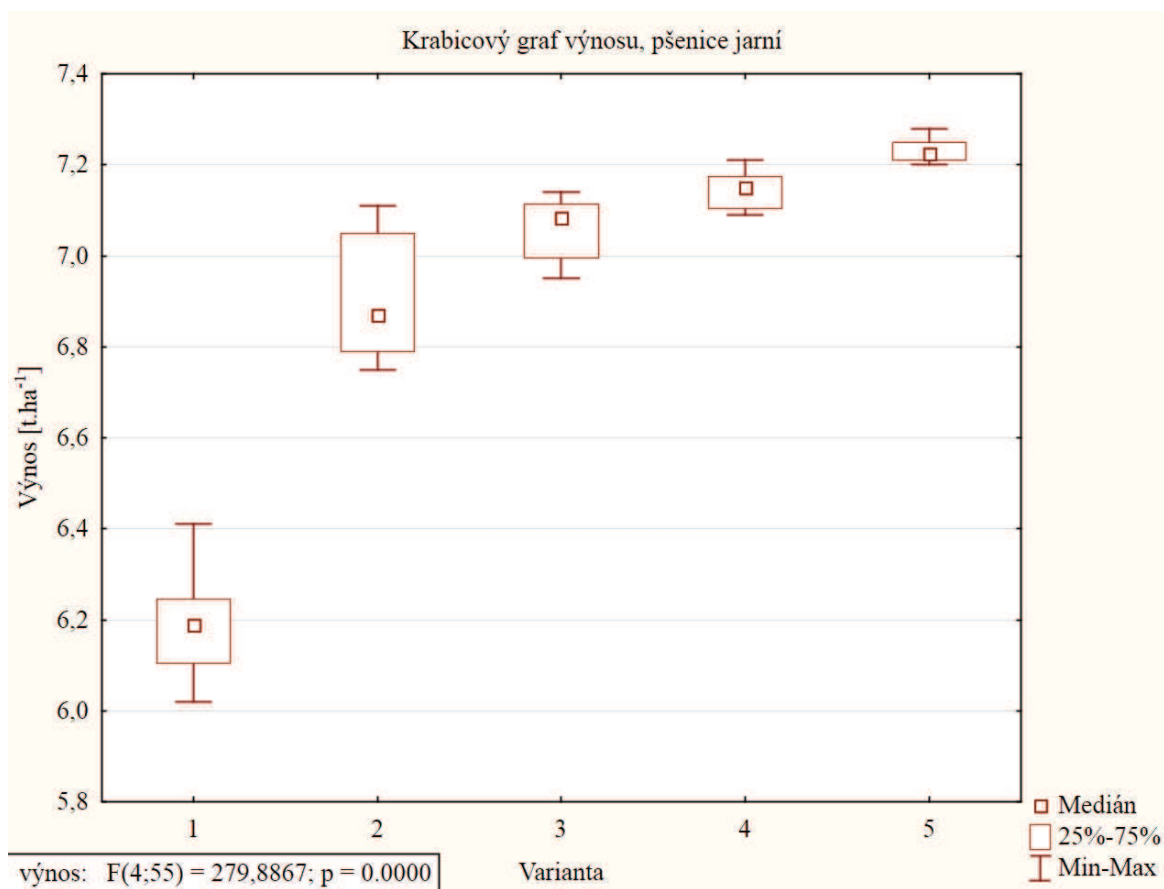
Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	24	26	28	26
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	22	23	29	25
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	25	26	27	26
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	21	27	29	26
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	26	28	24	26
6.	Kontrola (hluboké kypření)	27	25	26	26
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	26	28	24	26
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	27	29	26	27
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	29	27	27	28
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	26	26	27	26

Tabulka 14 - HTS[g], parcelový pokus – pšenice jarní

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	48,80	48,90	49,05	48,92
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	50,16	49,40	50,54	50,03
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,4	49,48	51,82	50,57
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	51,21	51,01	50,96	51,06
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	52,03	52,05	51,09	51,72
6.	Kontrola (hluboké kypření)	49,12	48,98	48,78	48,96
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	49,84	50,12	50,05	50,00
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,25	50,35	50,12	50,24
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	50,98	50,87	50,95	50,93
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	52,09	51,97	51,25	51,77

Tabulka 15 - Výnos zrna[t.ha⁻¹], parcelový pokus – pšenice jarní

Varianta		1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	6,21	6,41	6,25	6,33	6,02	6,24
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	6,89	7,06	7,05	7,11	7,05	7,02
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	7,05	7,08	6,98	6,95	6,98	7,01
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	7,10	7,09	7,15	7,09	7,14	7,11
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	7,21	7,28	7,23	7,27	7,25	7,25
6.	Kontrola (hluboké kypření)	6,10	6,19	6,19	6,11	6,08	6,13
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	6,85	6,75	6,75	6,79	6,81	6,79
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	7,09	7,14	7,12	7,10	7,12	7,11
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	7,17	7,16	7,19	7,21	7,15	7,18
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	7,24	7,22	7,21	7,20	7,20	7,21



Graf 6 - Krabicový graf výnosu, pšenice jarní.

