

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Vliv odrůdy, termínu setí a agrotechniky na výnosotvorné prvky a výnos zrna u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)**

**Diplomová práce**

**Bc. Martin Hanč**

**Výživa a ochrana rostlin**

**Ing. David Bečka, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv odrůdy, termínu setí a agrotechniky na výnosotvorné prvky a výnos zrna u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)" 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 10. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Davidu Bečkovi, Ph.D. a Ing. Pavlu Cihlářovi, Ph.D. za příkladné vedení a pomoc při tvorbě této diplomové práce.

# Vliv odrůdy, termínu setí a agrotechniky na výnosotvorné prvky a výnos zrna u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.)

## Souhrn

Za účelem stálého zlepšování pěstebních technologií pšenice ozimé a zvyšování výnosů, je potřeba stále provádět pokusy, díky kterým bude možné zvýšit efektivitu pěstování.

Polní maloparcelkové pokusy na parcelkách o velikosti 15 m<sup>2</sup> brutto, 11,250 m<sup>2</sup> netto byly realizovány na Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze Červený Újezd. Pokus byl založen jako dvouletý, a to v letech 2016 – 2017 a 2017 – 2018. Byly vysety odrůdy Reform, Sacramento, Viriato, Ponticus a Cesario. Porosty byly vysety ve dvou termínech. V roce 2016 – 2017 bylo setí uskutečněno 18. 10. 2016 a 4. 11. 2016. V roce 2017 – 2018 bylo setí realizováno 27. 9. 2017 a 3. 11. 2017. U každé varianty byly použity dvě úrovně agrotechniky. Odběry proběhly v den sklizně a následně byly údaje vyhodnoceny.

Časnější výsev pozitivně ovlivňuje výnos. Vliv úrovně agrotechniky na výnos nebyl prokázán. Prvky počet zrn v klase, počet klasů na m<sup>2</sup> a HTZ (hmotnost tisíce zrn) měly v roce 2017 prokazatelně nižší hodnoty než v roce 2018. Počet zrn v klase a počet klasů na m<sup>2</sup> byl prokazatelně ovlivněn termínem setí, kdy u dřívěji setých porostů bylo dosaženo vyšších hodnot. HTZ nebyla ovlivněna ani termínem setí ani intenzitou pěstování. Objemovou hmotnost zrna neovlivnil žádný ze zkoumaných faktorů. V roce 2018 byl obsah dusíkatých látek (N-látek) v znu průkazně vyšší než v roce 2017. Byl zjištěn vliv odrůdy a intenzity na obsah N-látek v znu. Odrůda Ponticus měla prokazatelně vyšší obsah N-látek. Prokazatelně nejméně škrobu obsahovala odrůda Ponticus. Výnosově nejlépe vyšla odrůda Reform (7,6 t/ha), nicméně nebyla zjištěna průkazná závislost odrůdy na výnos.

Bylo potvrzeno, že termín setí výrazně ovlivňuje výnos. Nepotvrdil se vliv intenzity na výnos. Zvýšená intenzita pěstování neovlivnila výnosotvorné prvky jako počet zrn v klasu, HTZ a počet klasů na m<sup>2</sup>. Možnou reakci na úroveň agrotechniky a termín setí lze pozorovat u odrůdy Ponticus, kdy s vyšší intenzitou pěstování stoupl obsah N-látek v znu a s opožděným termínem setí klesl obsah škrobu v znu.

Výhodnější byl včasný výsev. Vyšší intenzita pěstování nezajistila vyšší výnos semen. Při výsevu odrůdy Ponticus je vhodné dodržet agrotechnické lhůty. Zvýšenou úroveň agrotechniky lze uplatnit při pěstování odrůdy Ponticus. Při nižší úrovni agrotechniky se lépe vede odrůdě Viriato. Kompenzace pozdního výsevu zvýšenou intenzitou pěstování se jeví jako neúčelná.

**Klíčová slova:** pšenice ozimá, odrůda, agrotechnika, termín setí, výnos

# **Influence of variety, sowing term and agrotechnology on yield-formating parametrns and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)**

## **Summary**

It is necessary to carry out experiments to increase cultivation efficiency in order to constantly improving winter wheat cultivation technologies and increase yields.

Experiment was carried out in a small fields. The size of the one field was 15 m<sup>2</sup> brutto, 11,250 m<sup>2</sup> netto. Trials were carried out at the Research Station of the Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources of the CULS Prague, which is located in Červený Újezd. The experiment was conducted as a two-year trial in the years 2016 – 2018. The varieties Reform, Sacramento, Viriato, Ponticus and Cesario were planted. Two sowing dates were performed. Sowing was carried out on 18. 10. 2016, 4. 11. 2016., 27. 9. 2017 and 3. 11. 2017. Two levels of cultivation intensity were used for each variant. Sampling took place on the day of harvest and data were subsequently evaluated.

