

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Vliv aplikace hnojiva Alzon do porostu pšenice ozimé na  
výnos a kvalitu zrna**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jan Knotek**

**Obor studia: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Pavel Cihlář, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv aplikace hnojiva Alzon do porostu pšenice ozimé na výnos a kvalitu zrna" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11.4.2019

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Cihlářovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, za pomoc a rady při jejím zpracování a přátelský přístup.

# Vliv aplikace hnojiva Alzon do porostu pšenice ozimé na výnos a kvalitu zrna

## Souhrn

Diplomová práce se zabývá vlivem aplikace vybraných hnojiv na výnos a kvalitu pšenice ozimé. K vypracování byla použita odrůda pšenice ozimé Tobak. Porost byl založen 27.9.2017. Varianty byly zaměřeny na aplikaci různých hnojiv pod patu při setí, a aplikaci hnojiva Alzon ve fázi regeneračního hnojení. Pokus měl 6 variant a každá varianta byla ve 4 opakováních.

Během vegetace byly také aplikovány herbicidy dle požadavků na pšenici ozimou. K pokusu byly zvoleny hnojiva Lovostart GSH, CornStarter NPK a Amofos která byla aplikována pod patu při setí. Dále ve fázi regeneračního hnojení bylo použito hnojivo Alzon, nebo LAD, produkční hnojení bylo provedeno pouze u 1 varianty a u všech variant bylo ve fázi kvalitativního hnojení provedeno hnojení LAD. Varianta číslo 6 sloužila jako kontrola, proto zde nebylo provedeno žádné hnojení v průběhu vegetace. Pokus probíhal na pozemcích pokusné stanice v Červeném Újezdu ve Středočeském kraji, která se nachází v nadmořské výšce 401 m.n.m. v řepařské výrobní oblasti.

Varianta	Hnojení pod patu	Regenerační hnojení	Kvalitativní hnojení
1	LovostartGSH NP 6-28+7S 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)	LAD 54 kg N/ha (2q)
2	CornStarter NPK 15-20- 10+1,5Zn 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)	LAD 54 kg N/ha (2q)
3	AMOFOS – 100 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)	LAD 54 kg N/ha (2q)
4		ALZON 104 kg N/ha (4q)	LAD 54 kg N/ha (2q)
5		LAD 54 kg N	Produkční hnojení DASA 54 kg N   LAD 27 kg N LAD 27 kg N
6	-	-	-

V pokusu jsme sledovaly tyto kvantitativní a kvalitativní znaky - výnos semen, hmotnost tisíce zrn, obsah N látek, obsah škrobu, objemová hmotnost, počet klasů na m<sup>2</sup> a počet zrn v klase. Výsledky významný nárůst výnosu nezaznamenaly, ale potvrdily jsme, že hnojením se zvýší výnos pšenice ozimé skoro o polovinu. Rozdíly mezi jednotlivými hnojivy prakticky nebyly. Nepotvrdilo se tedy, že by hnojení pod patu při setí zvyšovalo výnos pšenice i její kvalitativní parametry. Potvrdilo se, že produkční hnojení zvýší počet zrn v klasu.

**Klíčová slova:** pšenice ozimá, dusík, hnojení, výnos, Alzon

# Influence of application of Alzon fertilizer application to winter wheat growth on yield and grain quality

## Summary

The thesis deals with the effect of application of selected fertilizers on yield and quality of winter wheat. The winter wheat variety Tobak was used for the production. The vegetation was established on 27<sup>th</sup> September 2017. Variants were aimed at applying different fertilizers under the heel during seeding and applying Alzon fertilizer in the regeneration fertilization phase. The experiment had 6 variants and each variant was in 4 reps.

During the vegetation, herbicides were also applied according to winter wheat requirements. For the experiment, fertilizers Lovostart GSH, CornStarter NPK and Amofos were selected which were applied under the heel during seeding. Furthermore, Alzon or LAD fertilizer was used in the regeneration fertilization phase for all variants, LAD fertilization was carried out in the phase of qualitative fertilization. Option 6 served as a control, so no fertilization was performed during vegetation. The experiment took place on the grounds of the experimental station in Červený Újezd in the Central Bohemian Region, which is located at an altitude of 401 m above sea level in the beet industry.

Variant	Under Fertilisation of	Regeneration fertilization		Qualitative fertilization
1	LovostartGSH NP 6-28+7S 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)
2	CornStarter NPK 15-20- 10+1,5Zn 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)
3	AMOFOS – 100 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)
4		ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)
5		LAD 54 kg N	Production fertilization DASA 54 kg N   LAD 27 kg N	LAD 27 kg N
6	-	-		-

In the experiment we observed the following quantitative and qualitative features - seed yield, thousands of grains, N content, starch content, bulk density, ear count per m<sup>2</sup> and grain size in the ear. The results did not show a significant increase in yield, we confirmed that fertilization will increase the yield of winter wheat by almost half, but the differences between the individual fertilizers did not appear. Thus, it was not confirmed that fertilization under the heel during sowing would increase wheat yield and quality parameters. It has been confirmed that production fertilization will increase the number of grains in the ear.

**Keywords:** winter wheat, nitrogen, fertilization, yield, Alzon

## Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
3.1 Pšenice obecná .....	10
3.1.1 Charakteristika .....	10
3.1.2 Klimatické podmínky.....	11
3.1.3 Založení porostu .....	12
3.1.4 Setí a zařazení do osevního postupu.....	13
3.2 Hnojení a výživa obecně.....	14
3.3 Hnojení a výživa dusíkem.....	16
3.4 Nitrátová směrnice .....	22
3.4.1 Uplatnění nitrátové směrnice v podmínkách České republiky .....	23
3.5 Močovina .....	26
3.5.1 Působení močoviny v půdě.....	27
3.5.2 Hnojení močovinou .....	28
3.6 Inhibitory.....	29
3.6.1 Inhibitory nitrifikace.....	29
3.6.2 Inhibitor ureázy.....	32
<b>4 CÍL PRÁCE A METODIKA</b> .....	<b>34</b>
4.1 Cíl práce.....	34
4.2 Metodika .....	34
4.2.1 Agrotechnické operace.....	35
4.2.2 Charakteristika pokusné stanice .....	35
4.2.3 Klimatická charakteristika.....	36
4.2.4 Půdní podmínky .....	36
4.2.5 Hydrologické a geomorfologické poměry.....	37
4.2.6 Průběh počasí .....	37
<b>4.3 Charakteristika pokusného materiálu</b> .....	<b>39</b>
4.3.1 Použitá odrůda.....	39
4.3.2 Použitá hnojiva.....	39
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>40</b>
5.1 Výnos zrna .....	40
5.2 Hmotnost tisíce zrn (HTZ).....	41
5.3 Obsah N látek .....	43

5.4	Obsah škrobu.....	44
5.5	Objemová hmotnost .....	45
5.6	Počet klasů na m <sup>2</sup> .....	47
5.7	Počet zrn v klasu .....	48
<b>6</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>50</b>
6.1	Výnos zrna .....	50
6.2	Hmotnost tisíce zrn (HTZ).....	50
6.3	Obsah N látek .....	51
6.4	Obsah škrobu.....	51
6.5	Objemová hmotnost .....	52
6.6	Počet klasů na m <sup>2</sup> .....	52
6.7	Počet zrn v klasu .....	52
<b>7</b>	<b>STANOVISKO K HYPOTÉZÁM.....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>DOPORUČENÍ PRO PRAXI: .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>55</b>
	Seznam grafů.....	63
	Seznam tabulek.....	64
	<b>Příloha č. 1.: Meteorologické údaje na VS Červený Újezd – vegetace 2017/2018.....</b>	<b>65</b>

## 1 Úvod

Pšenice ozimá patří mezi světově významnou plodinu. Její produkce ve světě byla v letech 2016/2017 celkem 754,1 mil. tun. Největším světovým pěstitelem pšenice je právě Evropská unie, která vyprodukovala 143,3 mil. tun zrna. Dále mezi světové producenty patří Čína (128,9 mil. tun), Indie (86,0 mil. tun), Rusko (71,0 mil. tun), USA (62,9 mil. tun), Kanada (31,0 mil. tun), Austrálie (28,3 mil. tun), Ukrajina (26,5 mil. tun), Argentina (17,6 mil. tun) a Kazachstán (17,0 mil. tun) (Kůst & Záruba 2018).

V České republice se zrniny pěstovaly v roce 2017, celkem na 1 397,3 tis. ha což, je 56,5 % celkové osevní plochy. Pšenice ozimá z toho zaujímá 785,4 tis. ha což je 58,1 % a řadí ji tím pádem na první místo z našich pěstovaných plodin. S republikovým výnosem 5,77 t/ha v porovnání se světem, který má výnos 3,4 t/ha ukazuje, že se v České republice pšenici daří (Kůst & Záruba 2018).

Pšenice má široký záběr využití ať zrna, slámy nebo celých rostlin. Zrno pšenice má využití především jako potravinářská komodita, která po dalším zpracování je využita k výrobě těstovin, pečiva a dalších pekařských výrobků. Poté krmné účely jako glycidové krmivo hospodářským zvířatům, dále jako produkce osiva, které nám zajistí produkci v následujícím roce a technické využití především výroba lihu. Slámu využijeme jako podestýlku nebo krmivo hospodářských zvířat, nebo slouží jako palivo ve speciálních kotelnách na biomasu. Celé rostliny slouží pouze ke krmným účelům.

Mezi základní prvky při výživě pšenice je dusík, který ovlivňuje jak výnos, tak kvalitu. V posledních letech s ohledem k životnímu prostředí se zpřísňuje dohled nad hnojením jak minerálními tak statkovými hnojivy. Při špatném hnojení dusíkem mohou nastat dva problémy a to proplavení do spodních (podpovrchových) i povrchových vod a dále vytěkání do ovzduší jako oxidy dusíku. Škodlivosti těchto negativních jevů si jsou všichni vědomi a proto jak na úrovni legislativní, kdy už dnes máme nařízení vlády č. 262/2012 Sb. tzv. "nitratovou směrnici", která upravuje podmínky, za jakých lze hnojiva aplikovat a skladovat. A výrobci hnojiv, kteří v posledních letech přichází na trh s inhibitory, které zpomalují procesy přeměny jednotlivých forem dusíku a rostliny jsou schopny je lépe využít.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **Hypotézy:**

Při použití hnojiva Alzon, lze sloučit regenerační a produkční dávku hnojení N do jedné aplikace.

Při použití hnojiva Alzon, bude dosaženo stejných nebo lepších výnosů zrna pšenice než při aplikaci hnojiv LAD a DASA.

Při použití hnojiva Alzon bude dosaženo stejných nebo lepších kvalitativních parametrů zrna pšenice než při aplikaci hnojiv LAD a DASA.

### **Cíl práce:**

Cílem diplomové práce bude ověřit účinek hnojiv Lovostar GSN NP, CornStarter, Amofos aplikovaných pod patu a hnojiva Alzon v termínu regeneračního hnojení. Hodnocen bude růst a vývoj rostlin, počet rostlin na jednotku plochy a výnosotvorné prvky u pšenice ozimé odrůdy Tobak.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Pšenice obecná

#### 3.1.1 Charakteristika

Pšenice je jednou z nejstarších kulturních plodin. Začátky jejího pěstování jsou spojeny se vznikem zemědělství. Je pravděpodobně nejstarší obilninou využívanou člověkem. Vznik pšenice seté *Triticum aestivum* L. se předpokládá asi 5 800 let před Kristem v oblasti Středního východu. Rozhodující vlastností byla možnost sklizené obilky skladovat, vytvářet zásoby, přenést je a vysévat na jiném místě, a tak přežít. Proces zkulturnění se uskutečňoval změnou řady znaků a vlastností (dvacetkrát se zvětšily obilky, vzrostla listová plocha, zpomalilo se stárnutí horní části rostliny a prodloužilo se období plnění obilek. Omezilo se nadměrné odnožování a migrace živin do kořenů. Hlavně se však změnila tvorba a distribuce asimilátů, ve prospěch hospodářsky významných orgánů - obilek). To bylo v současné době umocněno ještě vyšlechtěním krátkostébelných odrůd (Petr et al. 1997).

Pšenice (*Triticum*) je rod jednoděložných rostlin z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) s přibližně dvaceti druhy. Zahrnuje jak šlechtěné tak planě rostoucí druhy. Hlavní jsou dva druhy: pšenice obecná (respektive obyčejná) a pšenice tvrdá (Špaldon et al. 1986). Rostlina se skládá ze zárodku, kořene, listu, stébla, klasu, květu a obilky (Foltýn 1970).

Pšenice ozimá je v České republice jedna z nejrozšířenějších pěstovaných plodin na orné půdě. Patří mezi nejstarší obilniny a je považována za základ ve výživě člověka. V České republice i v zahraničí se jedná o plodinu, kterou zařazujeme v žebříčku pěstování na první místo (Carver 2008). Plní funkci jak potravinářské, tak i krmné suroviny (Zimolka et al. 2005).

Podle údajů Českého statistického úřadu zaujímala 744 843 ha ploch evidovaných pro sklizeň 2018, což představuje cca 50 % ploch obilnin pěstovaných v ČR (Prokinová 2018). Z celkového množství orné půdy je ozimá pšenice pěstována na přibližně čtvrtině. Patří mezi tzv. tržní komodity, které pozitivně ovlivňují ekonomiku většiny zemědělských podniků. Je pěstována prakticky ve všech výrobních oblastech (Křen 2001). Důvody určité stabilní výměry pěstování spočívají především ve výnosové jistotě (Kůst 2010).

### 3.1.2 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky a průběh počasí v rozhodující míře ovlivňuje výnosy, kvalitu a zdravotní stav porostů pšenice. Je obilninou teplejších a převážně sušších agroklimatických podmínek, tedy spíše kontinentálního klimatu (Petr et al. 1997).

Technologická jakost pšeničného zrna je ovlivněna řadou přírodních činitelů. K nejvýznamnějším klimatickým faktorům řadíme teplotu, vlhkost, sluneční svit a úhrn srážek (Špaldon et al. 1986). Průběh počasí během roku ovlivňuje výkyvy výnosů více než půdní podmínky, předplodiny, odrůdy či např. hnojení. V kukuřičné a řepařské oblasti jsou výnosy ovlivňovány spíše množstvím srážek během vegetace, zatímco ve zbývajících oblastech průběhem teplot v rozhodujících fázích růstu a průběhem počasí při sklizni (Faměra 1993).

Pro naše podmínky se uvádí tepelná suma v kukuřičné a řepařské oblasti od 2 300 °C do 2 800 °C, v bramborářské oblasti 1 960 °C až 2 250 °C. Klíčit začíná pšenice při teplotě 3 °C až 4,5 °C, ale růstové procesy v rostlinách začínají při 6 °C (Petr et al. 1997). Nároky na teplotu se v průběhu vegetačního období značně rozlišují, hůře snáší mrazy (-20 °C až -25 °C). Vyšší teploty obzvláště nepříznivě působí na nedostatek vody v půdě (Špaldon et al. 1986). To lze ovlivnit velikostí kořenového systému, což může vyústit i ve vysoké zachycení živin, vody a tím se zvýší nadzemní biomasa a výnos obilí (Ayat et al. 2010). Pšenici na jaře také škodí střídání vysokých denních a nízkých nočních teplot (Špaldon et al. 1986).

V České republice se ozimá pšenice pěstuje ve všech výrobních podmínkách, které však značně působí na výši dosahované produkce i na její kvalitu. Z hlediska vhodnosti půdně-klimatických podmínek pro dosahování potravinářské kvality pšenice lze území rozdělit do čtyř oblastí:

1. Oblast s velmi dobrými podmínkami,
2. oblasti s převážně vyhovujícími podmínkami,
3. oblasti s převážně nevyhovujícími podmínkami,
4. oblasti s nevhodnými podmínkami (Zimolka et al. 2005).

Stanoviště a ročník ovlivňují výši hospodářského výnosu přibližně z 25 %. Počasí v jednotlivých ročnících zvyšuje výnosovou variabilitu větší měrou než půdní typ a půdní druh, přestože pšenice ozimá se z pěstovaných obilnin vyznačuje vyšší náročností na půdní podmínky (Zimolka et al. 2005). Nejvyšších výtěžků ale dosahuje, když je počasí téměř

normální, nebo mírně chladnější. (Thompson 1975) Slaběji vyvinutý kořenový systém vyžaduje půdy strukturní, hlubší, hlinité a jílovitohlinité s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,2 - 7,0), dobře zásobené živinami. Nevhodné jsou půdy extrémní, písčité, kyselé a trvale zamokřené. Důležité jsou i půdy s dobrou vodní kapacitou, která napomáhá k překlenutí přísušků s ohledem na celkově dlouhou vegetační dobu pšenice (Zimolka et al. 2005). Vodní režim rostlin, převážně výpar ovlivňuje kyselina abscisová (Sauter et al. 2001). Jedním z hlavních výnosových prvků je i odnožování, které je velmi závislé na rozdílech mezi druhy, ale i mezi odrůdami. Závisí též na půdních a povětrnostních podmínkách, dostupnosti živin, půdní vláze, době setí, organizaci porostu (Lipavský 2000). Ve vhodných podmínkách může její výnos dosáhnout okolo 9 t/ha (Faměra 1993).

### **3.1.3 Založení porostu**

Z hlediska půdních vlastností jsou pro pšenici nejvhodnější půdní typy černozemě, pravé i degradované, hnědozemě, rendziny, s pH neutrálním. Snáší i půdy slabě kyselé a slabě alkalické. Z hlediska půdních druhů jsou nejvhodnější půdy střední až hlinité, nebo hlinito-jílovité, které mají vyrovnaný poměr vody a vzduchu v půdě a mají dobrou půdní strukturu a dobrou biologickou činnost (Diviš et al. 2010).