Tabulka 16 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - pšenice jarní

Homogenní skupiny, alfa = ,05000; Chyba: meziskup. PČ = ,00890, sv = 45,000

Varianta		Průměr	1	2	3	4
1.	Kontrola (hluboké kypření)	6,18900			****	
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	6,91100				****
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	7,06100	****			
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	7,14500	****	****		
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	7,23100		****		

Tabulka 17 - Výsledky parcelového pokusu pšenice jarní.

Varianta		Počet klasů na m ² [ks]	Počet zrn v klasu [ks]	HTS[g]	Výnos[t.ha ⁻¹]
1.	Kontrola (hluboké kypření)	680	26	48,93	6,19
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	720	25	50,02	6,90
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	711	27	50,40	7,06
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	728	27	50,99	7,15
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	731	26	51,74	7,23

5.2 Parcelový pokus – cukrová řepa

Výsledky parcelového pokusu cukrové řepy na půdním bloku „Velena“ jsou uvedeny v tabulce 20. Největšího rozdílu bylo zaznamenáno u hektarového výnosu, resp. výnosu přepočítaného na 16% cukernatost ve prospěch varianty 5 – hlubokého kypření a hnojiva uloženého do depa v dávce 200 kg.ha⁻¹. Oproti kontrolní variantě bylo dosaženo rozdílu 6,4 t.ha⁻¹. Obě varianty hnojení do depa dosáhly i zvýšených hmotností jednotlivých bulev, a to až o 52,62 g oproti kontrolní parcele, a také zvýšené cukernatosti.

Tabulka 18 - Počet rostlin na m²[ks], parcelový pokus - cukrová řepa

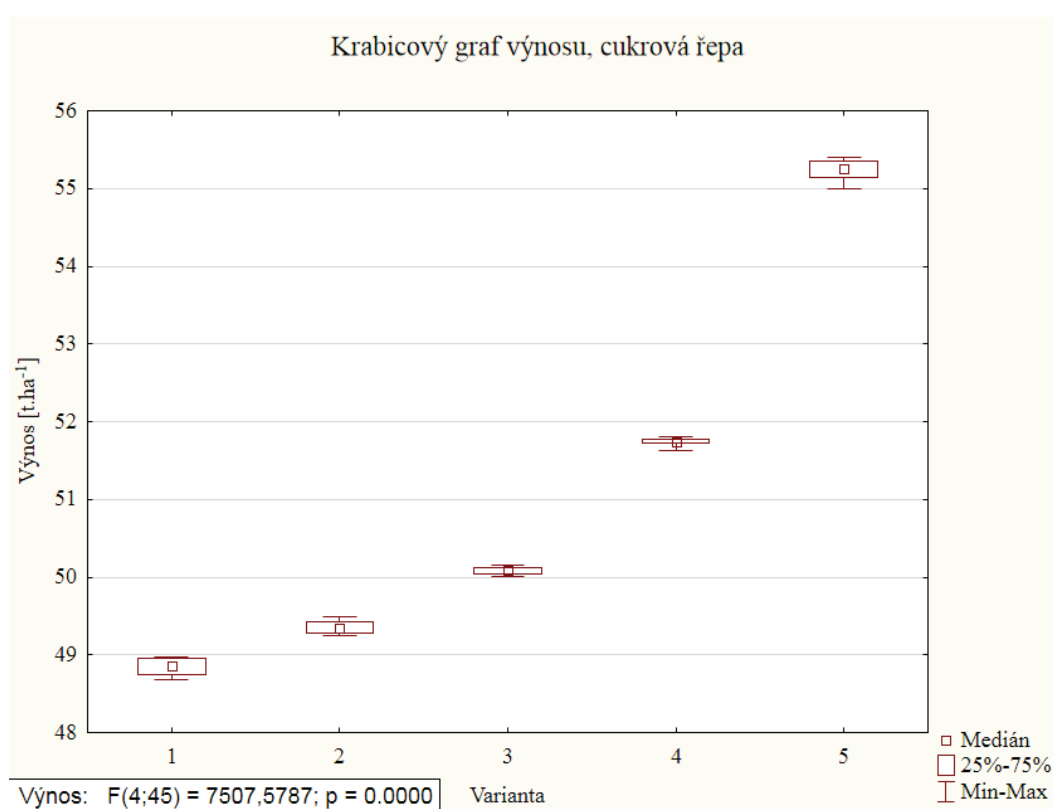
Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	10	11	10	10
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	11	10	11	11
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	10	10	11	10
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	10	11	10	10
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	10	11	11	11
6.	Kontrola (hluboké kypření)	9	10	11	10
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	12	11	10	11
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	11	10	10	10
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	10	11	10	10
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	11	11	11	11