Základem pro zajištění optimálních podmínek pro klíčení a vzházení osiva je dobrá příprava seťového lůžka. Jeho spodní část by měla být dostatečně utužena, čímž se zajistí pravidelná hloubka setí i dostatečný přístup vody k osivu. Naopak zemina nad osivem musí být dostatečně kyprá, aby umožnila vzházení rostlin (Paleček 2003).

Porost se zakládá výsevkem určitého počtu klíčivých obilek. Optimální rozmezí je nejčastěji 400 - 500 obilek. Během klíčení, vzházení, přezimování a v dalším období počet rostlin ubývá. Největší vliv má na redukci rostlin jistě průběh počasí, výskyt škodlivých činitelů, ale též chyby v agrotechnice. Výchozím stavem pro tvorbu výnosu je optimální počet rostlin na plošné jednotce, který by měl v běžných podmínkách pěstování pšenice být na jaře 250 - 350 na 1m<sup>2</sup> (Petr et al. 1997).

### 3.1.4 Setí a zařazení do osevního postupu

Pšenice je sice nejrozšířenější obilninou, má široký areál pěstování, ale s ohledem na ekonomicky příznivé výsledky pěstování je třeba definovat optimální podmínky pro její pěstování tj., kde lze dosáhnout nejvyšší výnosy s požadovanou jakostí potravinářskou, průmyslovou a krmnou, kde je třeba nejméně nákladů, nebo kde jsou vklady nejlépe využity (Petr et al. 1997).

Ze všech obilnin je nejnáročnější na předplodinu, neboť ta podstatně mění půdní prostředí a vlastnosti důležité jak pro růst rostlin, tak pro tvorbu výnosu a jeho kvalitu. Při výběru předplodiny je nutno zohlednit podmínky výrobní oblasti, požadavky odrůd a konečné využití produkce. Nejlepšími předplodinami jsou jeteloviny, luskoviny, olejnin (ozimá řepka), okopaniny a zeleniny - organicky hnojené plodiny. Zastoupení obilnin ve struktuře plodin a vysoký podíl pšenice nevyklučuje pěstování ozimé pšenice po obilninách (Zimolka et al. 2005). Zařazení po obilnině ale zvyšuje výskyt houbových chorob a škůdců, také zhoršuje výnosovou kvalitu pšenice (Faměra 1993).

Výsledky pokusů i zkušenosti praxe potvrzují, že se u nich podílí předplodina významně na výnosu. Vyššími dávkami průmyslových hnojiv nelze tuto vhodnou předplodinu zcela nahradit, zvláště v méně příznivých ekologických podmínkách (Stach 1995). Příjem živin i jejich konečný odběr sklizní ozimé pšenice je značně závislý na půdních a povětrnostních podmínkách, intenzitě růstu, dosaženém výnosu i pěstované odrůdě (Vaněk et al. 2007).

Ozimou pšenicí lze v našich podmínkách vysévat už v první dekádě září. V tom případě, za splnění optimálních parametrů setěvého lůžka, upřednostňujeme nízký výsevek s 2,5 až 3 MKS/ha. Výše výsevku se stupňuje úměrně s opožděním termínu setí, a to od průměrného 3,5 až 4,5 MKS/ha až do vysokého 5,5 až 6 MKS/ha. Výše výsevku a termín výsevu významně ovlivňují architekturu porostu i konečný výnos. Proto je třeba při stanovení výsevku zohlednit vedle termínu setí, odrůdových zvláštností a osivových hodnot (čistota, klíčivost) i stanovištní (půdní a klimatické) podmínky (Zimolka et al. 2005).

Základním pěstitelským cílem je dosažení maximálního výnosu v požadované kvalitě. V případě nadprodukce bude o konečné realizaci na trhu rozhodovat právě kvalita, která se stále více stává určujícím kritériem pro stanovení ceny. Tvorba výnosu i jeho kvality je mimo jiné ovlivněna také výživou (Gutschick & Kay 1995).

### 3.2 Hnojení a výživa obecně

Vliv hnojení na výnos může být rozdílný, neboť půdní podmínky a průběh počasí v jednotlivých letech výrazně ovlivňují tvorbu výnosu (Benjamin et al. 2003). Nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě představují dusík s uhlíkem. Mají rozhodující postavení ve všech živých soustavách a značný vliv na životní prostředí (Vaněk et al. 2007).

Pšenice je nejnáročnější obilninou na živiny a na hnojení reaguje značným přírůstkem výnosu. Základem je přiměřená zásoba živin v půdě ve vyrovnaném poměru. To se děje hnojením fosforečnými, draselnými, hořečnatými a vápenatými hnojivy podle zjištěné zásoby živin v půdě a očekávaného (plánovaného) výnosu (Petr et al. 1997). Obilniny (kromě kukuřice) koření poměrně mělce, mají bohatou kořenovou síť. Většina kořenů je soustředěna v ornici nebo v hloubce do 40 cm. Tím je také ovlivněna osvojovací schopnost obilnin pro živiny, která je výrazně nižší než u okopanin a bobovitých píceň. Jsou však i výrazné rozdíly v osvojování živin mezi jednotlivými druhy obilnin. Z klasických obilnin má vysokou osvojovací schopnost pro živiny žito, následuje oves, dále pšenice a nejhůře si osvojuje živiny ječmen (Vaněk et al. 2007).

Hlavní podíl živin nezbytných pro růst a vývoj rostlina přijímá z půdy prostřednictvím kořenového systému. Příjem živin listem má svá specifika a ne vždy se po aplikaci hnojiva živiny do listu dostanou (Zimolka et al. 2005). Příjem živin je limitován nedostatkem vláhy, nebo naopak přebytkem, kdy se některé živiny vyplavují, průběhem počasí, přípravou půdy, způsobem zapravení hnojiv, ale též zakořeněním rostlin a schopností přijímat živiny (Petr et al. 1997).

Nejefektivněji se projevuje na úrodě i kvalitě zrna dusíkatá výživa, přehnojení však způsobuje nebezpečí nadměrného zahuštění porostu, polehání apod. (Špaldon et al. 1986). Síra neovlivňuje pouze kvantitu, ale i nutriční hodnotu produkovaného zrna pšenice a hraje také významnou roli ve formování ukazatelů jeho pekařské jakosti (Zimolka et al. 2005).

Ozimou pšenicí řadíme mezi plodiny se střední potřebou živin. Na 1 tunu zrna, odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá v průměru 25 kg dusíku (N), 5 kg fosforu (P), 20 kg draslíku (K), 2,4 kg hořečniku (Mg), 4 kg síry (S). Pšenice začíná svůj vývoj již v obilce při klíčení, kdy dochází vlivem enzymatické činnosti k rozkladu složitých organických látek na látky jednoduché, které zárodek (embryo) využívá pro svůj růst. Na chemickém složení

obilky závisí tvorba kořenového systému a přechod rostlin na výživu z půdy. Významnou úlohu pro zajištění optimálního růstu a vývoje pšenice v podzimním období má obsah přístupných živin v půdě (Zimolka et al. 2005). Správná výživa, vyvážená v množství i v poměru živin, blahodárně působí na mohutnější rozvoj kořenové soustavy a přiměřený rozvoj nadzemní hmoty (Špaldon et al. 1986). Nedostatek živin omezuje růst rostlin a svým dopadem ovlivňuje záporně tvorbu výnosových prvků a řadu kvalitativních parametrů (Zimolka et al. 2005).

Z pohledu předplodinové hodnoty roste v současné době také význam olejnin. Při zaorávce rozdrčených posklizňových zbytků řepky, máku, ale i slunečnice můžeme příznivě zlepšit živinný režim půd. Bilance organických zbytků, zanechaných na pozemku po předplodině, bývá často velmi problematické a také jejich chemické složení se může značně lišit v závislosti na konkrétních půdních podmínkách, úrovni výživy, průběhu povětrnosti v době dozrávání, zdravotním stavu atd. Proto je vhodné v rámci tzv. managementu posklizňových zbytků stanovit nejenom jejich množství, ale také chemickou analýzou zjistit jejich kvalitu (Zimolka et al. 2005).

Ve sklizených produktech obilniny odčerpávají z půdy poměrně velké množství živin. V zrnu je hlavním exportním prvkem dusík a fosfor. Draslík je soustředěn převážně ve slámě a jeho obsah se může značně měnit podle povětrnostních podmínek ke konci vegetace, proto jeho velká část zůstává na pozemku nebo se vrací v organických hnojivech (Vaněk et al. 2007).

Podpovrchová aplikace hnojiv omezuje ztráty volatilizací, a to již při hloubce 5 cm (Fenn & Miyamoto 1981). Hnojivo, které je umístěno pod vrstvu rostlinných zbytků, zabraňuje ztrátám imobilizací díky tomu, že je omezen kontakt hnojiva, půdních mikroorganismů a rozkládaných zbytků (Malhi et al. 2001).

### 3.3 Hnojení a výživa dusíkem

Výživa dusíkem sehrává významnou roli. V případě deficitu dusíku dochází k omezení tvorby nadzemní biomasy a ke změně poměru mezi kořeny a nadzemní hmotou ve prospěch kořenů (Gutschick & Kay 1995).

Základem plánu hnojení je určení celkové potřeby dusíku rostlinami potřeby požadovaného výnosu na daném stanovišti a potřebné kvality produkce. Do bilance je nutné započítat dusík dodaný statkovými hnojivy, včetně zapravených vedlejších produktů předplodiny (např. řepný chrást) a posklizňových zbytků leguminóz (obsah symbioticky fixovaného vzdušného dusíku). Stanovená dávka dusíku v minerálních hnojivech je jen celkově plánovaná, orientační dávkou. Tuto dávku podle okolností zpravidla dělíme na více dílčích dávek, s přihlédnutím k vlastnostem stanoviště, průběhu počasí a vývoje porostu (Dostál et al. 2004).

Vliv dusíkaté výživy se může projevit pouze tehdy, je-li dostatečně hnojeno i ostatními živinami. Rostliny pšenice by neměly strádat po celou dobu vegetace živinami, tak aby byla zajištěna maximální tvorba sušiny. V průběhu vegetace můžeme provést přihnojení prakticky všemi živinami. K živinám, které můžeme během vegetace aplikovat i v tuhých hnojivech, patří síra. Zatímco hnojení draslíkem a fosforem směřujeme k základnímu hnojení, síru můžeme aplikovat nejlépe v kombinaci s dusíkatým hnojením (Zimolka et al. 2005).

Základem soustavy hnojení dusíkem je dělení dávek během vegetace, aby se podpořil přiměřený růst a hlavně tvorba jednotlivých prvků výnosu. Právě podle tohoto cíle nazýváme jednotlivé dávky (Petr et al. 1997). Hlavním ukazatelem pro volbu dávky jsou výsledky agrobiologické kontroly porostu po zimě (počet rostlin na m<sup>2</sup>, počet odnoží, zdravotní stav a jeho vývoj) a obsah N<sub>min</sub> v půdě (Zimolka et al. 2005).

Pro vyrovnanou bilanci dusíku v půdě, který odčerpají rostliny sklizněmi, musíme pravidelně doplňovat hnojivy. V ČR se v průměru používá 76,6 – 86,4 kg N na ha zemědělské půdy a rok v minerálních hnojivech a 20,2 – 32,5 kg N na ha zemědělské půdy a rok ze statkových hnojiv (Klír 2006).

Pevná forma dusíku je nejstabilnější a nejvíce zastoupena v celkové bilanci N na Zemi. Litosféra obsahuje necelých 98 % celkového množství N, zbylá 2 % N jsou obsažena v atmosféře a pouze velmi málo N je obsaženo v hydrosféře a biosféře (Stanford 1982).



V případě nedostatku dusíku je narušena proteosyntéza, u obilnin dochází k redukcí výnosotvorných prvků, zrna má nízkou hmotnost a výrazně zhoršené technologické parametry, mouka pšenice získaná semletím zrna je pekařsky slabá, což se projevuje negativně v kvalitě výrobku (Šíp et al. 2000). Jak uvádí Branlard et. al. (1991), je to právě obsah bílkovin a jejich kvalita, která má úzký vztah k ostatním parametrům kvality zrna pšenice.

Předseťové základní hnojení dusíkem se nedělá pravidelně, ale jen v případě nevhodných předplodin - obilnin, kdy lze předpokládat malý obsah dusíku v půdě na podzim. Také se používá po zaorávce slámy, nebo zeleného hnojení, ale častěji se uplatňuje v suchých oblastech, kde není nebezpečí vyplavení během zimy a naopak brzo na jaře mají rostliny pohotově dusík pro regeneraci (Petr et al. 1997).

Největší množství dusíku bezprostředně využitelného pro výživu rostlin je obsaženo v půdě. Celkový jeho obsah se pohybuje v hodnotách od 0,05 % do 0,3 % ( t.j na ha od 1 500 do 9 000 kg N). Největší část dusíku je obsažena ve formě organické – rostlinám nepřístupné (Richter et al. 2002) a pouze 1 % – 2 % z celkového dusíku se nachází v minerální formě ( $N_{min}$ , tj. 15 – 180 kg N.ha<sup>-1</sup>. V průměru se hodnoty  $N_{min}$  pohybují v rozpětí od 8 do 20 mg N.kg<sup>-1</sup> zeminy (tj., podle specifické hmotnosti zeminy od 30 do 80 kg N.ha<sup>-1</sup>) (Richter & Hlušek 2003).

Významná část dusíku je vázána v aromatických jádrech huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučeninách v půdě. Organický dusík se dělí na lehce hydrolyzovatelný a těžce hydrolyzovatelný. Určitá část hydrolyzovatelného dusíku: aminokyseliny, amidy, aminocukry podléhá mineralizaci až na  $N_{min}$  ( $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ), který může být rostlinou využitý k výživě (Balík et al. 1997). Množství tohoto lehce hydrolyzovatelného dusíku, který se v průběhu vegetace mineralizuje, činí podle Balíka et al (1997), Bieleka (1998) od 60 do 160 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.

V podzimním období přijímají rostliny ozimé pšenice relativně málo živin a přes zimu se jejich příjem úplně zastavuje. Podíl odebraného dusíku na podzim není vyšší než 12 % z celkového odběru, a proto aplikovat vysoké dávky dusíku před setím je zbytečné a neekologické. Odběr dusíku se zvyšuje na jaře, kdy rostliny po zimě musí obnovit biomasu. Do začátku sloupkování rostliny přijmou v průměru asi 40 % N a intenzita jeho odčerpání roste až do konce kvetení, kdy odebere dalších 30 % této živiny. Po odkvětu se požadavky

roślin na dusík relativně snižují, poněvadž ten se přemisťuje z ostatních částí rostliny do tvořícího se zrna. Na konci vegetace je v zrna nahromaděno až 75 % dusíku. Využití N na tvorbu zrna je často v našich podmínkách negativně ovlivňováno nízkým obsahem fosforu, draslíku, hořčíku a síry (Zimolka et al. 2005).

Nitrátová forma dusíku je v půdě velmi mobilní a rostlina ji přijímá při teplotě nad 5 °C. Dusík z hnojiv, která obsahují pouze tuto formu prakticky nevolatilizuje (u ledku vápenatého 0 %, u dusičnanu amonného 1 - 3 %, u DAM 390 8 %). V půdě je tato forma poutaná pouze biologickou sorpcí a to cca z 10 % – 20 %. V rostlině musí být nitrát před jeho zabudováním přeměněn na  $\text{NH}_4^+$ . Redukce nitrátů na amoniak je pro rostlinu tak důležitá jako redukce a asimilace  $\text{CO}_2$  ve fotosyntéze. U většiny rostlin jsou kořeny a nadzemní části rostlin místem redukce nitrátů. Kořeny mohou redukovat přijatý nitrát z 5 - 95 %. Platí zásada, že při nízké úrovni  $\text{NO}_3^-$  výživy převládá redukce v kořenech. Při zvyšující se intenzitě nitrátové výživy je kapacita pro redukci  $\text{NO}_3^-$  v kořeni omezená a rozhodující význam má jeho translokace do nadzemních částí. Translokaci  $\text{NO}_3^-$  pozitivně ovlivňuje draslík a redukce se zvyšuje s teplotou a stářím rostliny (Hunter et al. 1982). Nedostatek nitrátů nebo přerušení  $\text{NO}_3^-$  výživy v kořenové zóně vede ke snížení aktivity nitrátoreduktázy v listech a stéblech a v důsledku toho se zvyšuje obsah nitrátů v nadzemních částech (Blom-Zandstra & Lampe 1983).

Regenerační hnojení se považuje za nejvýznamnější přihnojení, pro regeneraci a založení základního prvku výnosu, počtu klasů plošnou jednotku. I zde se osvědčuje pro vyměření regenerační dávky stanovit si obsah minerálního dusíku v půdě. V praxi se obvykle pohybuje v rozmezí 30 - 45 kg, při pozdním otevření jara až 60 kg na 1 ha. Při vyšší dávce se může rozdělit na dvě aplikace, zejména při časném otevření jara. Včasné přihnojení přináší vyšší výnosy (Petr et al. 1997).

Pro transport N z kořenů do nadzemních částí jsou potřebné sloučeniny bohaté na N s poměrem C : N vyšším než 0,4 (Streeter 1979). Proto je nezbytným předpokladem pro nastartování rychlého růstu u ozimů vytvoření optimálních výživných podmínek. Na pozemcích, kde byla vyhovující až dobrá zásoba fosforu, draslíku, hořčíku a vhodné pH (stanoveno dle Melicha III při AZP), je nutné zajistit u rostlin rychlý rozvoj kořenového systému s následnou obnovou nadzemní biomasy. Z těchto důvodů provádíme regenerační hnojení. S hnojením začínáme brzy na jaře. V žádném případě by hnojivo nemělo být aplikováno na sníh (pokrývka vyšší než 50 mm) a na promrzlou půdu (hloubka promrznutí

nad 80 mm) nebo půdu přesycenou vodou. Při aplikaci můžeme využít ranních mrazíků, které přechodným zpevněním půdy umožní snadnější pohyb pozemní aplikační techniky a menší poškození porostu. Ve zranitelných oblastech musíme dodržovat aplikační omezení (Zimolka et al. 2005).

Produkční dávka N se stanovuje podle stavu porostu, podle výšky použité regenerační dávky, podle předplodiny, charakteru odrůdy a objektivněji opět podle obsahu  $N_{\min}$ , nebo podle anorganických rozborů rostlin. Tato dávka dusíku podporuje produktivitu klasu, tj. počet obilek v klasu. Může se dělit a druhou část posunout do sloupkování, což má vliv i na hmotnost obilek. Obvykle se pohybuje od 20 do 60 kg na 1 hektar (Petr et al. 1997).

Chemická analýza rostlin a posouzení obsahu přístupných živin v půdě s ohledem na konkrétní povětrnostní vlivy nám umožní usměrnit výživu tak, aby pěstování pšenice bylo ekonomicky efektivní (Zimolka et al. 2005).

V případě pozdního přihnojení např. pro potravinářskou pšenici nebo množitelské porosty se používají LAV a LV. Pozdní přihnojení dusíkem se s větším efektem uplatní na půdách lehkých a středních, protože ty bývají dusíkem zpravidla hůře zásobeny. Nemusí to být ale vždy pravidlem, protože i na půdách těžkých byly zaznamenány deficiencie dusíku při nadměrných srážkách, vysoké odběry dusíku předplodinami, nevyváženou bilancí živin při úzké specializaci osevního sledu a také z důvodu sucha, což bývá často velmi aktuální záležitost (Baier et al. 1988). Dávka dusíku se pohybuje nejvýše do 30 kg N. Pozdní přihnojení, aplikované před metáním významně podpoří počet obilek a jejich hmotnost. Pozdní přihnojení po vymetání před květem podpoří obsah dusíkatých látek v obilkách a zvýší se obsah mokrého lepku. Podmínkou účinnosti pozdního přihnojení je dostatek vláhy a zdravý porost (Petr et al. 1997).

Při nedostatku dusíku v půdním prostředí se jeho obsah v rostlině silně snižuje. Rostliny se slabě vyvíjejí, porosty jsou na pohled nevyrovnané, se světlými listy. Podle stupně nedostatku N se mění barva listů od bledě zelené po žlutou. V době odnožování se snižuje počet odnoží, vegetační vrchol je krátký, redukuje se počet stébel, klas je krátký s malým počtem zrn. Zrno má nízkou hmotnost a výrazně zhoršené technologické parametry. Mouka získaná semletím zrna je pekařsky slabá, což se negativně projevuje v kvalitě hotového výrobku (Zimolka et al. 2005).

Následuje-li pšenice po obilnině a jsou-li posklizňové zbytky předplodiny zaorány, musíme pro jejich lepší rozklad upravit poměr C : N. Doporučená dávka se pohybuje v rozmezí 8 - 10 kg na 1 tunu slámy. Ve zranitelných oblastech, tj. tam, kde platí nařízení vlády č. 103/2003 Sb. (nitrátová směrnice), nesmí celková dávka dusíku aplikovaného od 1. 7. do začátku zákazu hnojení překročit 40 kg N/ha v minerálních hnojivech nebo 80 kg N/ha v hnojivech s rychle uvolnitelným dusíkem (poměr C : N pod 10, kejda, močůvka, Betalig). Upravujeme-li tedy poměr C : N pro lepší rozklad posklizňových zbytků, jsme tímto limitováni. V kapalné formě nelze takto hnojiva aplikovat na slámu luskovin, máku a řepky (Zimolka et al. 2005).

Vedle procesů, které zajišťují a obohacují vstupy přijatelného dusíku pro rostliny, dochází však také k jeho ztrátám denitrifikací, volatilizací, vyplavováním a erozí. Ztráty dusíku denitrifikací jsou způsobeny tím, že z nitrátů vznikají NO, N<sub>2</sub>O nebo N<sub>2</sub> a to činí ročně 20 - 30 kg.ha<sup>-1</sup>. Intenzita denitrifikace je závislá na obsahu vody v půdě, provzdušení půdy, půdní kyselosti, teplotě půdy. Dusík, pokud se dostane do větší hloubky než 0,8 m, je pro výživu rostlin ztracen a představuje vážné nebezpečí pro zhoršení kvality podzemních vod (Kummer et al. 2003).

Další významný zdroj dusíku je organická hmota v půdě. Organická hmota je ve většině ekosystémů hlavní zdroj dusíku v jeho koloběhu. Organické formy N jsou však většinou pro rostliny nepřijatelné a dusík je zpřístupňován až rozkladnými procesy organické hmoty. Zde má význam především mineralizace a nitrifikace. Kromě toho může být na přijatelné formy N částečně využíván vzdušný N při fixaci mikroorganismy. Významnější je v našich podmínkách fixace symbiotickými bakteriemi (v symbióze s bobovitými rostlinami), v porovnání s fixací volně žijícími mikroorganismy v půdě (Růžek et al. 2006).

Hlavní podíl dusíku je v organických dusíkatých sloučeninách (biomasa mikrobů, metabolity organismů žijících v půdě, rostlinné a živočišné zbytky, stabilní organické sloučeniny apod.), jejichž dusík je až na výjimky rostlinám nedostupný. Z celkového množství N jsou pouze 1 % až 2 % rostlinám dostupné ve formách amonné (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), a nitrátové (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), souhrnně označovaných jako minerální dusík (N<sub>min</sub>). Nejvíce přístupného dusíku se běžně nalézá v ornici, kde se dusík uvolňuje mineralizací organických látek (Růžek et al. 2006).

Dusík je nepostradatelnou živinou, a to nejen pro rostliny, ale pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů. Patří k základním stavebním prvkům nejdůležitějších sloučenin živé hmoty – bílkovin (Vaněk et al. 2007).

V koloběhu dusíku můžeme v půdě pozorovat dva rozdílné procesy. Je to mineralizace organických látek, při které vznikají minerální formy dusíku ( $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ ), tedy formy přijatelné pro rostliny, a naopak imobilizace, kde je minerální dusík (především  $\text{NH}_4^+$ ) vázán do organických sloučenin, hlavně těl mikroorganismů (Vaněk et al. 2007).

Rostlinami přijatý minerální dusík postupně využívají ke tvorbě organických dusíkatých sloučenin. Zatímco  $\text{NH}_4^+$  mohou rostliny bezprostředně využít k syntéze aminokyselin, nitrátový dusík musí být nejprve převeden (redukován) na amonný dusík. Poruchy příjmu dusíku rostlinami se projeví narušením metabolismu, omezením růstu, snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce. Zjevné jsou i změny v zabarvení rostlin jako důsledek omezené tvorby chlorofylu, nebo jeho odbourávání ve starších listech (Vaněk et al. 2007).

### 3.4 Nitrátová směrnice

V roce 1991 byla přijata Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů, tzv. „nitrátová směrnice“. Přípravě a přijetí této směrnice v EU předcházelo zjištění, že zemědělství patří k nejvýznamnějším znečišťovatelům vod dusičnany, které v nadměrném množství poškozují životní prostředí a ohrožují zdraví obyvatelstva. Bylo prokázáno zvýšení koncentrací dusičnanů v povrchových a podzemních vodách používaných pro získávání pitné vody, zejména v oblastech s intenzivním zemědělstvím (Klír et al. 2018).

Cílem je snížit znečištění vod a předcházet dalšímu takovému znečištění, a to zejména pro zajištění dostatku kvalitní pitné vody. Čistá, nezávadná voda je nezbytná pro lidské zdraví, spokojený život i pro přírodní ekosystémy, a proto je ochrana kvality vod jedním z pilířů evropské politiky ochrany životního prostředí. Vodní zdroje nejsou vázány na státní hranice, a tak je při ochraně vod před znečištěním nezbytné prosazovat celoevropský přístup. Dusík je sice nezbytnou živinou napomáhající růstu rostlin a hospodářských plodin, jeho vysoké koncentrace však škodí člověku i přírodě (Klír & Kozlovská 2012).

Mezi požadavky nitrátové směrnice patří: stanovení znečištěných a ohrožených vod, vytvoření monitoringu jakosti povrchových a podzemních vod a monitoring účinnosti akčního programu. Na základě monitoringu jakosti a posouzení eutrofizace vymezit zranitelné oblasti. Pro hospodaření v těchto oblastech sestavit a zavést akční program, což je soubor povinných opatření, které musí zemědělství podnikatelé hospodařící ve zranitelných oblastech plnit. Ten podléhá přezkoumání a případným úpravám nejdéle ve čtyřletých intervalech. Provádět osvětu a stanovit zásady správné zemědělské praxe, což jsou obecná pravidla, jak hospodařit, aby nedocházelo k nadměrnému zatěžování veškerých vod dusičnany (Dostál et al. 2004).

Nitrátová směrnice požaduje, aby monitoring povrchových vod byl prováděn jednou měsíčně minimálně po dobu jednoho roku za čtyřleté období v reprezentativních místech pro určování zemědělského znečištění. Dále provádět monitoring vždy za účelem revizí zranitelných oblastí a také pro zjišťování účinnosti prováděných opatření – akčních programů (Klír et al. 2018).

### **3.4.1 Uplatnění nitratové směrnice v podmínkách České republiky**

V České republice je Směrnice Rady 91/676/EHS implementována do třech národních předpisů: Zákon č. 254/2001 Sb., NV 113/2018 Sb., o vodách (v § 33 vodního zákona), Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., NV 27/2018 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu a Zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb., NV č. 61/2017 Sb..

Pro upřesnění formulací a za účelem jednoznačného výkladu těchto předpisů jsou vydány certifikované metodiky pro praxi. Při novelizaci zákonů dochází k jejich aktualizaci.

Mezi certifikované metodiky patří:

#### **Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech (2. ed.)**

V roce 2018 aktualizovaná metodika obsahuje nejen požadavky na hospodaření ve zranitelných oblastech, ale i obecně platná doporučení v oblasti výživy rostlin a hnojení, využitelná i mimo zranitelné oblasti.

#### **Metodika řádného způsobu uložení hnoje na zemědělské půdě (2. ed.)**

Obecně platná metodika aktualizovaná v roce 2017 obsahuje základní pravidla pro ukládání hnoje na zemědělské půdě, včetně příkladů zpracování havarijního plánu s využitím údajů z LPIS, a dále pak legislativní požadavky platné po celém území i zvláštní požadavky pro zranitelné oblasti.

#### **Metodika pro používání technologických vod na zemědělské půdě (2. ed.)**

Obecně platná metodika, aktualizovaná v roce 2017. Uceleným způsobem podává potřebné informace a praktická doporučení k problematice vzniklé v roce 2014 zařazením technologických vod ze zemědělského provozu mezi pomocné látky podle zákona o hnojivech.

#### **Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech (2. ed.)**

V metodice jsou přehledně popsány jednotlivé požadavky hospodaření 4. akčního programu nitratové směrnice pro období 2016 – 2020, schváleného vládou ČR za účelem omezení ztrát dusíku vyplavením dusičnanů do povrchových a podzemních vod, snížení rizika eutrofizace povrchových vod i omezení přenosu dusičnanů do okolních států vodami odtékajícími z území České republiky.

Čtvrtý akční program nitrátové směrnice na období 2016 – 2020 přinesl důležitou změnu nastavení limitů hnojení dusíkem na daném zemědělském pozemku podle tří výnosových hladin u polních plodin a podle různé úrovně dosahovaných výnosů u zeleniny (Klír et al. 2018).

Akční program se vztahuje na fyzické nebo právnické osoby, které provozují zemědělskou výrobu ve zranitelných oblastech, používají a skladují hnojiva a jsou zapsány do evidence podle zákona o zemědělství. Opatření se vztahují pouze k zemědělským pozemkům nacházejícím se ve zranitelných oblastech. Výjimkou je limit použití 170 kg organického dusíku v průměru na 1 ha, který se i u zemědělského podnikatele hospodařícího jen částečně ve zranitelné oblasti hodnotí na celé výměře. Stejně tak se na celý podnik vztahuje i požadavek na potřebné skladovací kapacity (Klír & Kozlovská 2012).

Mezi hlavní kritéria revizí zranitelných oblastí patří koncentrace dusičnanů. Nové oblasti se vymezují tam, kde je koncentrace dusičnanů nad 50 mg/l, nebo je stoupající trend koncentrace dusičnanů nad 40 mg/l. Na vymezení nových oblastí má vliv také eutrofizace (Klír & Kozlovská 2012).

Přezkoumání vymezení zranitelných oblastí provádí Ministerstvo životního prostředí. Pokud v oblasti, která byla vymezena jako zranitelná, došlo k výraznému poklesu koncentrací dusičnanů v povrchových i podzemních vodách až na úroveň pod 25 mg/l, trend v dlouhodobě sledovaných profilech byl klesající a ani v krátkodobě sledovaných profilech nebo odběrech vod nebyly zaznamenány vyšší koncentrace dusičnanů, mohla být taková oblast vyřazena ze zranitelných. Další ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů v těchto oblastech zajistí dostatečně i Zásady správné zemědělské praxe, které jsou platné pro celé území České republiky (Klír et al. 2018).

### **Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů**

Zásady stanovují požadavky na zemědělskou činnost a další doporučení s cílem omezit úniky dusičnanů do povrchových a podzemních vod. Respektování zásad, stanovujících opatření nad rámec obecně závazných právních předpisů, je doporučeno všem hospodařícím subjektům. Patří sem tyto zásady:

- období nevhodná ke hnojení,



- používání hnojiv a statkových hnojiv na svažitéch pozemcích,
- používání hnojiv a statkových hnojiv na podmáčených, zaplavených, promrzlých nebo sněhem pokrytých pozemcích,
- podmínky pro používání hnojiv a statkových hnojiv v blízkosti povrchových vod,
- skladování statkových hnojiv a objemných krmiv,
- používání hnojiv a statkových hnojiv,
- hospodaření s půdou a omezování doby bez rostlinného pokryvu,
- plány hnojení a evidence o používání hnojiv a statkových hnojiv,
- postupy při zavlažování (Dostál et al. 2004).

Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů

### **Postupy hospodaření pro efektivní využití dusíku a snížení jeho ztrát**

Dusičnany jsou hlavními zdroji plošného znečištění vod ze zemědělství. Do vod vyplavované dusičnany nemusí pocházet přímo z minerálních hnojiv, ale často vznikají v půdě postupnou přeměnou dusíkatých organických látek. Zdrojem tvorby dusičnanů v půdě mohou být zvláště v podzimním období posklizňové zbytky a statková hnojiva (Dostál et al. 2004).

### 3.5 Močovina

Močovina je diamid kyseliny uhličité –  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Je to neutrální organická sloučenina s vysokým obsahem dusíku (více než 45 % N) ve formě anodické (Nasri et al. 2000). Jedná se o formu dusíku, která má své přednosti i nedostatky a úspěch při jejím použití závisí na znalosti problematiky a správném vyhodnocení podmínek při použití (Mráz 2013). Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitého a je v celosvětovém měřítku široce používaným hnojivem v zemědělství (Terman 1979; Watson et al. 1994).

Močovina je molekula bez náboje, která se neváže na sorpční komplex půdy a je vhodným zdrojem dusíku jak pro mikroorganismy, tak pro rostliny (Mráz 2013). Močovínový dusík vstoupí do rostliny buď přímo, nebo ve formě amoniaku nebo dusičnanu po degradaci močoviny (Byrnes & Freney 1995).

Močovina je granulované nebo priložené hnojivo, lehce rozpustné ve vodě a povrchově upravené proti spékavosti. Může být součástí vícesložkového hnojiva, v pevné i kapalné formě, k foliární výživě i jako součást pesticidů (Kiss et al. 2002; Knop et al. 1970). Močovina má menší tendenci k sloučení a kompaktnosti než dusičnan amonný, je méně korozivní než jiná dusíkatá hnojiva a je vhodná jako nosič pro množství herbicidů (Gould et al. 1986). Amidovou formu dusíku jsou rostliny schopné přijímat kořeny i listy (Knop 1971).

Zapravená močovina do půdy se štěpí urobakteriemi (enzym ureasa) na uhličitán amonný, který se snadno rozkládá na amoniak,  $\text{CO}_2$  a vodu. Intenzita rozkladu močoviny v půdě závisí na obsahu vody v půdě, teplotě půdy, půdním druhu a půdním typu, pH půdy, pěstovaných plodinách (Knop 1974).

Vytvořený amoniak je v půdě nitrifikačními procesy přeměňován na nitráty. Při běžné dávce N v močovíně je její přeměna ukončena během 1 – 3 dnů. Pouze na půdách kyselých (pH kolem 4) může podle Knopa (1974) tento proces trvat 15 i více dnů. Snížit aktivitu rozkladu enzymu ureasa lze pomocí inhibitoru ureasy.

Dusík močoviny je vhodným zdrojem N pro všechny polní plodiny, pokud obsahuje pod 2 % biuretu. V registru hnojiv je povolený obsah biuretu max. do 1,5 %. Vzhledem k tomu, že při aplikaci močoviny na povrch půdy, je nebezpečí ztrát dusíku těkáním čpavku (až 15 % z dodaného dusíku) je třeba při aplikaci vycházet z teploty vzduchu a průběhu počasí. Při teplotě nad 10 °C je močovina na půdě slabě kyselé až alkalické rychle rozkládaná ureázou až

na amoniak. Ten snadno volatilizuje, podle půdní vlhkosti je splavován do půdy a sorbován nebo fixován na sorpční komplex. Dále amoniak obsažený v půdním roztoku může být v závislosti na vnějších podmínkách nitrifikován na nitráty. Při teplotách pod 10 °C se močovina rozpouští pozvolněji a proniká do hlubších vrstev. Přitom může být přijímaná rostlinami ve formě celých molekul nebo vytvářet eventuálně komplexy s jílovými minerály (Richter & Hlušek 2006).