Tabulka 19 - Hmotnost bulvy[g], parcelový pokus - cukrová řepa

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	460,10	458,90	462,70	460,57
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	468,14	464,14	471,23	467,84
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	471,95	472,30	471,88	472,04
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	501,98	502,30	499,95	501,41
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	510,95	511,20	512,50	511,55
6.	Kontrola (hluboké kypření)	455,98	456,98	459,21	457,39
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	471,14	472,18	469,25	470,86
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	471,89	471,40	472,35	471,88
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	500,50	499,90	501,00	500,47
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	512,70	511,50	510,95	511,72

Tabulka 20- Výnos[t.ha⁻¹], parcelový pokus - cukrová řepa

Varianta		1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	průměr
1.	Kontrola (hluboké kypření)	48,94	48,97	48,94	48,95	48,97	48,95
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	49,28	49,25	49,29	49,25	49,30	49,27
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,08	50,11	50,02	50,05	50,01	50,05
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	51,75	51,72	51,70	51,78	51,63	51,72
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	55,40	55,35	55,38	55,35	55,32	55,36
6.	Kontrola (hluboké kypření)	48,69	48,75	48,77	48,75	48,73	48,74
7.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	49,49	49,45	49,40	49,41	49,43	49,43
8.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,15	50,12	50,10	50,12	50,08	50,11
9.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	51,72	51,75	51,74	51,78	51,80	51,76
10.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	55,10	55,15	55,00	55,20	55,18	55,13



Graf 7 - Krabicový graf výnosu, cukrová řepa

Tabulka 21 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - cukrová řepa

Homogenní skupiny, alfa = ,05000; Chyba: meziskup. PČ = ,00890, sv = 45,000

Varianta		Průměr	1	2	3	4	5
1.	Kontrola (hluboké kypření)	48,84600	****				
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	49,35500		****			
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,08400			****		
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	51,73700				****	
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	55,24300					****

Tabulka 22 - Výsledky parcelového pokusu - cukrová řepa.

Varianta		Výnos [t.ha ⁻¹]	Výnos přepočtený na 16% cukernatost [t.ha ⁻¹]	Počet rostlin [ks]	Hmotnost bulvy [g]	Cukernatost [%]
1.	Kontrola (hluboké kypření)	48,85	60,98	10	458,97	19,23
2.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 100 kg.ha ⁻¹	49,35	61,87	11	469,34	19,30
3.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	50,08	62,72	10	471,96	19,28
4.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 100 kg.ha ⁻¹	51,74	65,67	10	500,99	19,50
5.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	55,25	69,74	11	511,63	19,40

5.3 Poloprovozní pokus – pšenice ozimá

Výsledky provozního pokusu pšenice ozimé na půdním bloku „Štejnarka“ jsou uvedeny v tabulce 25. Na parcele, kde bylo hnojivo aplikováno do depa, dosahovala zrna v klasech vyšší HTS (o 2,01 g), což mělo pozitivní vliv na zvýšený výnos o 0,61 t.ha⁻¹ ve prospěch parcel hnojených do depa. Počet zrn a odnoží byl na obou pozemcích přibližně stejný.

Tabulka 23 - Počet klasů na m²[ks], poloprovozní pokus - pšenice ozimá

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	4. odběr	5. odběr	průměr
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	1040	1036	1036	1038	1035	1037
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	1034	1037	1033	1039	1037	1036