Rostlina může přijímat dusík z močoviny kořeny po jejím rozkladu ureázou na amoniak nebo ve formě nitrátu po jeho nitrifikaci. Za nižších půdních teplot dochází k inhibici až zastavení rozkladu a rozpuštěná močovina prosakuje do hlubších vrstev, kde může být kořeny přijímaná ve formě celých molekul. U řady rostlin je přijatá močovina rozkládaná ureázou až v rostlině. Aktivita ureasy se s postupujícím vývojem rostliny snižuje (Bollard 1959). Zabudování N z močoviny může probíhat i přímo a močovina může být zdrojem nejen N, ale i uhlíku. K těmto závěrům dospěli za pomoci  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  Kronzucker et al (1999), kteří uvádí, že začlenění močoviny se děje přes karbamidovou kyselinu přímo do aminokyseliny. Cooper et al (1976) našel při výživě rostlin močovinou výrazně vyšší obsah volných aminokyselin. To svědčí o rychlé inkorporaci dusíku močoviny do metabolismu rostliny.

### 3.5.1 Působení močoviny v půdě

Účinnost močoviny jako hnojiva ovlivňují mnohé faktory, např. půdní podmínky (provzdušnění půdy, vlhkost, biologická činnost, teplota, půdní reakce a obsah uhličitanu vápenatého), dále pěstované plodiny, dávka a doba použití močoviny, ostatní hnojiva a způsob zapravení do půdy (Knop 1974).

V nepřeměněné formě dobře proniká se srážkami ke kořenům rostlin a její hnojivý účinek je velmi rychlý. Je zpracovávána jak v původní formě, tak po přeměně na  $\text{NH}_4^+$ . Z agronomického pohledu je zásadní množství amonné formy ( $\text{NH}_4^+$ ), ta je důvodem, proč se močovina označuje jako „pomalé hnojivo“ a je příčinou vzniku ztrát pokud půda již nedokáže poutat vznikající amonný dusík biologickými a fyzikálněchemickými pochody (Mráz 2013).

Vysoké dávky močoviny mohou negativně ovlivňovat klíčivost semen. Močovina není vhodná na půdy extrémně těžké, biologicky málo činné a na půdy silně alkalické (Watson 2000).

Nicméně pokud nejsou močovina nebo dusíkatá hnojiva obsahující močovinu transportovány do půdy pomocí srážek u redukovaného zpracování půdy nebo orbou do 72 hodin, dochází ke ztrátám dusíku a účinnost příjmu dusíku močoviny se značně snižuje (Trenkel 1997).

### **3.5.2 Hnojení močovinou**

V zemědělství se močovina intenzivně používá jako dusíkaté hnojivo. Močovinný dusík vstupuje do rostliny buď přímo, nebo ve formě amoniaku nebo dusičnanu po degradaci močoviny půdními mikroby (Witte 2011). Hnojivo s pozvolně působící formou dusíku používáme k základnímu hnojení, tj. před setím, případně s ní přihnojujeme v době vegetace. Všude tam, kde není k dispozici DAM, je možné použít roztok močoviny k foliární výživě rostlin (Watson 2005).

Celosvětové užívání močoviny se za poslední čtyři desetiletí zvýšilo více než 100 krát, a nyní tvoří více než 50 % celosvětového používání dusíkatých hnojiv. Globální využití močoviny přesahuje zemědělské využití. Močovina se také značně používá v krmivech a ve výrobních procesech. Tato změna nastala, aby uspokojila celosvětovou potřebu potravin a účinnější zemědělství. Dlouho se předpokládalo, že jsou zachovány v půdě, nové údaje naznačují významnou pozemní přepravu močoviny do citlivých pobřežních vod (Gilbert et al. 2004).

Při aplikaci stabilizovaných hnojiv je vždy nutné vědět, jak jsou stabilizovaná a pro jaký účel nám mají sloužit. Pak se použití inhibitorů při správném použití projeví v dosažených výsledcích (Mráz 2013).

## 3.6 Inhibitory

Inhibitory ureasy a nitrifikace jsou známy jako stabilizátory dusíku. Mohou zvyšovat efektivnost dusíkatých hnojiv obsahujících amidickou, popřípadě amoniakální formu dusíku (Grant et al. 1996). Cílem inhibitorů je zpomalit průběh nitrifikace o několik týdnů, aby se uvolňování dusíku a přechod na nitráty přesunuly do fáze, kdy se dusík nejvíce využije. Účinnost závisí na konkrétních půdně-klimatických podmínkách (Balík 2007). Použitím inhibitoru dochází také k redukci poškození semen při klíčení a vzcházení a snížení potenciálu ohrožení životního prostředí nebezpečnými plyny (Trenkel 1997).

Přidávky inhibitorů nitrifikace, nebo ureázy je možné ovlivnit procesy přeměny a podíl jednotlivých forem N vznikajících z aplikované močoviny. Každý z nich však ovlivňuje chování močoviny v jiném směru, proto není možné zaměňovat močovinu s inhibitorem ureázy a močovinu s inhibitorem nitrifikace, každé hnojivo je vhodné pro jiné zásahy (Mráz 2013).

Inhibitory minimalizují ztráty dusíku prostřednictvím plyných emisí amoniaku do atmosféry a dusičnanů do povrchových a podzemních vod (Soares et al. 2012). Emisní amoniak z aplikace močoviny negativně ovlivňuje jak kvalitu životního prostředí, tak i lidské zdraví, a proto je žádoucí minimalizovat ztrátu dusíku vyplavováním amoniaku a zlepšit účinnost používání dusíku (Kang 2014).

Na českém trhu jsou dnes dvě stabilizované močoviny. Prvním hnojivem (močovinou) je ALZON® 46, které obsahuje inhibitor nitrifikace. Druhé hnojivo je UREA stabil obsahující inhibitor ureázy. Tyto hnojiva spolu s dalšími (bakteriální hnojiva, zlepšovače půdní struktury, regulátory růstu, aj.) řadíme mezi hnojiva nepřímá (Scheeffler 1994).

### 3.6.1 Inhibitory nitrifikace

Nitrifikace je proces, který v půdě přirozeně probíhá. Jde o oxidaci amonného dusíku, který se uvolní mineralizací organické půdní hmoty, nebo se dostane do půdy příslušným hnojivem. Na svědomí ji mají především autotrofní bakterie. Proces nitrifikace lze rozdělit do dvou stupňů. Prvním je nitrítace, podílejí se na něm především bakterie *Nitrosomonas*, *Nitrosospira* a *Nitrosocystis*, které mění amonnou formu na dusitany. Ty se při druhém stupni, nitrataci, mění na dusičnany. V této fázi je rozhodující bakterie *Nitrobacter* (Balík 2007).

Podle Fecenka a Ložka (2000) je nitrifikace je závislá na celé řadě podmínek, které ji ovlivňují a rozhodují o obsahu nitrátového dusíku v půdě. V biologicky činných půdách je ovlivňovaná: (Fecenko & Ložek 2000).

1) půdní kyselostí:

- a) při pH nad 7,6 se amoniak velmi rychle oxiduje,  $\text{NO}_2$  pomaleji,
- b) při pH 6,5 se amoniak a  $\text{NO}_2$  oxiduje pomaleji,
- c) při pH 5,0 se amoniak a  $\text{NO}_2$  oxiduje pomalu,
- d) při pH pod 5 se amoniak a  $\text{NO}_2$  oxiduje velmi pomalu,

2) teplotou:

- a) nad 45 °C se nitrifikace zastavuje,
- b) 20 – 30 °C je optimální teplota pro nitrifikaci,
- c) pod 5 °C se výrazně snižuje,
- d) 0 °C nitrifikace je zastavena,

3) půdní vlhkostí:

- a) 50 – 70 % plné vodní kapacity je optimum pro nitrifikaci,
- b) při 70 % se nitrifikace snižuje pro nedostatek  $\text{O}_2$ ,
- c) při 3 % PVK se nitrifikace zastavuje,

4) provzdušeností půdy:

- a) při poměru voda : vzduch, 60 % : 40 % nitrifikace je optimální,
- b) při snížení podílu vzduchu v půdě je brzděna (hromadí se více  $\text{NO}_2^-$ ).

Rychlost nitrifikace je možné ovlivňovat používáním inhibitoru nitrifikace k hnojivům, obsahujícím dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$  nebo  $\text{NH}_3$  (Fecenko & Ložek 2000).

Vyžaduje dostatek vzduchu v půdě a slabě kyselé až mírně alkalické prostředí (Vaněk et al. 2007). Inhibitory nitrifikace jsou aditiva, která zpomalují konverzi amoniaku na dusičnan v půdě a mohou snížit riziko vyluhování nebo denitrifikaci dusičnanů (Habibullah et al. 2017).

Tento inhibitor není primárně určen pro močovinu, ale pro hnojiva s obsahem  $\text{NH}_4^+$ . Ve spojení s močovinou není schopen pozitivně ovlivnit rychlost účinku a únik amoniaku (Mráz 2013). Omezíme-li nitrifikaci (aktivity nitrifikačních bakterií v půdě), snížíme obsah

nitratového dusíku v půdě, a tím omezíme ztráty vyplavením a denitrifikací (Balík 2007). To znamená zvýšení koncentrace  $\text{NH}_4^+$  a jeho sorpci na půdní částice. Omezuje se tvorba nitrátů ( $\text{NO}_3^-$ ) a tím jejich vyplavení (Mráz 2013). Zvyšujeme tak efektivnost využití dusíku dodávaného v hnojivu tak, aby byl maximálně přijímán rostlinou a pokud ne, tak aby byl co nejvíce zabudován do organických vazeb v půdě (Balík 2007).

Inhibitor nitrifikace se neosvědčil v teplém a suchém počasí, protože v důsledku zablokování přeměny amonného dusíku na nitrátový ve svrchní vrstvě půdy vzrostly ztráty únikem čpavku (Wollnerová –Pišánová & Růžek 2006). Pokud nejsou inhibitory nitrifikace spolu s hnojivy zapraveny do půdy bezprostředně po jejich aplikaci, mohou způsobit zvyšování volatilizace amoniaku (Trenkel 1997).

Vzhledem k poměrně rychlé nitrifikaci amonného dusíku vzniklého rozkladem močoviny přechází velká část dusíku močoviny na nitrátový dusík, který je dobře přijatelný rostlinami. Jeho vyšší obsah v půdě však může způsobit zvýšenou akumulaci nitrátu v rostlinách, být splaven do spodních horizontů, či denitrifikován, a proto byly vyvíjeny a jsou vyráběny inhibitory nitrifikace, které procesy nitrifikace výrazně omezují, a tím umožňují použít vyšší jednorázové dávky močoviny a lepší využití dusíku. V současné době je na trhu močovina pod označením Alzon 46 s přídatkem inhibitoru nitrifikace (směs dikyandiamidu a 1 H-2,2,4-triazolu). Tento inhibitor je také doporučován k omezení nitrifikace amonného dusíku kejdý (Vaněk et al. 2007)

### **3.6.1.1. ALZON® 46**

Jedním z hnojiv s inhibitorem nitrifikace je ALZON® 46, který váže amonný dusík v ornici a plodiny ho tak mají stále k dispozici. V závislosti na potřebách rostlin se z této zásobárny dusíku současně uvolňuje i nitrát, který rostliny využívají. Harmonické vyživování plodin jak amonným, tak nitrátovým dusíkem vede k vysokému využití živin. Důraz na amonný dusík zamezuje nežádoucí nadměrné konzumaci dusíku a napomáhá lepšímu růstu kořenů. ALZON® 46 prokazatelně snižuje ztráty způsobené ukládáním nitrátů v hlubších vrstvách půdy a uvolňováním plyných emisí, jako je např. rajsý plyn ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Lovochemie 2019).

### 3.6.2 Inhibitor ureázy

Ureáza je enzym produkovaný bakteriemi (především druhem *Helicobacter pylori*), který katalyzuje hydrolyzu močoviny na oxid uhličitý a amoniak (Dick 1984). Vyskytuje se v řadě organismů, včetně rostlin, hub, bakterií a některých obratlovců. V půdním prostředí tak zpřístupňuje dusík pro rostliny (Krajewska et al. 2005).

Jednou z vlastností ureázy je, že po odumření mikroorganismů a uvolnění obsahu jejich buněk do půdního prostředí zůstává po určitý čas aktivní (Mráz 2007). Ureáza má kromě činnosti rozkladné také aktivitu syntetickou, syntetizuje močovinu z uhličitanu amonného a karbamátu amonného (Kutáček & Králová 1971).

Pro omezení ztrát  $\text{NH}_3$  jsou vyvinuty inhibitory, které omezují aktivitu ureázy – zpomalují amonizaci močoviny (nedochází k vyšší akumulaci  $\text{NH}_3$  (Vaněk 2007). Mají široké uplatnění v zemědělství i klinické vědě (Wollnerová –Pišánová & Růžek 2006).

Inhibitory ureázy jsou tedy používány s cílem zvýšit využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami a omezit ztráty únikem amoniaku volatilizací, denitrifikací a vyplavováním nitrátů (Bremner 1995).

Inhibitor ureázy je určen pouze pro močovinu, případně hnojiva s vysokým podílem močoviny. Není schopen přímo ovlivnit vznik  $\text{NO}_3^-$ . Cílem jeho použití je omezit vlastnosti močoviny. Inhibitor ureázy ve spojení s močovinou podporuje rychlost účinku, tj. prodlužuje dobu, po kterou si aplikované hnojivo uchovává vlastnosti nepřeměněné močoviny (rychlá forma N). Hnojivo je schopné počkat určitou dobu na déšť, který zajistí prostup ke kořenům rostlin. To je podstata stabilního a rychlého účinku, který je podle víceletých zkušeností minimálně srovnatelný s hnojivy na bázi dusičnanu amonného (Mráz 2013).

Během transportu půdním profilem dochází k oddělení inhibitoru ureázy od močoviny, která pak může hydrolyzovat, čímž dochází k omezení rizika vyplavení močoviny mimo dosah kořenů rostlin (Růžek et al. 2006).

Randall et al. (1997) uvádějí, že snížení imobilizace dusíku z hnojiv u půdoochranných technologií můžeme dosáhnout podpovrchovou aplikací hnojiv. Tímto způsobem lze zvýšit využití dusíku z aplikovaných hnojiv až o 20 % oproti povrchové aplikaci. Použití inhibitoru ureasy umožňuje zvýšit dávky hnojiv v raných fázích vegetace rostlin a zároveň umožňuje podržení jejich účinku do období, kdy se počasí zlepší (Malhi et al. 2001). Grant a Bailey



(1999) uvádějí, že oddálení hydrolýzy močoviny pomocí inhibitorů ureasy zvyšuje šanci, že déšť posune močovinu do hlubších vrstev půdy dříve, než dojde k výrazným volatilizačním ztrátám.

Po dopadu močoviny na půdu je amidický dusík působením enzymu ureázy rychle přeměněn na amonnou formu. Použití inhibitoru ureázy se při suchém a teplém počasí projevuje pozitivně, nastává požadovaný efekt – zpomalení rozkladu na  $\text{NH}_4^+$ , a tím omezení jeho úniku či vázání do sorpčního komplexu půdy. Riziko ale nastává, pokud jsou vyšší teploty a sucho delší dobu. Dochází při něm totiž k jednak k úniku části dusíku ve formě amoniaku do ovzduší a jednak (a to je významnější nevýhoda) je vzniklý  $\text{NH}_4^+$  pevně poután v povrchové vrstvě půdy mimo dosah kořenů rostlin. Takto vázaný dusík je pro rostliny přístupný často až velmi pozdě, v závislosti na příchodu srážek a na následné nitrifikaci. Týká se to jakéhokoliv dusíku, který je ve formě  $\text{NH}_4^+$ , i z jiných hnojiv, nejen z močoviny (Wollnerová – Pišánová & Růžek 2006).

Na trhu je močovina s inhibitory ureázy označována jako močovina stabil (Vaněk et al. 2007). Toto hnojivo lze aplikovat přímo k osivu (Růžek et al. 2006).

Princip hnojiva UREA stabil je spojen s dočasným potlačením činnosti enzymu ureáza, který po kontaktu močoviny s půdou urychluje vznik amoniaku, který jako  $\text{NH}_3$  uniká do ovzduší nebo se sorbuje ve formě  $\text{NH}_4^+$  na půdní částice. Rozsah a směr těchto pochodů závisí na půdních podmínkách (půdní druh, obsah a složení organické hmoty, biologická aktivita atd.) a průběhu počasí. Hlavní předností hnojiva UREA stabil ve srovnání s běžně používanými minerálními dusíkatými hnojivy je velmi dobrá rozpustnost ve vodě a již po malém množství srážek (5 mm) transport nepolární molekuly močoviny ke kořenům rostlin. Je nutno zdůraznit, že NBPT (N-(n-butyl)- thiophosporictriamid) nezpůsobuje omezení činnosti mikroorganismů ani jejich počtu (bakteriostatický, příp. baktericidní účinek), ale pouze potlačení činnosti volné ureázy. NBPT ani meziproducty jejího rozkladu nejsou pro půdní mikroorganismy toxické, a proto ani hnojivo UREA stabil není pro mikroorganismy škodlivé (Mráz 2007).

## 4 Cíl práce a metodika

### 4.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo ověřit účinek hnojiv Lovostar GSN NP, Corn starter, Amofos aplikovaných pod patu a hnojiva Alzon v termínu regeneračního hnojení. Hodnocen byl růst a vývoj rostlin, počet rostlin na jednotku plochy a výnosotvorné prvky u pšenice ozimé odrůdy Tobak.

### 4.2 Metodika

Popis pokusu:

Velikost parcel je 15 m<sup>2</sup> brutto, a 11,250 m<sup>2</sup> netto. Pokus měl celkem 6 variant a každá varianta je ve čtyřech opakováních, založená metodou náhodných čtverců.

**Aplikační tabulka**

Varianta	Hnojení pod patu	Regenerační hnojení		Kvalitativní hnojení	
1	LovostartGSH NP 6-28+7S 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)	
2	CornStarter NPK 15-20-10+1,5Zn 130 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)	
3	AMOFOS – 100 kg/ha	ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)	
4		ALZON 104 kg N/ha (4q)		LAD 54 kg N/ha (2q)	
5		LAD 54 kg N	Produkční hnojení		LAD 27 kg N
			DASA 54 kg N	LAD 27 kg N	
6		-		-	

### **4.2.1 Agrotechnické operace**

- 15.8. 2017 - talířový podmítač (Rolmaco 3m)
- 1.9. 2017 - talířový podmítač
- 24.9. 2017 - radličkový kypřič SMS Rokycany (záběr 2,5 m)
- 27.9. 2017 - setí, výsevek 4MKS, odrůda Tobak + pod patu hnojení dle aplikační tabulky u variant 1 až 3
- 20.10. 2017 - aplikace herbicidu Bizon 1 l/ha
- 8.3. 2018 - regenerační hnojení dle aplikační tabulky
- 20.4. 2018 - 1. produkční hnojení pouze u varianty 5
- 27.4. 2018 - aplikace regulátoru Moddus 0,25 l/ha
- 7.5. 2018 - 2. Produkční hnojení pouze u varianty 5
- 22.5. 2018 - kvalitativní hnojení dle aplikační tabulky
- 22.5. 2018 - aplikace insekticidu Karate Zeon 0,1 l/ha
- 25.5. 2018 - aplikace fungicidu Boogie Xpro 1,2 l/ha
- 18.7.2018 - sklizeň pokusů

### **4.2.2 Charakteristika pokusné stanice**

Výzkumná stanice Červený Újezd byla otevřena v roce 1974 v okrese Praha-západ, cca 25 km od Prahy. Stanice byla založena jako pracoviště kateder fyto technických směrů agronomické fakulty Vysoké školy zemědělské. V současné době stanice slouží jako experimentální pracoviště kateder agroekologie a rostlinné produkce, agrochemie a výživy rostlin. Pro potřeby stanice bylo vyčleněno 30 hektarů orné půdy z pozemků Školního zemědělského podniku Lány. Plocha pokusů se pohybuje okolo 6 ha, ostatní jsou vyrovnávací plochy (Cihlár 2019).

### 4.2.3 Klimatická charakteristika

Červený Újezd spadá do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Průměrnou roční teplotou vzduchu 6,9 °C za roky 1901-1950 po zohlednění interpolace stanice Lány a Praha - Karlov, (s přihlédnutím k nadmořské výšce a vzdálenosti) a průměrným ročním úhrnem srážek 549 mm za roky 1901-1950 z údajů stanice Červený Újezd. Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha-Karlov) je 1902 hodin. Délka vegetačního období činí 150-160 dní.

Nový normál průměrné roční teploty vzduchu pro období 1960-2010 činí 8 °C. Průměrný úhrn srážek je aktuálně za posledních 50 let 473 mm. Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je 12,9 °C, průměrný vegetační úhrn srážek činí 361 mm (resp. 333 mm). Průměrná teplota ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období činí 53,0 mm. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna (Cihlář 2019).

### 4.2.4 Půdní podmínky

Rovinatý charakter terénu s mělkými mikrodepresemi podmiňuje dobrý zásak srážkových vod a tím i uplatnění illimerizačního procesu. Jeho vlivem se na území obvodu vytvořily půdy hnědozemního typu, u kterých dochází k vyluhování svrchních půdních horizontů a posunu koloidních částic do spodiny.

Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší štěrkovitosti a tím rychlého zásaku se projevuje vyšší vysychavost v půdním profilu.

Zájmové území je tvořeno opukami křídového stáří, překryto sprašemi a sprašovitými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápnité se štěrkovitým rozpadem. Spraše a nevápnité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním substrátem tvořícím hnědozem, méně hnědozem luvickou, černozem hnědozemní (při slabší illimerizaci) popř. černozem luvickou (při silnější illimerizaci) a hnědozemě pseudoglejové (Cihlář 2019).

Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50 - 70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední.

Po stránce zrnitostního složení se jedná o půdy středně těžké. Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý. Průměrné obsahy N<sub>min</sub> v předjaří činí 15,7-29,1 ppm (Cihlár 2019).

#### **4.2.5 Hydrologické a geomorfologické poměry**

Daná lokalita se nachází v povodí dolní Vltavy. Hydrologická síť je tvořena pouze potokem Rymaňským, který pramení západně od obce. Protéká od východu a tvoří nivu. Voda není odváděna žádným jiným vodním tokem. Potok má velmi malý spád a minimální průtok. Pouze poblíž lokality kláštera Hájek je umělá bezodtoková vodní nádrž. Nejbližší rybník je vzdálen cca 6 km.

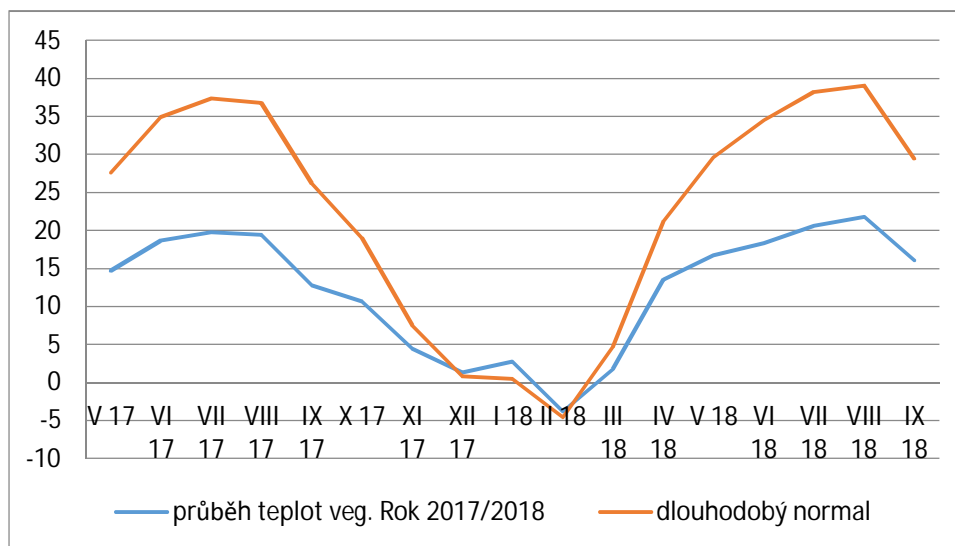
Území je rovinaté s minimálním odtokem vody. Substráty mají dobrou vododržnost, dobrou vnitřní drenáž. Rovinný terén umožňuje velmi dobré vsakování srážkových vod (Cihlár 2019).

#### **4.2.6 Průběh počasí**

Podzim roku 2017 byl z pohledu ozimých plodin skvělý. Bylo vlhko, často i ochlazení, množství srážek se blížilo dlouhodobému normálu, výjimkou byl měsíc říjen, který byl srážkově nadprůměrný. Úhrn srážek v tomto měsíci činil 61,6 mm, přičemž dlouhodobý průměr činí 26,5 mm. Mšice, které na podzim 2016 velmi škodily a přenášely virózy, se na podzim 2017 nevyskytly. Vánoce i Silvestr byly teplé, blátivé. To trvalo až do 17.1.2018. Celkově zima byla teplá, vyskytly se ale 2 období s výraznými mrazy. První období bylo na konci února (24.2 až 1.3) kde mrazy dosahovaly kolem -15 až -17°C, druhé období bylo polovina března (16.3 až 19.3), kde teploty přes den dosahovaly -4°C a v noci -8°C. I když v důsledku poměrně velkých holomrazů (24.2. až 1.3. opakovaně kolem -15 až -17°C, 16.- 19.3. holomrazy den -4°C, noc -8°C) omrzly na většině území Čech listy, přesto bylo přezimování dobré a zaorávky byly jen 4%. Jaro 2018, na rozdíl od 2017, které bylo ideálně vlhké a skvěle vzešly ječmeny, bylo suché a jarní plodiny špatně vzcházely. Nastoupilo sucho a horko. Jarní mrazy ke konci dubna, ani v květnu „na zmrzlé“ nepřišly. Vše skvěle odkvetlo a byla mimořádně dobrá úroda. Jaro vlastně nebylo a ze zimy se šlo skoro přímo do léta. Dlouhá vlna horka a extrémní sucho trvalo až do žní. Veškerá vegetace a žně byly o cca 14

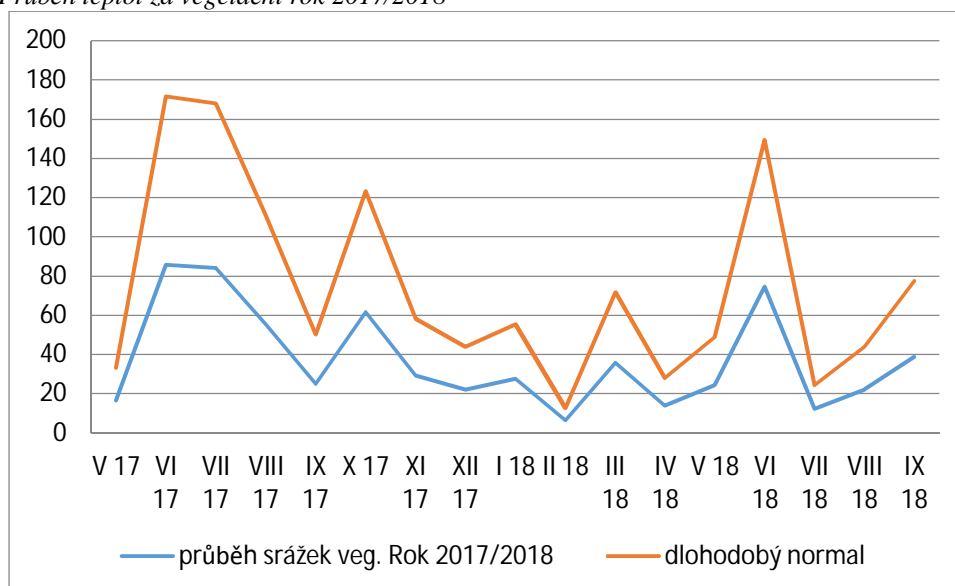
dnů urychlené. Výjimečné sucho bylo extrémní a to v celé Evropě včetně Skandinávie. Na řadě míst došla voda i ve studních, některé potoky přestaly téci, přehrady a „veletoky“ značně snížily svoji hladinu. Škůdci polních plodin příliš nebyli, choroby se nevyskytovaly. Výnosy ozimů byly dobré, na rozdíl od jarních plodin, které výnosově značně propadly (Cihlár 2019).

Graf č. 1: Průběh srážek za vegetační rok 2017/2018



Zpracování: Vlastní zpracování

Graf č. 2: Průběh teplot za vegetační rok 2017/2018



Zpracování: Vlastní zpracování

## 4.3 Charakteristika pokusného materiálu

### 4.3.1 Použitá odrůda

**Tobak** Je potravinářská odrůda pšenice ozimé. Odrůda se vyznačuje velmi dobrým zdravotním stavem, plastičností a tolerancí k půdně-klimatickým podmínkám. Vyšší odnožovací schopnost zaručuje výbornou auto-kompatibilitu v průběhu špatných seťových podmínek. Výsevek se liší podle termínu a podmínek, ale optimální výsevek se pohybuje v rozmezí 2,8 - 3,2 MKS (milion klíčivých semen)/ha. Jedná se o vysoce intenzivní odrůdu, proto je potřeba pro dosažení pekařských parametrů „A“ neopomenout vhodné hnojení sírou a všemi ostatními makro i mikroprvky (Saaten – Union 2019).

### 4.3.2 Použitá hnojiva

**LovostartGSH NP 6-28+7S** je vícesložkové granulované hnojivo s obsahem síry, stopovými živinami a přísadkou huminových kyselin. Obsahuje 6% dusíku(N), 28% fosforu ( $P_2O_5$ ), 7% síry (S), a stopové množství prvků hořčík (MgO), vápník (CaO), mangan (Mn), zinek (Zn), bór (B), molybden (Mo). Hnojivo je určeno pro základní hnojení většiny zemědělských plodin na půdách s nízkým obsahem fosforu nebo u plodin náročných na množství fosforu. Vhodné na slabě kyselé a neutrální půdy. Použití tohoto hnojiva je optimální při zapracování do půdy při přípravě seťového lůžka či hnojení pod patu. Obsažené huminové látky, které jsou ve vodorozpustné formě, napomáhají rozvoji kořenového systému a zvyšují efektivnost příjmu živin po celou dobu vegetace (Lovochemie 2019).

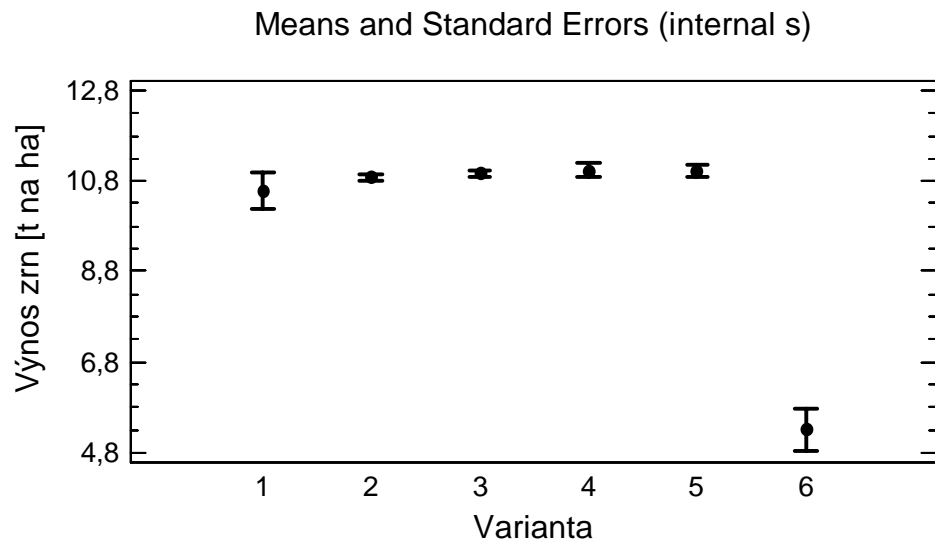
**CornStarter NPK 15-20-10+1,5Zn** je vícesložkové granulované hnojivo s obsahem zinku. Obsahuje 15 % dusíku (N), 20 % fosforu ( $P_2O_5$ ), 10 % draslíku ( $K_2O$ ), 1,5 % zinku (Zn). Použití hnojiva je vhodné při přípravě seťového lůžka, či hnojení pod patu. Hnojivo je kromě kukuřice vhodné i pro plodiny náročné na zinek, nebo na půdách, kde je vysoký deficit tohoto prvku (Lovochemie 2019).

**ALZON** je koncentrované dusíkaté hnojivo na bázi amidického dusíku s inhibitorem nitrifikace, který zpomaluje přeměnu amonného dusíku na velmi pohyblivou formu dusičnanovou a tím zvyšuje využití živin. Obsah dusíku je 46 % (N). Vhodný je k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou a k přihnojování během vegetace. Je možné využití i ve formě roztoku močoviny k foliární výživě rostlin (Lovochemie 2019).

## 5 Výsledky

### 5.1 Výnos zrna

Graf č. 3: Statistické vyhodnocení výnosu semen



Zpracování: Statistické zpracování

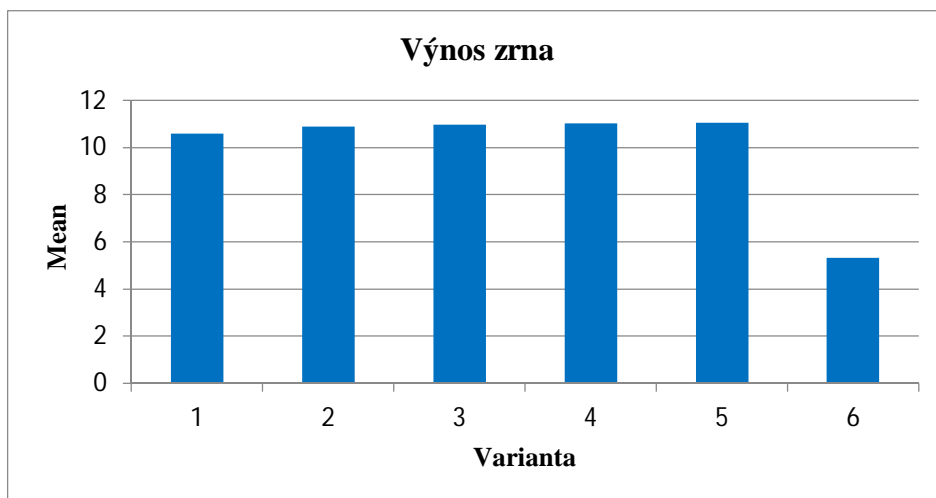
Tabulka č. 1: Statistické vyhodnocení výnosu semen

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
6	4	5,3125	x
1	4	10,5957	x
2	4	10,882	x
3	4	10,9768	x
4	4	11,0336	x
5	4	11,0441	x

Zpracování: Statistické zpracování



Graf č. 4: Výnos zrna

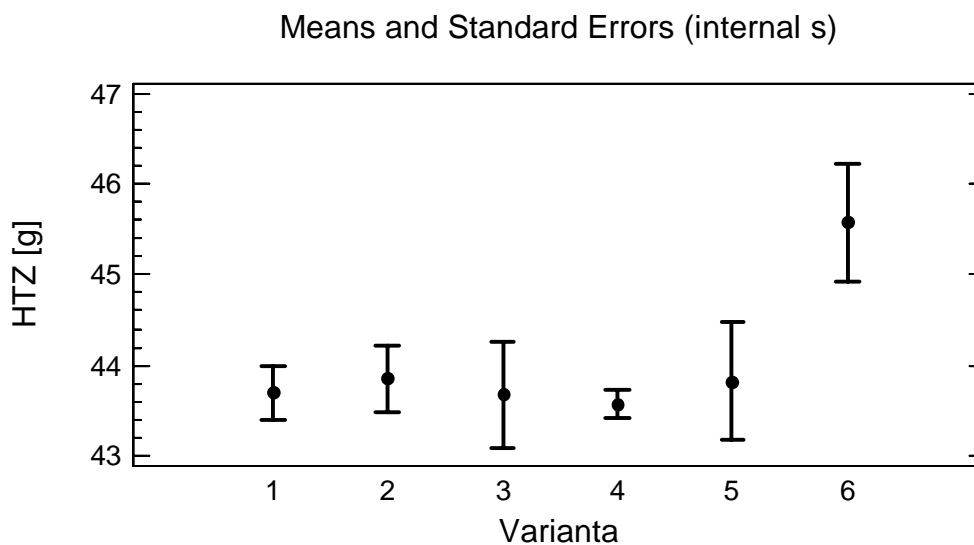


Zpracování: Vlastní zpracování

Podle výše uvedeného grafu a tabulky je patrné, že parametr výnos semen je rozdílný podle použitých hnojiv, ale statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami hnojiv se neprokázal. Jediný statistický rozdíl je pouze u varianty číslo 6, která byla použita jako kontrolní a nebylo zde použito žádné hnojivo jak při setí, tak v průběhu vegetace.