Tabulka 24 - Počet zrn v klasu[ks], poloprovozní pokus - pšenice ozimá

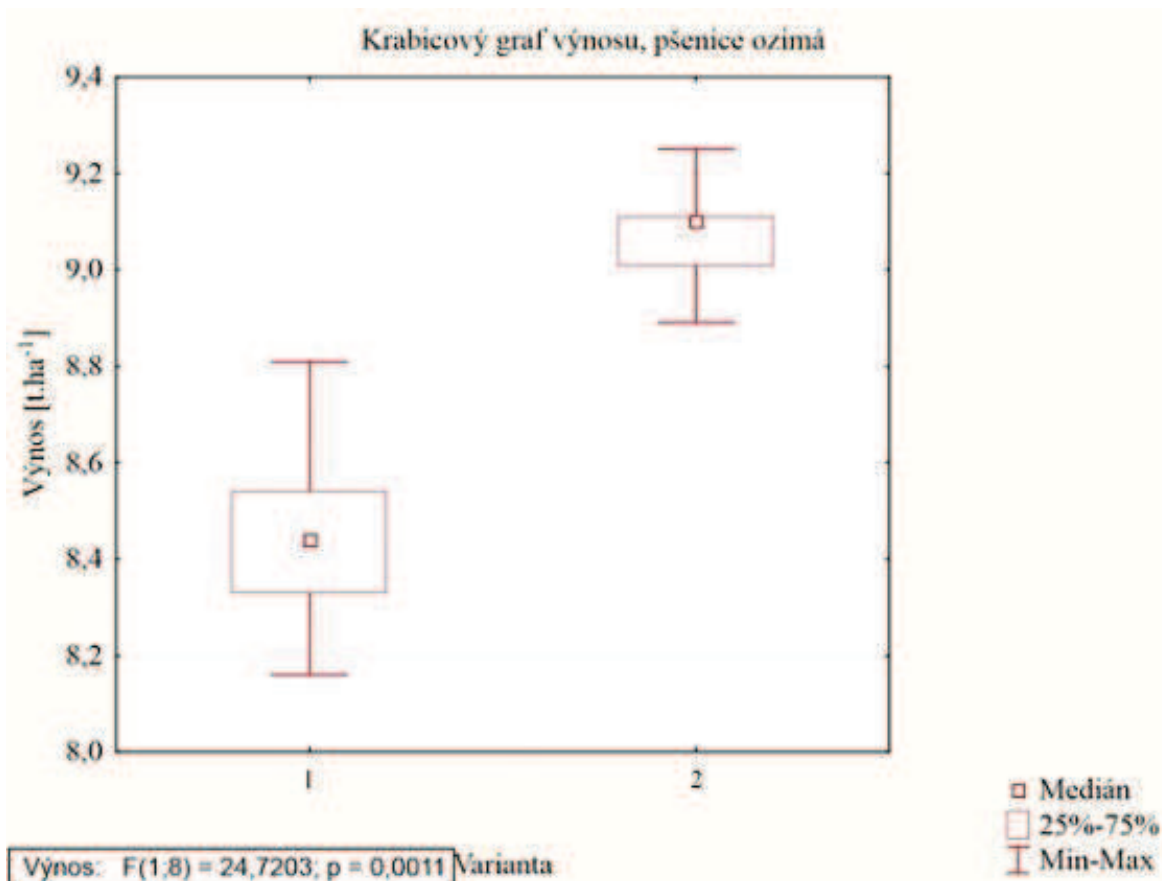
Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	4. odběr	5. odběr	průměr
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	28	29	28	29	29	29
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	28	29	29	29	28	29

Tabulka 25- HTS[g], poloprovozní pokus - pšenice ozimá

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	4. odběr	5. odběr	průměr
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	46,97	47,54	46,95	45,95	50,08	47,50
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	48,64	51,14	46,11	54,56	47,1	49,51

Tabulka 26 – Výnos zrna[t.ha⁻¹], poloprovozní pokus - pšenice ozimá

Varianta		1. odběr	2. odběr	3. odběr	4. odběr	5. odběr	průměr
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	8,81	8,16	8,33	8,54	8,44	8,46
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	9,10	9,25	9,01	8,89	9,11	9,07



Graf 8 - Krabicový graf výnosu, pšenice ozimá.

Tabulka 27 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - pšenice ozimá

Homogenní skupiny, alfa = ,05000; Chyba: meziskup. PČ = ,003838, sv = 8,000

Varianta		Průměr	1	2
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	8,456000	****	
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	9,072000		****

Tabulka 28 - Výsledky parcelového pokusu - pšenice ozimá.

Varianta		Dávka hnojiva [kg.ha ⁻¹]	Počet klasů na m ² [ks]	Počet zrn v klase [ks]	HTS [g]	Výnos [t.ha ⁻¹]
1.	Hl. kypření + hnojeno povrchově, 200 kg.ha ⁻¹	200	1037	29	47,50	8,46
2.	Hl. kypření + hnojeno do depa, 200 kg.ha ⁻¹	200	1036	29	49,51	9,07

6 Zhodnocení techniky pro sledované technologie zakládání a hnojení porostů.

Hnojivo do depa je aplikováno spolu s hlubokým kypřením obvykle dlátovým či radličkovým kypřičem anebo při setí uzpůsobeným secím strojem. Je tak slučováno několik pracovních operací. Takto je slučováno několik pracovních operací, což je velmi výhodné v praxi při zakládání porostů ozimů, například řepky olejné, které je v období velkého využití techniky, krátkého mezivegetačního období, a zároveň je nutné dodržet agrotechnické termíny. Setím a aplikací hnojiva do depa se sloučí hluboké kypření, aplikace hnojiva i setí do jednoho přejezdu. Toto sloučení pracovních operací má pozitivní vliv i na půdní strukturu, kdy nedochází ke zvýšenému počtu přejezdů po pozemku, a tím k nežádoucímu zhutňování půdního profilu.