## 5.2 Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

Graf č. 5: Statistické vyhodnocení hmotnosti tisíce zrn (HTZ)



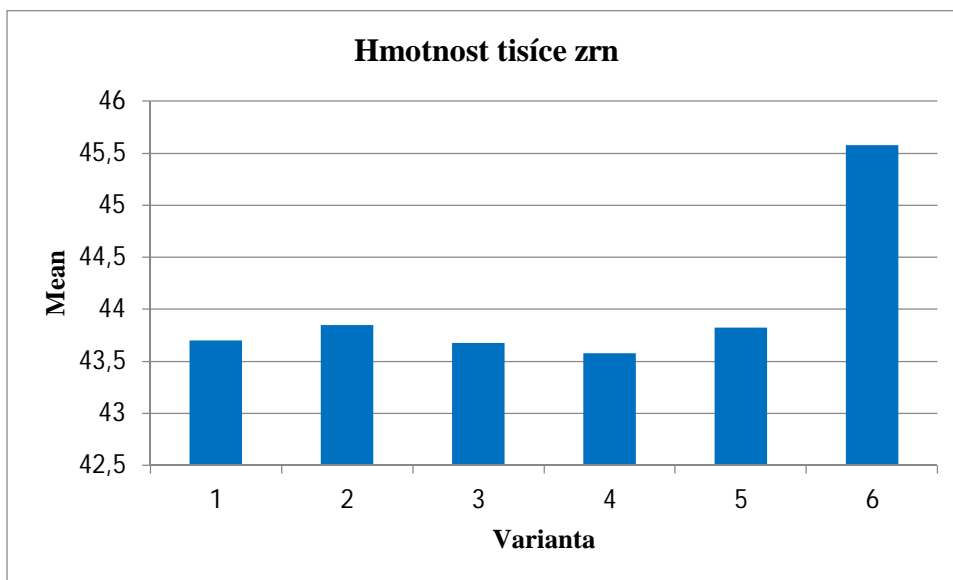
Zpracování: Statistické zpracování

Tabulka č. 2: Statistické vyhodnocení hmotnosti tisíce zrn (HTZ)

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	4	43,575	X
3	4	43,675	X
1	4	43,7	X
5	4	43,825	X
2	4	43,85	X
6	4	45,575	X

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 6: Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

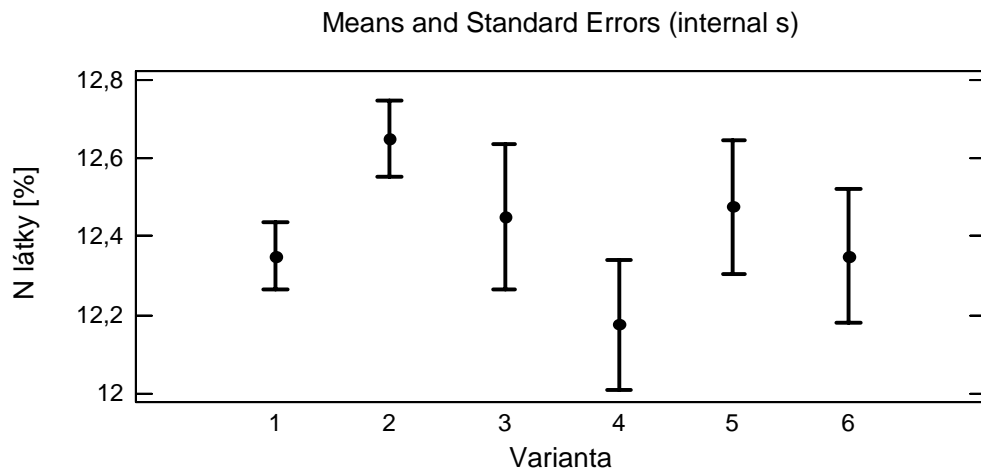


Zpracování: Vlastní zpracování

Ve sledovaném parametru hmotnost tisíce zrn (HTZ) je patrné z výše uvedeného grafu a tabulky, že byly pouze nepatrné rozdíly mezi hnojenými variantami, které se nám statisticky prokázat nepodařily. Statisticky se pouze prokázala, jako v prvním parametru (výnos semen) odlišnost varianty číslo 6, s tím rozdílem, že v tomto znaku dosáhla největší hodnoty oproti hnojeným variantám.

### 5.3 Obsah N látek

Graf č. 7: Statistické vyhodnocení N látek



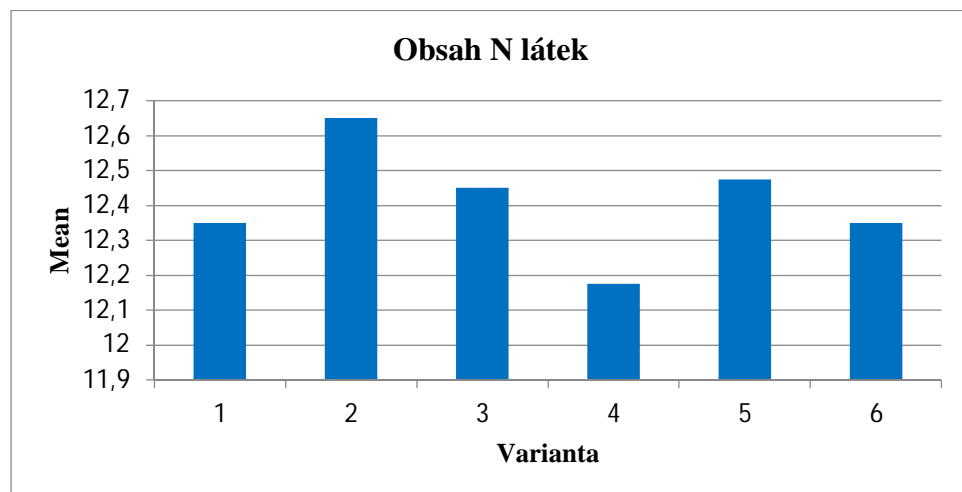
Zpracování: Statistické zpracování

Tabulka č. 3: Statistické vyhodnocení N látek

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	4	12,175	X
1	4	12,35	XX
6	4	12,35	XX
3	4	12,45	XX
5	4	12,475	XX
2	4	12,65	X

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 8: Obsah N látek

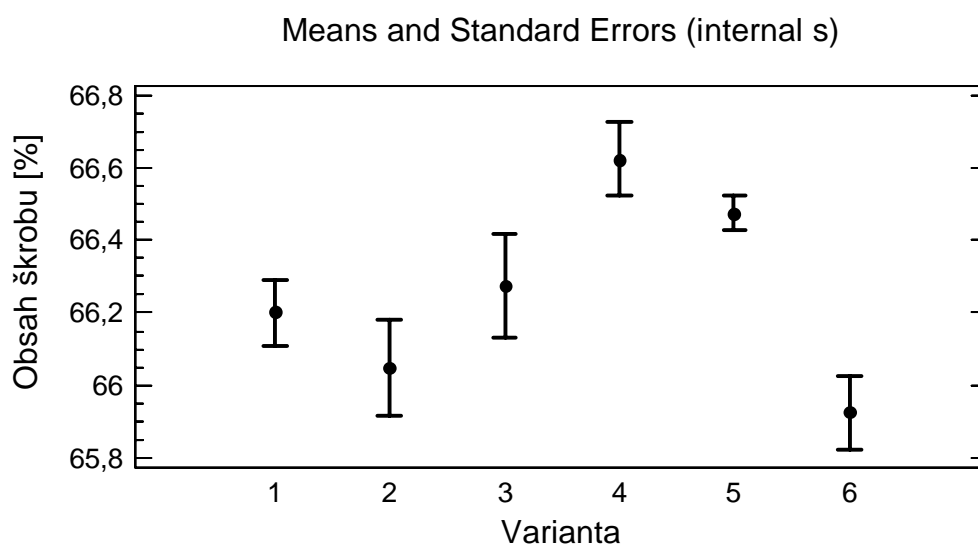


Zpracování: Vlastní zpracování

Obsah dusíkatých látek nevykazoval taktéž výrazné rozdíly mezi sledovanými variantami hnojení, rozdíly byly zanedbatelné, statisticky neprůkazné. Jediný rozdíl, který se statisticky potvrdil, bylo mezi variantami 2 a 4, kde z metodiky lze zjistit, že rozdíl mezi těmito dvěma variantami je v aplikaci hnojiva CornStarter které bylo aplikováno pod patu ve 2 variantě.

## 5.4 Obsah škrobu

Graf č. 9: Statistické vyhodnocení obsahu škrobu



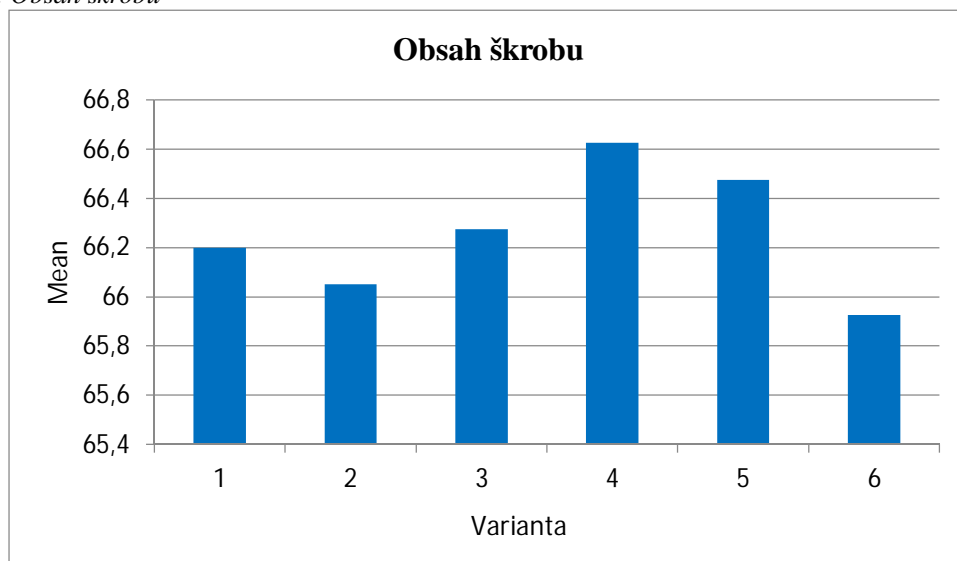
Zpracování: Statistické zpracování

Tabulka č. 4: Statistické vyhodnocení obsahu škrobu

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
6	4	65,925	x
2	4	66,05	xx
1	4	66,2	xxx
3	4	66,275	xx
5	4	66,475	xx
4	4	66,625	x

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 10: Obsah škrobu

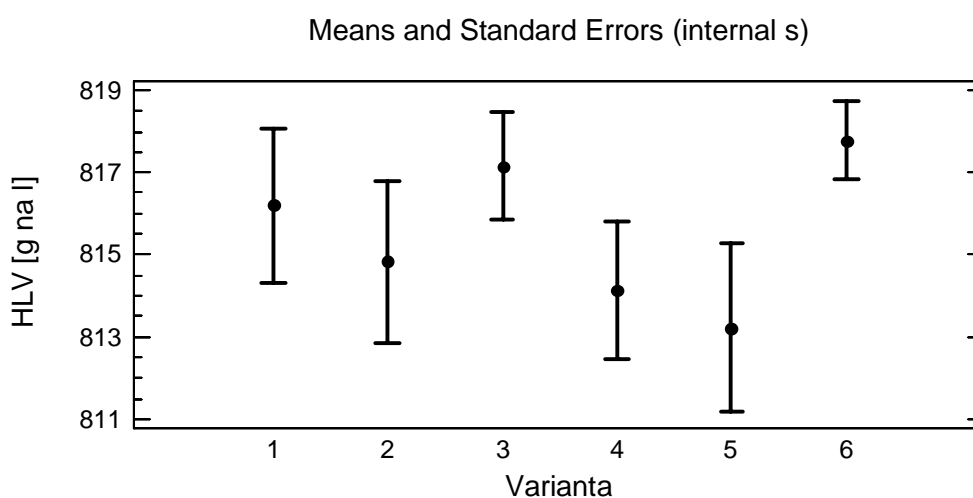


Zpracování: Vlastní zpracování

Jak můžeme z výše uvedeného grafu a tabulky přečíst tak výsledky v parametru obsah škrobu je oproti předchozím parametrům velmi variabilní. Nejnížší hodnoty dosáhla nehnojená varianta číslo 6 a nejvyšší hodnoty dosáhla varianta číslo 4 hnojená pouze regenerační dávkou hnojiva Alzon a kvalitativní dávkou LAD. Varianty 1 až 3, kde se hnojilo pod patu spolu s variantou nehnojenou, vykazovaly spíše nižší hodnoty než varianta 4 a 5, kde hnojení pod patu nebylo provedeno.

## 5.5 Objemová hmotnost

Graf č. 11: Statistické vyhodnocení objemové hmotnosti



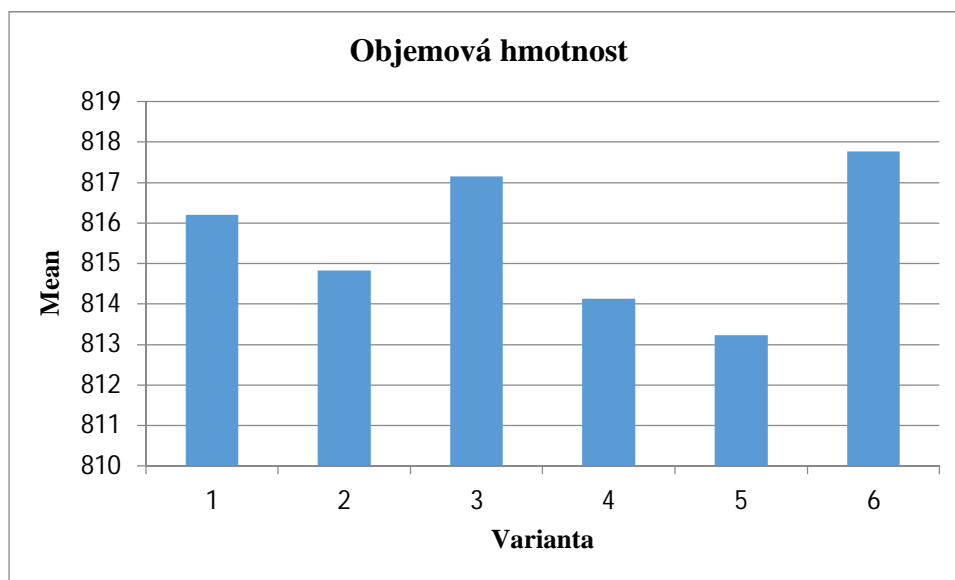
Zpracování: Statistické zpracování

Tabulka č. 5: Statistické vyhodnocení objemové hmotnosti

Varianta	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	4	813,225	X
4	4	814,125	X
2	4	814,825	X
1	4	816,2	X
3	4	817,15	X
6	4	817,775	X

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 12: Objemová hmotnost

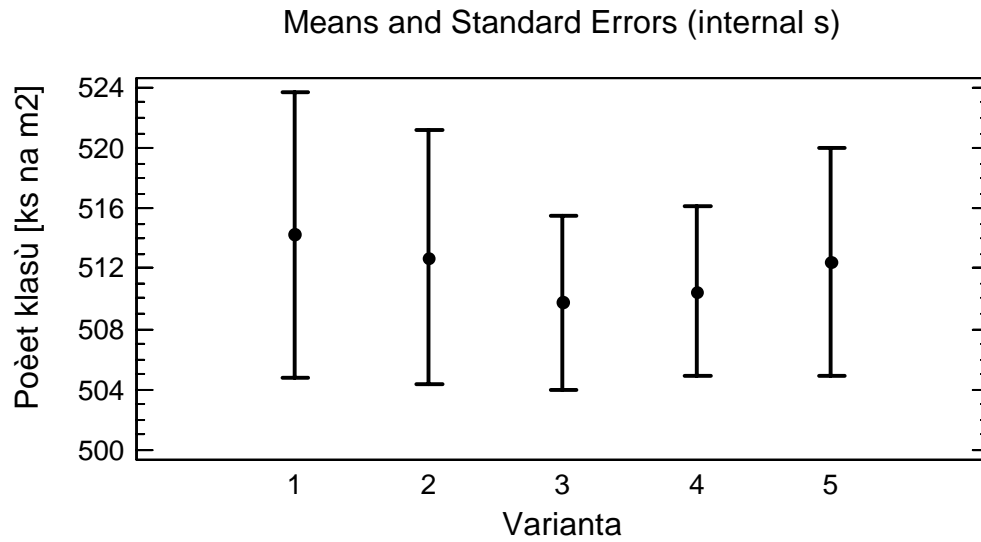


Zpracování: Vlastní zpracování

Jak výše uvedený graf a tabulka dokládají, rozdíly v parametru objemová hmotnost rozdíly jsou, ale statisticky se prokázat nepodařily. Nejnižší hodnoty vykazovala varianta číslo 5, kde bylo provedeno produkční hnojení jako u jediné varianty a největší hodnoty bylo dosaženo u varianty číslo 6, kde hnojení nebylo provedeno.