Při dělené aplikaci hnojiva do depa na podzim a následném jarním setí nastává problém s navigací secího stroje nad depo s uloženým hnojivem. Dále je ukládání hnojiva do depa ve větších hloubkách velmi náročné na výkon a tahové schopnosti traktoru.

Rozmetadlo průmyslových hnojiv rozprostře hnojivo po celém povrchu půdního profilu. Živiny aplikované tímto způsobem nejsou plodiny schopné pravděpodobně přijmout v takové míře, jako je tomu u hnojiva uloženého do depa, což naznačují dosažené výsledky prezentované v této práci. Zejména v jarních měsících je nakypřená půda nejvíce náchylná na nežádoucí utužování, ke kterému zvýšeným počtem přejezdů po pozemku zapříčiněnými aplikací hnojiva dochází.

7 Diskuze

Přímým vlivem hnojení do depa na výnosotvorné prvky a celkový výnos se zabývalo jen velmi málo prací. Většina dostupných vědeckých prací je věnována vlivu hnojení do depa na tvorbu a architekturu kořenového systému a růst biomasy. Wei et al, 2015 se ve svém dvouletém pokusu věnovali porovnání vlivu hloubky hnojení na výnos u řepky olejné, maximálně však do hloubky 150 mm. Gulham et al., 2004 porovnávali v jednoletém pokusu vliv aplikace hnojiva povrchově a do depa na výnos pšenice. Rozdíl ve výnosu byl $0,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Na pokusech pšenice jarní i ozimé, tam kde bylo hnojivo aplikováno do depa, se přístupnost fosforu a hlavně dusíku v pozdějších stádiích růstu projevila na zvýšené hmotnosti tisíce semen a výsledném výnosu.

Na parcelách pšenice jarní hnojených do depa bylo dosaženo celkového hektarového výnosu $7,15$ a $7,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (v závislosti na dávce hnojiva), což je o $0,25$ a $0,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ vyšší výnos než u parcel hnojených povrchově. Na základě výsledků (tabulka 16) provedeného Tukeyova testu lze konstatovat, že mezi variantami povrchově hnojených parcel (dávka $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a hnojiva aplikovaného do depa (dávka $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) bylo v hektarovém výnosu dosaženo statisticky významného rozdílu.

U pšenice ozimé bylo dosaženo výnosu $9,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což je oproti části hnojené povrchově o $0,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ vyšší výnos. Nami dosažené výsledky poloprovozního pokusu potvrzuje práce Gulhama et al., 2004, kteří dosáhli podobných výsledků. Rozdíl ve výnosu u poloprovozního pokusu může být zapříčiněn větším rozdílem v půdní zásobenosti vybraných částí pozemků. Na základě výsledků (tabulka 21) provedeného Tukeyova testu lze konstatovat, že mezi variantami povrchově hnojené části pozemku (dávka $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a hnojiva aplikovaného do depa (dávka $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) bylo v hektarovém výnosu dosaženo statisticky významného rozdílu.

Porovnáváním vlivu hloubky aplikace hnojiva na výnos cukrové řepy se ve své práci zabývali Stevens et al., 2011. Dusíkaté hnojivo bylo ale aplikováno pouze jen do hloubky 120 mm. Aplikace hnojiva byla ve spojení s technologií zpracování půdy StripTill. V rámci

dvouletého pozorování bylo dosaženo mezi hloubkou aplikace 250 mm a 120 mm rozdílu 100 g na bulvu ve prospěch aplikace hnojiva do hloubky 125 mm.

V rámci této diplomové práce porosty cukrové řepy na pokusných parcelách dosahovaly sníženého hektarového výnosu (okolo 50 t.ha⁻¹) oproti odhadovanému průměru v České republice, který byl za rok 2014 77,8 t.ha⁻¹. Tento rozdíl ve výnosech byl zapříčiněn pozdním termínem setí pokusů, který proběhl v rámci pokusů až 19. 4. 2014, tzn. zhruba měsíc od prvního setí, které bylo v loňském roce již na počátku dubna.

Příjem živin cukrovou řepu je na počátku vegetace pozvolný, větší množství živin přijímá až od počátku června. Právě tento fakt se pravděpodobně projevil na zlepšených výnosotvorných prvcích a výnosu u parcel hnojených do depa. Rostliny v pozdějším stádiu růstu měly potřebné živiny snadno přístupné z depa, a to zejména fosfor, který si cukrová řepa hůře osvojuje. Přístupnost živin v průběhu vegetace se pozitivně projevila na hmotnosti bulv, celkovém výnosu a velmi vysoké cukernatosti. Na základě výsledků (tabulka 27) provedeného Tukeyova testu lze konstatovat, že mezi variantami povrchově hnojených parcel a parcel hnojených do depa bylo dosaženo statisticky významného rozdílu v hektarovém výnosu.