## 5.6 Počet klasů na m<sup>2</sup>

Graf č. 13: Statistické vyhodnocení počtu klasů bez nehojené varianty



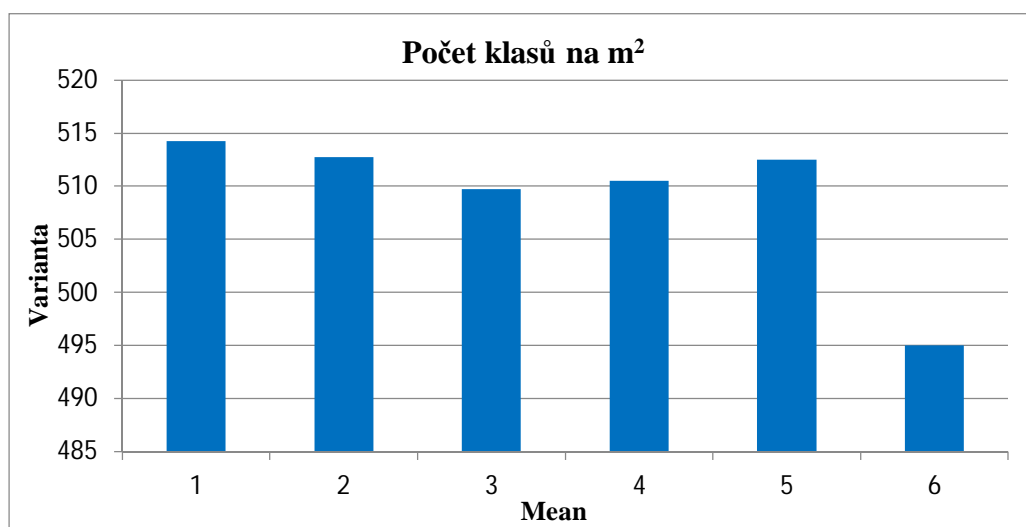
Zpracování: Statistické zpracování

Tabulka č. 6: Statistické vyhodnocení počtu klasů

Varianta	Count	Mean	HomogeneousGroups
6	4	495	x
3	4	509,75	x
4	4	510,5	x
5	4	512,5	x
2	4	512,75	x
1	4	514,25	x

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 14: Počet klasů na m<sup>2</sup>

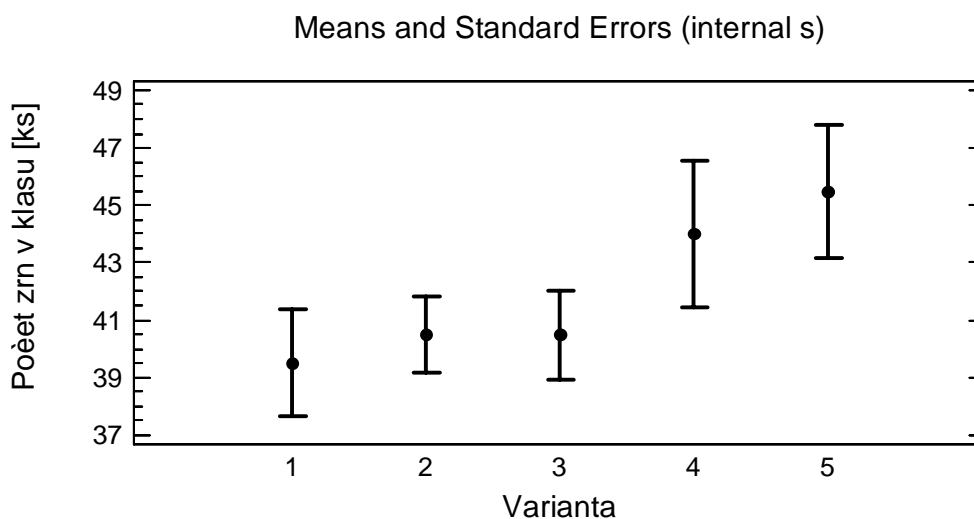


Zpracování: Vlastní zpracování

Sledovaný znak počet klasů na m<sup>2</sup> podle výše uvedených údajů je nejvyšší u varianty číslo 1, kde bylo použito hnojivo Lovostar pod patu při setí a nejnižší hodnoty bylo dosaženo u varianty 6, kde nebylo použito žádné hnojivo. Rozdíl mezi těmito variantami byl malý a statisticky se významný rozdíl neprokázal.

## 5.7 Počet zrn v klasu

Graf č. 15: Statistické vyhodnocení počtu zrn v klasu bez nehnojené varianty



Zpracování: Statistické zpracování

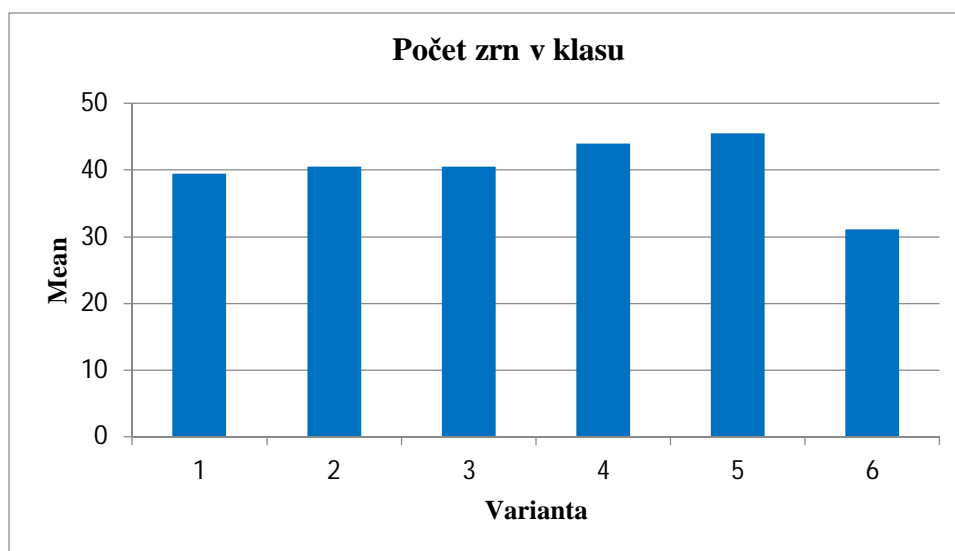


Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení počtu zrn v klasu

Varianta	Count	Mean	HomogeneousGroups
6	4	31,1	x
1	4	39,5	x
3	4	40,5	xx
2	4	40,5	xx
4	4	44,0	xx
5	4	45,5	x

Zpracování: Statistické zpracování

Graf č. 16: Počet zrn v klasu



Zpracování: Vlastní zpracování

Posledním sledovaným znakem byl počet zrn v klasu, jak můžeme vidět z výše uvedeného grafu tak varianta 1 až 3, kde bylo provedeno hnojení pod patu při setí, vykazuje nižší hodnoty než varianta 4 a 5 kde hnojení provedeno nebylo. Statistický rozdíl se projevil mezi variantami 1 a 5 kde varianta číslo 5 měla nejvyšší počet zrn v klasu, kde nebylo provedeno hnojení pod patu a jako v jediné variantě bylo provedeno produkční hnojení. Statistický rozdíl se také projevil mezi variantou 5 a 6 kde u šesté varianty hnojení provedeno nebylo.

## 6 Diskuze

### 6.1 Výnos zrna

Rozdíly ve výnosech v jednotlivých variantách byly statisticky neprůkazné, nicméně rozdíly v průměrném výnosu vycházely vysoké zejména u hnojených variant. U nehnojené varianty byl výnos v porovnání s ostatními variantami poloviční. Určit, zda – li, výnos zrna byl ovlivněn ročníkem nelze, neboť se jedná o jednoletý pokus. Stejně tak předplodina a zpracování půdy bylo u všech variant stejné. Z toho vyplývá, že rozdíl mezi průměrnými výnosy je zanedbatelný. Na výnosu semen se pouze prokázalo, že hnojení zvyšuje výnos. Rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojiv se nám prokázat nepodařilo. Stejně publikuje i Petr et al. 1997, že pšenice reaguje na hnojení značným přírůstkem výnosu, stejně tak, že příjem živin je limitován nedostatkem vláhy, což bylo v jarním a letním období sledovaného pokusu. Z tohoto důvodu se neprojevíly rozdíly ve výnosech námi použitých hnojiv různého složení.

### 6.2 Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

U druhého výnosového prvku se statisticky prokázala pouze nehnojená varianta. Hmotnost tisíce zrn nebyla hnojením různými formami dusíkatých hnojiv výrazněji ovlivněna a pohybovala se dokonce pod úrovní hodnoty kontrolní nehnojené varianty, která dosáhla hodnoty 45,575 g, ačkoliv byl u ní poloviční výnos. U hnojených variant, byly rozdíly nepatrné. Ke stejným závěrům dospěl i Petr et al. (1997), a to, že dochází k významné kompenzační schopnosti, kdy při řídkém porostu či malém počtu zrn v klasu se hmotnost obílek do jisté míry zvyšuje a naopak.

Hmotnost tisíce zrn má vliv na výši výnosu. Petr et al. (1997) uvádí, že hmotnost obílek je ovlivněna mohutností a délkou aktivní funkce asimilačního aparátu horní části rostliny, schopností převést asimiláty do zrna, délkou období tvorby obilky, podmínkami počasí a výživou v době dozrávání (vláha, teplota, živiny) a výskytem chorob (listových a klasových) a škůdců. Lipavský (2000) zase uvádí, že zrna z nižší střední části klasu jsou těžší a objevují se v největším počtu. Dostatek srážek je důležitý do fáze kvetení. Ve fázi tvorby zrna kořeny využívají v případě potřeby vodu z hlubokých vrstev podzemní, tedy zásobu, která se vytváří především v zimním a jarním období (Svoboda & Haberle 2014).

### 6.3 Obsah N látek

Mezi sledovanými variantami hnojení byly rozdíly zanedbatelné, statisticky neprůkazné. Nejvyšší obsah dusíkatých látek (12,65 %) byl zjištěn u varianty 2, kde bylo použito hnojivo CornStarter aplikové pod patu.

Hnojením dusíkatými hnojivy dochází průkazně ke zvýšení obsahu lepku a obsahu N látek (Petr & Capouchová 2001). Obsah dusíkatých látek je ukazatelem pekařské jakosti. Jejich stoupající obsah působí pozitivně na chování pečiva při pečení, má vliv na povahu těsta a objem pečiva (Hrušková et al. 2008). Bílkoviny jsou nejdůležitějšími látkami pšenice a spolu se škrobem tvoří nejvýznamnější část pšeničného zrna. Obsah bílkoviny ovlivňuje především pekařské parametry (Honza & Kramářová 2007). V období tvorby obilek je optimální množství srážek 70-100 mm a s každými dalšími 25 mm srážek nad dlouhodobý průměr se snižuje obsah bílkovin o 0,15% (Petr 1986). Biosyntézu bílkovin také ovlivňuje kvalita světla. Záření s krátkými vlnami tuto tvorbu urychluje (Petr 1986).

### 6.4 Obsah škrobu

Výsledky v parametru škrobu jsou oproti předchozím parametrům variabilní, rozdíly mezi jednotlivými variantami se statisticky prokázat daly. Neprokázalo se ale, že by hnojení pod patu zvyšovalo obsah škrobu, neboť hodnoty byly nižší než u variant, kde hnojení pod patu použito nebylo. Nejnižší hodnoty dosáhla kontrolní nehnojená varianta 6 a nejvyšší hodnoty dosáhla varianta 4, hnojená regenerační dávkou hnojiva Alzon a kvalitativní dávkou LAD. Pokusem se potvrdilo pouze u varianty č. 4, že při zvýšení obsahu dusíkatých látek v zrně se snížil obsah škrobu, jak uvádí (Petr & Capouchová 2001). U ostatních variant výsledky nejsou tak jednoznačné.

Škrob je označován za jednu ze strategických surovin budoucnosti, která nemá konkurenci a stává se nezastupitelnou. Důvody pro využití pšenice k produkci škrobu tkví v příznivých klimatických podmínkách střední Evropy pro produkci pšenice, vysoké výnosové úrovně odrůd pšenice i intenzity jejího pěstování. Vedle škrobu dá získat z pšenice i lepek, a také lze při zpracování pšenice na škrob mluvit o quasi bezodpadové technologii. (Petr & Capouchová 2001).

## 6.5 Objemová hmotnost

U objemové hmotnosti nebyly hodnoty u jednotlivých variant příliš rozdílné a statisticky se prokázat nepodařily. Nejnižší hodnoty vykazovala varianta číslo 5 kde, bylo provedeno produkční hnojení jako u jediné varianty a největší hodnoty bylo dosaženo u kontrolní varianty číslo 6, kde hnojení nebylo provedeno. Z výsledků je patrné, že hnojení dusíkatými hnojivy má minimální vliv na výši objemové hmotnosti.

Výsledky jsou překvapující, neboť objemová hmotnost je ukazatelem mlynářské jakosti a souvisí s výtěžností mouky. Závisí na pěstitelských podmínkách, ročníku, zdravotním stavu, polehlosti a odrůdě. Důležitý je termín včasné sklizně, po deštivém počasí objemová hmotnost zralého zrna rychle klesá (Zimolka 2005). Objemová hmotnost představuje skutečnou hmotnost 100 litrů osiva v kilogramech. Pro posuzování osivových vlastností má význam minimální (Teksl et al. 1999). Velký vliv na objemovou hmotnost také má úrodnost dané lokality, vliv ročníku a včasná sklizeň.

## 6.6 Počet klasů na m<sup>2</sup>

Počet klasů na jednotce plochy je jedním z nejdůležitějších prvků výnosu (Lipavský 2000). V našem pokusu parametru počet klasů na m<sup>2</sup> vykazoval výsledky pouze mezi nehnojenou variantou č 6 a hnojenými variantami, avšak staticky se významný rozdíl se neprokázal. Nejvyššího počtu klasů dosáhla varianta č. 1, kde bylo hnojeno pod patu hnojivem Lovostar. Faměra (1993) uvádí, že mezi vlivy působící na úroveň výnosového prvku, tj. počtu klasů na m<sup>2</sup> patří odrůda, výživa a půdní podmínky, agrotechnika, konkurence mezi rostlinami, způsob setí a výskyt chorob a škůdců. Podle Pulkrábka et al. (2003) dosahují středně odnožující odrůdy hodnot 450 – 650 klasů na m<sup>2</sup>, což odpovídá i našim výsledkům.

## 6.7 Počet zrn v klasu

Při počtu 31,1 - 45,5 zrn v klase se pohybuje HTZ v rozmezí 43,575 – 45,575 gramů. Nejlepšího výsledku dosáhla varianta číslo 5, kde jako v jediné variantě bylo provedeno produkční hnojení. Počet zrn v klase statisticky potvrdil, že produkční hnojení zvýší počet zrn v klasu oproti zbylým variantám hnojení. Podle Zimolky (2005) produkční hnojení pozitivně ovlivňuje velikost klasu a růst a vývoj odnoží. Možnost nízké variability mezi jednotlivými variantami, mohly vzniknout z důvodu vodního deficitu a vyšších teplot, jak je již uvedeno v metodice.

## **7 Stanovisko k hypotézám**

**Při použití hnojiva Alzon, lze sloučit regenerační a produkční dávku hnojení N do jedné aplikace.**

Hypotéza byla z větší části potvrzena, jelikož mezi sledovanými variantami jednoletého pokusu byl velmi malý rozdíl.

**Při použití hnojiva Alzon, bude dosaženo stejných nebo lepších výnosů zrna pšenice než při aplikaci hnojiv LAD a DASA.**

Hypotéza se částečně potvrdila, neboť bylo dosaženo podobných výsledků. Mezi variantami byly velmi malé rozdíly.

**Při použití hnojiva Alzon bude dosaženo stejných nebo lepších kvalitativních parametrů zrna pšenice než při aplikaci hnojiv LAD a DASA.**

U obsahu N látek a škrobu se tato hypotéza nepotvrdila, neboť varianty s hnojivem Alzon v průměru ukazovaly nižší hodnotu, než varianta s hnojivem LAD a DASA.

## **8 Doporučení pro praxi:**

V sušších letech se potvrdila varianta, že lze sloučit regenerační a produkční hnojení. Hnojení pod patu výrazně neovlivnilo výnosové ani kvalitativní parametry.

## 9 Závěr

- Na základě výsledků maloparcelkového pokusu na Výzkumné stanici Červený Újezd, můžeme zhodnotit vliv hnojiva Alzon a hnojení pod patu při setí pšenice ozimé.
- Významný rozdíl se ve sledovaném roce projevil pouze mezi hnojenými variantami a variantou nehnojenou, rozdíly mezi hnojenými variantami nebyly ve většině sledovaných znaků statisticky průkazné.
- Na základě výsledků, získaných v rámci našeho pokusu, se neprojevily výrazné rozdíly mezi jednotlivými hnojivy. Podle dosažených výsledků se nezdá, že by ani kombinace hnojiv ovlivňovala výnosovou hladinu u dané plodiny.
- Výrazné rozdíly nebyly, ani pokud se při setí aplikovalo hnojivo pod patu.
- Aplikace dusíkatých hnojiv dokáže výrazně zvednout výnos pšenice.
- Pšenice ozimá patří k plodinám s vyššími nároky pěstování. Mezi faktory ovlivňující výnos a kvalitu zrna patří agrotechnika, volba stanoviště, odrůda a počasí.
- Z důvodu suchého období konce vegetace výsledky nevykázaly mezi sledovanými parametry rozdíly. Nicméně výsledky jsou pouze jednoleté a v dalších letech by se tato skutečnost již nemusela potvrdit.
- Proto by bylo vhodné v tomto pokusu pokračovat ještě v následujících letech, z důvodu objektivního zhodnocení bez výrazného vlivu jednoho ročníku.
- Základními předpoklady pro dosažení vysokých výnosů zrna a jeho požadované kvality je jednak výběr vhodné odrůdy, dodržení hlavních pěstebních doporučení pro konkrétní odrůdu. Aby zvolená odrůda splnila očekávání pěstitelů, je nutno volbou optimální pěstitelské technologie využít jednotlivých výnosových prvků a tím maximalizovat využití jejího výnosového a kvalitativního potenciálu.

## Literatura

- Ayat J Y, Al-Abdallat A M, Saoub H M. 2010. Variation in root water and nitrogen uptake and their interactive Effects on Growth and Yield of sarong Wheat and barley. *International Journal of botany*. **4**:404-413.
- Balík J, Černý J, Pavlíková D. 2012. Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotravních porostů. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Balík J, Černý J, Mikšík J, Pongsak YY. 1997. AGRIS. ČZU v Praze a Mze. Available from <http://www.agris.cz/clanek/118819/vyziva-a-hnojeni-ozime-repky-dusikem> (accessed November 1997).
- Benjamin JG, Nielsen DC, Vigil MF. 2003. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. *Geoderma* **116**:137–148.
- Bielek P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti. Bratislava.
- Blom-Zandstra G, Lampe J EM. 1983. The effect of chlorides and sulphate salts on the nitrate kontent in letíce plants (*Lactuca sativa L.*). *Journal of Plant Nutrition* **6**: 611-628.
- Bollard EG. 1959. Urease, urea and ureides in plants. *Symposia of the Society for Experimental Biology* **13**: 304-329.
- Branlard G, Rousset M, Loisel W, Autran JC. 1991. Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. *Journal of Genetics and Plant Breeding*. **45**: 263 – 279.
- Bremner J M. 1995. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. *Fertilizer Research* **42 (1)**: 321–329.
- Byrnes BH, Freney JR. 1995. Recent developments in the use of urease inhibitors in the tropics. *Fertilizer Research*. **42**: 251–259.
- Cihlár P. 2019. Osobní sdělení.

- Cooper DR, Hillcottingham DG, Lloyd Jones CHP. 1976. Distribution and identity of labeled products following autumn application of N-15-labeled urea or potassium-nitrate fertilizers to apple-trees. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, **27/3**: 266-272.
- Dick WA. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Science Society of America Journal* **48**: 569–574.
- Diviš J, Jůza J, Moudrý J, Vondryš J, Bárta J, Štěrbá Z. 2010. Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta. České Budějovice.
- Dostál J, Haberle J, Klír J, Kozlovská L, Kvítek T, Růžek P, Koudřa J. 2004. Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha.
- Faměra O. 1993. Základy pěstování ozimé pšenice. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha.
- Fenn LB, Miyamoto S. 1981. Ammonia loss and associated reaction of urea in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal* **45**:537-540
- Foltýn J. 1970. Pšenice. 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Gould WD, Hagedorn C, McCready RGL. 1984. Urea Transformations and Fertilizer Efficiency in Soil. *Advances in Agronomy* **40**: 209-238.
- Grant CA, Bailey LD. 1999. Effect of seed-placed urea fertilizer and N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) on emergence and grain yield of barley. *Canadian Journal of Plant Science* **79**: 491–496.
- Grant CA, Brown KR, Bailey LD Jia S. 1996. Volatile losses of urea from surface-applied urea ammonium nitrate with and without the urease inhibitor NBPT. *Canadian Journal of Soil Science* **76/3**:417-419.
- Gutschick VP, Kay LE. 1995. Nutrient-limited growth rates: quantitative benefits of stress responses and some aspects of regulation. *Journal of experimental Botany* **46**: 995.



- Haberle J, Svoboda P. 2014. Impacts of use of observed and exponential functions of root distribution in soil on water utilisation and yield of wheat, simulated with a crop model. Archives of Agronomy and Soil Science.
- Habibullah H, Nelson KA, Motavalli PP. 2017. Assessing management of nitrapyrin with urea ammonium nitrate fertilizer on corn yield and soil nitrogen in a poorly-drained claypan soil. Journal of Agricultural Science **9/11**:17–29.
- Honza I, Kramářová D. 2007. Potravinářská biochemie I. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín.
- Hrušková M, Burešová I, Capouchová I, Faměra O. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 1. vyd. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s. Praha.
- Hunter WJ, Fehring CJ, Olsen SR, Porter RK. 1982. Location of nitrate reduction in different soybean cultivars. Crop Science **22**: 944-948 .
- Kiss S, Simihaian M. 2002. Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Klír J, Kozlovská L. 2012. Hnojení podle nitrátové směrnice. Agromanuál **11-12**: 48-50.
- Klír J. 2006. Současná úroveň hnojení a bilance živin v ČR. Pages 10-15 In Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P, Editors. Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku mimokořenové výživy rostlin. Sborník z XII. mezinárodní konference konané na ČZU v Praze. ČZU v Praze, Praha.
- Klír J, Kozlovská L, Haberle J, Mühlbachová G. 2018. Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech (2. aktualizované vydání). Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha – Ruzyně.
- Knop K. 1971. Agrochemické vlastnosti a účinnost močoviny. Pages 23–34 in Kutáček M, Králová M, editor. Močovina – koncentrované dusíkaté hnojivo. Vědecký seminář o močovině, Vysoká škola zemědělská v Praze, Praha.
- Knop K. 1974. Močovina v zemědělství. TES-Ústav technických a ekonomických služeb, Praha.

- Krajewska B, Ciurli S. 2005. Probing acid-base groups of the active site by pH variation. *Plant Physiology and Biochemistry* **43/7**: 651-658.
- Krajewska B. 2009. Ureases I. Functional, catalytic and kinetic properties: A review. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* **59/1-3**: 9-21.
- Kronzucker H J, Siddiqi MY, Glass ADM, Kirk GJD. 1999. Nitrate-Ammonium Synergism in Rice. A Subcellular Flux Analysis. *Plant Physiology* **119**:1041-1045.
- Křen J. 2001. Pěstování pšenice ozimé v Česku. *Úroda*. **5**: 2
- Kummer KF, Dawson Ch, Brentrup F, Genter T, Link A, Michel HJ, Slater M, Steén I, Zerulla W, Pallière Ch. 2003. Understanding Nitrogen and its Use in Agriculture. European Fertilizer Manufacturers' Association. Brussels.
- Kůst F. 2010. Pěstování a produkce pšenice ozimé. *Zemědělec* **29**: 9-10.
- Kutáček M, Králová M. 1971. Příspěvek k použití močoviny, značené <sup>14</sup>C a <sup>15</sup>N při výzkumu jejího chování v půdě, během příjmu rostlinami a metabolismu. Pages 80–88 in Kutáček M, Králová M, editors. *Močovina – koncentrované dusíkaté hnojivo*. Vědecký seminář o močovíně, Vysoká škola zemědělská v Praze, Praha.
- Kůst F, Záruba J. 2018. Situační a výhledová zpráva obiloviny. Ministerstvo zemědělství. Praha
- Lipavský J. 2000. Tvorba výnosu obilnin a možnost modelování těchto procesů. Agrární portál AGRIS. Praha. Available from <http://www.agris.cz/clanek/106805> (accessed April 2019)
- Lovochemie. 2019. eAgri. Lovostart. Ministerstvo zemědělství. Available from [http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_27111.pdf?id=27111](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_27111.pdf?id=27111) (accessed April 2019)
- Lovochemie. 2019. eAgri. Alzon 46. Ministerstvo zemědělství. Available from [http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_11636.pdf?id=11636](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_11636.pdf?id=11636) (accessed April 2019)

- Lovochemie. 2019. eAgri, CornStarter. Ministerstvo zemědělství.  
Available from [http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_21355.pdf?id=21355](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_21355.pdf?id=21355)  
(accessed April 2019)
- Malhi S, Grant C, Johnston A, Gill K. 2001 Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: A Review. *Soil and Tillage Research* 60:101-122.
- Mráz J. 2007. Urea stabil – efektivní zdroj dusíku pro polní plodiny. Pages 121–122 In: Kováčik A, Vach M, Bečka D, editors. *Sborník z konference: Prosperující olejníky*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Mráz J. 2013. Rozdílný účinek inhibovaných močovín. *Zemědělec* 39: 17.
- Nasri A, Toderi G, Bernati E, Govi G. 2000. Ammonia volatilization and yield response from urea applied to wheat with urease and nitrification inhibitors. *Agrochimica* 44 (5-6). 231 – 239.
- Ni K, Pacholski A, Kage H. 2014. Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 197: 184-194.
- Paleček R. 2003. Čím letos zasejeme obilniny. *Zemědělec*. 37:11.
- Petr J. 1986. Vliv počasí na jakost pšenice. *Úroda* 5: 213/214
- Petr J, Húska J, Holubová K, Moudrý J. 1997. Speciální produkce rostlinná. *Agromická fakulta ČZU v Praze katedra rostlinné výroby, Praha*.
- Petr J, Capouchová I. 2001. Pěstování pšenice pro produkci škrobu. Profi Press, Praha.  
Available from <https://www.uroda.cz/pestovani-psenice-pro-produkci-skrobu-2/>.  
(accessed April 2019).
- Prokinová E. 2018. Pšenice ozimá - osivo a zdraví porostu. *Agromanuál* 9-10: 26-28.
- Pulkrábek J, Capouchová I, Hamouz K. 2003. Speciální fyto technika. Česká zemědělská univerzita. Praha.

- Randall GW, Iragavarapu TK, Bock BR. 1997. Nitrogen application methods and timing for corn after soybean in a ridge-tillage system. *Journal of Production Agriculture* **10/2**:211.
- Richter R, Hlušek J. 2003. Půdní úrodnost. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha.
- Richter R, Hlušek J. 2006. Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv. Pages. 5–14. In Růžek P, Pišánová J. *Nové trendy z používání dusíkatých hnojiv. Sborník příspěvků z konference. VÚRV Praha Ruzyně, MZLU Brno, AGRA GROUP a.s., Praha.*
- Richter R, Hlušek J, Ryant P. 2002. *Výživa a hnojení zahradních plodin. Profi Press. Praha.*
- Růžek P, Mühlbachová G, Svoboda P. 2006. Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv. Pages. 15–20. In Růžek P, Pišánová J. *Nové trendy z používání dusíkatých hnojiv. Sborník příspěvků z konference. VÚRV Praha Ruzyně, MZLU Brno, AGRA GROUP a.s., Praha.*
- Růžek P, Mühlbachová G, Svoboda P. 2006. Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv. Pages 15-20 In Růžek P, Pišánová J, editors. *Sborník příspěvků z konference: Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.*
- Saaten – Union. 2019. Odrůdy pšenice. SAATEN – UNION. Available from <https://www.saaten-union.cz/index.cfm/article/8809.html> (accessed April 2019)
- Sauter A, Davies W, Hartug W. 2001. The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. *Journal of experimental botany* **52**:1991-1997.
- Scheffer B. 1994. Zum Einsatz von Stickstoffdüngern mit Nitrifikationshemmern in Wassereinzugsgebieten, *gwf Wasser/Abwasser* **135**:15-19.
- Soares JR, Cantarella H, Menegale MLdC. 2012. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil Biology and Biochemistry* **52**: 82-89.
- Stach J. 1995. *Základní agrotechnika (Osevní postupy). JU ZF České Budějovice. České Budějovice.*

- Stanford G. 1982. Assessment of soil nitrogen availability. In: Stevenson F. J. (ed.): Nitrogen in agricultural soils. *Agronomy* **22**:651–688.
- Streeter JG. 1979. Allantoin and Allantoic Acid in Tissues and Stem Exudate from Field-grown Soybean Plants. *Plant Physiology* **63**: 478-480.
- Šíp V, Škorpík M, Chrpová J, Šottníková V, Bártová Š. 2000. Effect of cultivar and cultural practices on grain yield and bread-making quality of winter wheat. *Plant Production* **46**: 159-16.
- Špaldon E, et al. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.
- Teksl M, Miller I, Křišťan T, Kaňková M. 1999. Pěstování rostlin.1. Vydavatelství Credit. Praha.
- Terman G. 1979. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments and crop residues. *Adv Agron* **31**:189–223.
- Thompson, M., L., 1975. Veather Variability, Climatic Change, and Grain Production. *Science* **188/4188**: 535-541.
- Trenkel M E.1997. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association. Paris.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková V, Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha.
- Watson CJ. 2000. Urease activity and inhibition – principles and practice. Page 1-40 in Watson CJ, editor. Proceedings - International Fertiliser Society. 454. International Fertiliser Society, York.
- Watson C, Miller H, Poland P, Kilpatrick D, Allen M, Garrett M, Christianson C. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl thiophosphorioic triamide to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biol Biochem* **26**:1165-1171.

- Watson C, Akhonzada NA, Hamilton JTG, Matthews DI. 2008. Rate and mode of application of the urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization from surfaceapplied urea. *Soil Use and Management* **24**:246–253.
- Witte CP. 2011. Urea metabolism in plants. *Plant Science* **180/3**: 431-438.
- Wollnerová - Pišanová J, Růžek P. 2006. Uplatnění inhibitorů ureázy a nitrifikace při používání dusíkatých hnojiv. Pages 36 – 39 In Růžek P, Pišanová J, editors. *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv*. Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha, Praha.
- Zimolka J, Edler S, Hřivna L, Jánský J, Kraus P, Mareček J, Novotný F, Richter R, Říha K, Tichý F. 2005. *Pšenice pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi Press, Praha.

## Seznam grafů

Graf č. 1: Průběh srážek za vegetační rok 2017/2018	38
Graf č. 2: Průběh teplot za vegetační rok 2017/2018	38
Graf č. 3: Statistické vyhodnocení výnosu semen	40
Graf č. 4: Výnos zrna	41
Graf č. 5: Statistické vyhodnocení hmotnosti tisíce zrn (HTZ)	41
Graf č. 6: Hmotnost tisíce zrn (HTZ)	42
Graf č. 7: Statistické vyhodnocení N látek	43
Graf č. 8: Obsah N látek	43
Graf č. 9: Statistické vyhodnocení obsahu škrobu	44
Graf č. 10: Obsah škrobu	45
Graf č. 11: Statistické vyhodnocení objemové hmotnosti	45
Graf č. 12: Objemová hmotnost	46
Graf č. 13: Statistické vyhodnocení počtu klasů bez nehnojené varianty	47
Graf č. 14: Počet klasů na m <sup>2</sup>	48
Graf č. 15: Statistické vyhodnocení počtu zrn v klasu bez nehnojené varianty	48
Graf č. 16: Počet zrn v klasu	49

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Statistické vyhodnocení výnosu semen	40
Tabulka č. 2: Statistické vyhodnocení hmotnosti tisíce zrn (HTZ)	42
Tabulka č. 3: Statistické vyhodnocení N látek	43
Tabulka č. 4: Statistické vyhodnocení obsahu škrobu	44
Tabulka č. 5: Statistické vyhodnocení objemové hmotnosti	46
Tabulka č. 6: Statistické vyhodnocení počtu klasů	47
Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení počtu zrn v klasu	49



Příloha č. 1.: Meteorologické údaje na VS Červený Újezd – vegetace 2017/2018

Meteorologické údaje na VS Červený Újezd vegetace 2017 – 2018

Měsíc	V 17	VI 17	VII 17	VIII 17	IX 17	X 17	XI 17	XII 17	I 18	II 18	III 18	IV 18	V 18	VI 18	VII 18	VIII 18	IX 18
1. dekáda																	
1. – 10.	10,51	17,13	20,12	21,59	14	10,28	6,09	0,65	4,78	-0,50	-0,42	9,66	15,38	20,33	18,52	22,88	17,56
Srážky**	10	12,4	16,1	10	15,4	23,4	10,4	1,7	14,4	2,9	10,2	0,2	0	53,7	5,4	11,5	17,9
Teplota *	15,94	19,16	19,08	18,69	11,46	12,89	3,07	0,95	0,62	-1,16	2,59	14,77	14,93	18,24	19,75	21,8	18,39
Srážky**	2,1	2,7	34,2	28,4	3,6	0,4	12	6,2	9,5	2,9	21,1	12	17,2	6,9	2,2	1,5	1,1
Teplota *	17,4	19,8	20,15	18,22	12,9	9,83	4,15	2,23	2,94	-6,54	2,96	16,25	19,58	16,42	23,42	18,8	12,15
Srážky**	4,4	70,7	50,8	17,1	6	37,8	6,7	14,1	3,7	0	4,5	1,8	7,2	14,1	4,5	8,9	19,7
Teplota *	14,7	18,69	19,79	19,46	12,78	10,64	4,44	1,31	2,78	-3,81	1,76	13,56	16,72	18,33	20,64	21,76	16,03
Srážky**	16,5	85,8	84,1	55,5	25	61,6	29,1	22	27,6	6,3	35,8	14	24,4	74,7	12,1	21,9	38,7
Počet dešt. dnů 1-5 mm	3	3	9	3	3	8	9	6	3	2	5	3	1	5	5	4	2
Počet dešt. dnů 5-10 mm	1	2	1	1	1	22	1	1	1	0	2	1	1	1	0	1	0
Počet dešt. dnů < 10 mm	0	2	3	3	0	2	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	2
Teplota *	12,9	16,2	17,6	17,3	13,4	8,4	3	-0,5	-2,3	-0,8	2,9	7,6	12,9	16,2	17,6	17,3	13,4
Srážky**	67,2	63,5	58,7	67,5	33	26,5	29,9	22,3	21,6	21,4	26,3	34,9	67,2	63,5	58,7	67,5	33
Normal***																	

\* °C

\*\* mm

\*\*\* Praha Ruzyně 1960 - 2010