Hmotnost bulv u variant hnojených do depa byla v průměru 500,9 a 511,6 g (v závislosti na dávce hnojiva), to je o 31,45 g a 39,77 g více než u povrchově aplikovaného hnojiva.

Výsledky potvrzují tvrzení Bischoff et al., 2012, že cukrová řepa reaguje na hnojení do depa lépe než pšenice. Pro agronomicky hodnotnější závěry by bylo nutné provést víceleté porovnání, aby byly k dispozici výsledky i z více a méně klimaticky příznivých ročníků.

V rámci obou parcelových pokusů nejlepších výsledků dosáhly parcely s hnojivem umístěným do depa a dávkou 200 kg.ha⁻¹ viz graf 6 a 7. Na základě těchto krabicových grafů lze říci, že při aplikaci Amofosu do depa je výhodnější aplikovat hnojivo ve větší dávce.

8 Závěr

Aplikace hnojiva do depa je moderní technologií, která je zaváděna do praxe. V rámci této diplomové práce byl porovnáván vliv hnojení do depa na výnosotvorné prvky a výnos u pšenice jarní, ozimé a cukrové řepy.

Nejllepších výsledků u této technologie bylo dosaženo u pokusů cukrové řepy, kdy byl výnos parcely hnojené do depa vyšší o 6,4 t.ha⁻¹ než na kontrolní parcele a o 5,17 a 5,9 t.ha⁻¹ než u parcel hnojených povrchově s dávkami 100 kg.ha⁻¹ a 200 kg.ha⁻¹. U výnosotvorných prvků bylo dosaženo rozdílu ve prospěch parcel hnojených do depa zejména u hmotnosti bulev a cukernatosti.

Parcely pšenice jarní hnojené do depa dosáhly zvýšeného výnosu o 0,96 a 1,04 t.ha⁻¹ než kontrolní parcely a o 0,17 a 0,33 t.ha⁻¹ než parcely hnojené povrchově. Vliv hnojení do depa bylo možné pozorovat i na zvýšené hmotnosti tisíce semen.

U poloprovozního pokusu pšenice ozimé bylo dosaženo rozdílu v hektarovém výnosu o 0,61 t. Dále bylo dosaženo rozdílu 2,01 g u hmotnosti tisíce semen ve prospěch části hnojené do depa.

Na základě těchto dosažených výsledků z jednoletého pozorování lze doporučit ověření tohoto způsobu aplikace hnojiva v dalších letech a dále aplikaci dalších hnojiv.

Seznam literatury

BAIER, J. – BAIEROVÁ, V. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Praha: Statní zemědělské nakladatelství, 1985, 364 s.

BALÍK, J. – ČERNÝ, J. – PAVLÍKOVÁ D. *Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotravních porostů: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012, 34 s. ISBN 978-80-213-2330-8.

JONES, J. *Agronomic handbook: management of crops, soils, and their fertility*. Vyd. 1. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2003, 450 s. ISBN 08-493-0897-6.

BISCHOFF, J. – HERMANN, W. – BAUER B. *Strip-Till: Mit Streifen zum Erfolg*. Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 2012, 120 s. ISBN 978-3-7690-2011-3.

BRANT, V. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. – KROUHLÍK, M. – ZÁBRANSKÝ, P. – PIVEC, J. – CHYBA, J. Zakládání porostů ozimé řepky do širších řádků pomocí technologie diferencovaného zpracování půdy. *Agromanuál*. 2014, č. 5, s. 3.

BRANT, V. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. – KROUHLÍK, M. – ZÁBRANSKÝ, P. – CHYBA, J. Podzimní a jarní vývoj porostů řepky ozimé při využití technologie striptill. *Agromanuál*. 2014, č. 8, s. 2.

BUREŠOVÁ, V. – SOCHOR, J. Vliv použití hnojiv v technologii podkořenového hnojení. *Úroda*. 2007, č. 2.

DREW, M.C. Comparison of the effects of localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 1975, č. 75, s. 13.

GULHAM, Y. – YASSEN, M. – MEHBOOB, I. – AHMAD, N. Effect of Phosphorus Application Methods on P use Efficiency and Yield of Wheat. *Journal of Agricultural Research*. 2004, č. 42.

HŮLA, J. – PROCHÁZKOVÁ B. – a kol. *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: ProfiPress, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

KLEMENT, V. *Bulletin oboru agrochemie, půdy a výživy rostlin.: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd.* Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2006. XIV.

KOVAŘÍČEK, P. – ZELENÁ, L. – VLÁŠKOVÁ, M. *Perspektivní technologické postupy a stroje pro hnojení.* Vyd. 1. V Praze: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998, 58 s. Mechanizace. ISBN 80-710-5176-4.

KUMHÁLA, F. – HEŘMÁNEK, P. – MAŠEK, J. – KVÍZ, Z. – HONZÍK, I. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu.* Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.

RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – VAVERA, R. Zakládání porostů obilnin s aplikací hnojiva k osivu. *Agromanuál.* 2010, č. 5, s. 3.

STEVENS, W.B. et al Sugarbeet Productivity as Influenced By Fertilizer Band Depth and Nitrogen Rate in Strip Tillage. *Journal of Sugar Beet Research.* 2011, July-Dec., s. 18.

WEI, S. – BO, L. – XIAOWEI L. – XIAOKUN L. – REN, T. – CONG, R. Effect of depth of fertilizer banded placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape. *European Journal of Agronomy.* roč. 2015, č. 62.

ŠNOBL, J. – PULKRÁBEK, J. *Základy rostlinné produkce.* Vyd. 2., přeprac. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2005, 172 s. ISBN 978-80-213-1340-8.

TESAŘ, S. – VANĚK, V. a kol. *Výživa rostlin a hnojení.* Praha: VŠZ Praha, 1992, 151 s. ISBN 80-85467-99-2.

VANĚK, V. *Výživa polních a zahradních plodin.* Praha: ProfiPress, 2007, 167 s. ISBN 978-808-6726-250.

ZITTA, M. – VOSTAL, J. *Obecná fytotechnika.* 2., upr. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, c1999, 239 s. ISBN 978-802-1305-243.

Internetové zdroje

CRS - MARKETING S.R.O. 2015. *Laminátové cisterny od firmy Annaburger jsou lehké a odolávají agresivním látkám* [online]. 2015 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.crs-marketing.cz/produkty/aplikacni-cisterny-na-kejdu#fotogalerie>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Portál ČHMÚ : Historická data :*

Počasí : Územní srážky: Český hydrometeorologický ústav. [online]. 2015 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z:

http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_srazky.

FRÍD, M. – VÁVRA, V. *Stroje pro hnojení - výukový text.* Jihočeská univerzita České Budějovice, 2013, 43 s. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf

GÜSTROWER L-M-B GMBH & CO.KG. *Güstrower L-M-B GmbH&Co.KG - Products: Injection technology GFI* [online]. 2015 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: .

<http://www.guestrower-lmb.de/html/cms/index.php/en/products>

HORSCH MASCHINEN GMBH. *Der Spezialist für die Streifenbearbeitung.*

Bodenbearbeitung, präzise Düngung und Aussaatverbinden. Horsch Maschinen GmbH.

[online]. 2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:

<http://www.horsch2.com/de/produkte/saemaschinen/streifenbearbeitung/focus-td/>

KÖCKERLING GMBH & CO. KG. *Köckerling - Der Spezialist für Saat und Boden.*

Köckerling Master [online]. 2012 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:

<http://www.koeckerling.de/de/produkte/bodenbearbeitung/master/bilder.html>

MALINA, V. Hnojení do hloubky. *HORSCH Landwirtschaft aus Leidenschaft* [online].

2013 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: [http://www.horsch.com/german/g-](http://www.horsch.com/german/g-index.php?id=1131&action=news_cz)

[index.php?id=1131&action=news_cz](http://www.horsch.com/german/g-index.php?id=1131&action=news_cz)

Veřejný registr půdy LPIS. *Český LPIS* [online]. 2004 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z:
<http://lpis.cz/>

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vhodnost jednotlivých forem hnojiva pro ukládání do půdy (Malina, 2013)..	14
Tabulka 2 - Průměrné roční teploty a srážky v období 2009-2012 a 2014 (Český hydrometeorologický ústav, 2015).	29
Tabulka 3 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Před kravínem".....	32
Tabulka 4 - Schéma založeného parcelového pokusu pšenice jarní na půdním bloku „Před kravínem“.....	32
Tabulka 5 - Vedení porostu pšenice jarní na půdním bloku "Před kravínem".	33
Tabulka 6 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Velena".....	34
Tabulka 7 - Schéma založeného parcelového pokusu cukrové řepy na půdním bloku „Velena“.....	34
Tabulka 8 - Vedení porostu cukrové řepy na půdním bloku "Velena".....	35
Tabulka 9 - Schéma založeného poloprovozního pokusu pšenice ozimé na půdním bloku „Štejnarka“.....	36
Tabulka 10 - Výsledky rozborů půdní zásobenosti půdního bloku "Štejnarka".....	37
Tabulka 11 - Vedení porostu pšenice ozimé na půdním bloku "Štejnarka".	38
Tabulka 12 - Počet klasů na m ² [ks], parcelový pokus - pšenice jarní	39
Tabulka 13 - Počet zrn v klasu [ks], parcelový pokus - pšenice jarní	40
Tabulka 14 - HTS [g], parcelový pokus - pšenice jarní.....	40
Tabulka 15 - Výnos zrna [t.ha ⁻¹], parcelový pokus - pšenice jarní.....	41
Tabulka 16 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - pšenice jarní	42
Tabulka 17 - Výsledky parcelového pokusu pšenice jarní.	42

Tabulka 18 - Počet rostlin na m ² [ks], parcelový pokus - cukrová řepa	43
Tabulka 19 - Hmotnost bulvy [g], parcelový pokus - cukrová řepa	43
Tabulka 20 - Výnos [t.ha ⁻¹], parcelový pokus - cukrová řepa	44
Tabulka 21 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - cukrová řepa.....	45
Tabulka 22 - Výsledky parcelového pokusu - cukrová řepa.	45
Tabulka 23 - Počet klasů na m ² [ks], poloprovozní pokus - pšenice ozimá	46
Tabulka 24 - Počet zrn v klasu [ks], poloprovozní pokus - pšenice ozimá	46
Tabulka 25- HTS [g], poloprovozní pokus - pšenice ozimá.....	46
Tabulka 26 - Výnos zrna [t.ha ⁻¹], poloprovozní pokus - pšenice ozimá.....	46
Tabulka 27 - Tukeyův HSD test, proměnná Výnos - pšenice ozimá.....	47
Tabulka 28 - Výsledky parcelového pokusu - pšenice ozimá.	47

Seznam obrázků

Obrázek 6 - Aplikace tekutých statkových hnojiv pomocí radličkového kypřiče do půdy (CRS - Marketing s.r.o., 2015).	7
Obrázek 7 - Aplikace minerálního hnojiva na strniště pomocí neseného rozmetadla.....	8
Obrázek 8 - Uložení hnojiva pod patu (Horsch Maschinen GmbH, 2013).	9
Obrázek 9 - Přesný secí stroj John Deere umožňující uložení hnojiva pod patu.....	10
Obrázek 10 - Přihnojování porostu řepky olejné samojízdným postřikovačem.....	11
Obrázek 11 - Aplikace tekutého dusíkatého hnojiva metodou CULTAN na trvalých travních porostech (Güstrower L-M-B GmbH & Co.KG, 2015).	12
Obrázek 12 - Umístění hnojiva do depa (Horsch Maschinen GmbH, 2013).....	13
Obrázek 13 - Vliv umístění hnojiva na rozvoj kořenové struktury rostliny (Bischoff et al., 2012).	19
Obrázek 14 - Vliv umístěných živin do depa na architekturu kořenové struktury (Drew, 1975).....	20
Obrázek 15 - Vliv umístění hnojiva na rozvoj kořenové struktury rostliny (Bischoff et al., 2012).	21
Obrázek 16 - Hlubkový kypřič se zásobníkem pro aplikaci hnojiva do depa.	22
Obrázek 17- Aplikační koncovky za radlicemi pro dvouúrovňovou aplikaci hnojiva (Horsch Maschinen GmbH).....	23
Obrázek 18 - Uskupení pracovních orgánů secího stroje umožňující aplikaci hnojiva do depa a zároveň pod patu. (Horsch Maschinen GmbH).....	23
Obrázek 19 - Secí stroj Köckerling Master umožňuje výsev obilovin i širokořádkových plodin. (Köckerling GmbH & Co. KG)	24

Obrázek 20 - Odběr vzorků z plochy 0,25 m ²	27
Obrázek 21 - Laboratorní vyhodnocení vzorků, počítadlo semen a přesné váhy.....	27
Obrázek 22 - Souprava pásového traktoru, zásobníku a dlátového kypřiče při zakládání pokusných parcel.	30
Obrázek 23 - Poloha půdního bloku "Před kravínem" u Městce Králové (Veřejný registr půdy LPIS).	31
Obrázek 24 - Poloha půdního bloku "Velená" u obce Opočnice (Veřejný registr půdy LPIS).....	33
Obrázek 25 - Poloha půdního bloku "Štejnarka" mezi obcemi Nový a Stříhov (Veřejný registr půdy LPIS).....	36

Seznam grafů

Graf 1 - Dynamika odběru živin cukrovou řepou (Vaněk, 2007).....	3
Graf 2 - Dynamika odběru živin kukuřicí při výnosu 6 – 7 t zrna/ha (Vaněk, 2007).....	4
Graf 3 - Dynamika odběru živin řepkou olejnou (Vaněk, 2007).....	4
Graf 4 - Dynamika odběru živin ozimou pšenicí a nárůst sušiny (Vaněk, 2007).....	5
Graf 5 - Dynamika odběru živin jarní pšenicí a nárůst sušiny (Vaněk, 2007).	6
Graf 6 - Krabicový graf výnosu, pšenice jarní.....	41
Graf 7 - Krabicový graf výnosu, cukrová řepa	44
Graf 8 - Krabicový graf výnosu, pšenice ozimá.	47