Earlier sowing date has positive effect on yield. The impact of the level of cultivation intensity on the yield has not been proven. In 2017 the number of grains per ear, the number of ears per m<sup>2</sup> and weight of thousand grains were lower than in 2018. The number of grains in the ear and the number of ears per m<sup>2</sup> was significantly influenced by the sowing time. The values of these elements reached higher values in vegetation sown earlier. Weight of thousand grains was not influenced either by sowing time or cultivation intensity. The grain density was not affected by any of the factors examined. In 2018, the content of N-substances in the grain was higher than in 2017. The effect of variety and intensity on the content of N-substances in grain was demonstrated. The Ponticus variety was found to have a higher content of N-substances. It had been proven that the Ponticus variety had the lowest starch content than other varieties.

Sowing date has a major impact on yield. The effect of intensity on yield was not confirmed. The influence of increased cultivation intensity had no impact on the yielding elements. A possible response to the level of cultivation intensity and sowing date can be seen in the Ponticus variety, where the content of N-substances in the grain increased with higher cultivation intensity and the starch content in the grain decreased with a delayed sowing time.

Early sowing is more preferable. Higher cultivation intensity did not ensure higher seed yield. When sowing the Ponticus variety, it is advisable to abide the agrotechnical deadlines. The Viriato variety is more suitable for lower cultivation intensity. An increased level of agricultural technology can be suitable to grow the Ponticus variety. Compensation for late sowing with increased cultivation intensity seems ineffective.

**Keywords:** winter wheat, variety, agrotechnology, sowing term, yield

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Pšenice (<i>Triticum</i>).....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Význam a rozšíření pšenice.....	10
3.1.2	Botanická charakteristika.....	12
3.1.3	Kořenový systém.....	13
3.1.4	Stéblo .....	13
3.1.5	List .....	13
3.1.6	Květenství.....	14
3.1.7	Plod .....	14
3.1.8	Chemické složení zrna.....	15
3.1.8.1	Bílkoviny .....	15
3.1.8.2	Lepek .....	16
3.1.8.3	Sacharidy .....	16
3.1.9	Růst a vývoj .....	17
3.1.10	Tvorba výnosu.....	19
3.1.10.1	Počet klasů .....	20
3.1.10.2	Počet zrna v klase a HTZ.....	21
3.1.10.3	Hmotnost zrna.....	21
<b>3.2</b>	<b>Setí .....</b>	<b>21</b>
3.2.1	Výsevek .....	21
3.2.2	Termín setí .....	22
<b>3.3</b>	<b>Hnojení dusíkem .....</b>	<b>23</b>
3.3.1	Základní hnojení.....	24
3.3.2	Hnojení v průběhu vegetace.....	25
<b>3.4</b>	<b>Odrůdy.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Intenzita pěstování.....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metody .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Pokusná lokalita .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Povětrnostní vlivy.....</b>	<b>32</b>
4.2.1	Povětrnostní vlivy v roce 2016 – 2017:.....	32
4.2.2	Povětrnostní vlivy v roce 2017 – 2018:.....	33
<b>4.3</b>	<b>Technologie pěstování.....</b>	<b>35</b>

4.3.1	Termíny pracovních operací 2016 – 2017 .....	35
4.3.2	Termíny pracovních operací 2017 – 2018 .....	35
<b>4.4</b>	<b>Metody hodnocení .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>37</b>
5.1	Výnos .....	37
5.2	Objemová hmotnost.....	39
5.3	Počet zrn v klasu.....	41
5.4	Hmotnost tisíce zrn .....	43
5.5	Obsah N-látek .....	45
5.6	Obsah škrobu .....	47
5.7	Počet klasů na m <sup>2</sup> .....	49
5.8	Souhrnné hodnocení .....	51
5.8.1	Doporučení pro praxi .....	52
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>56</b>

# 1 Úvod

Shewry & Tatham (2000) uvádějí, že do roku 2000 se každý rok vypěstovalo přes 600 milionů tun pšenice. Velká část této produkce je zkonsumována člověkem, nejčastěji ve formě potravin jako je chléb, těstoviny, nudle atd.

Produkce pšenice neklesá, jelikož podle Wrigley (2009) bylo i v roce 2009 vypěstováno přes 600 milionů tun pšenice. Wrigley (2009) navíc udává, že toto množství zrna bylo vyprodukováno na ploše 220 milionů hektarů s průměrným výnosem 3 t/ha. Z celosvětového hlediska se dá říci, že na jednu osobu připadá 300 g zrna na den.

Přestože velká část pšenice se používá jako potravin pro člověka, nemalá část je spotřebována jako krmivo nebo jako průmyslová surovina (Wrigley 2009).

Jak uvádí Wrigley (2009) pšenice se již integrovala do lidského života a stala se přímo symbolem potravin. Na druhou stranu, hlad je tradičně zobrazován jako nepřítomnost pšenice a chleba. Li et al. (2018) uvádějí, že průměrná roční spotřeba obilnin v Evropě na jednoho obyvatele je 131 kg a z toho je 108 kg pšeničného zrna.

Dle Gooding (2009), důležitost pšenice nespočívá jen v jejím využití jako potravin nebo krmiva. Sláma se dá využít jako zastřešení nebo jako podestýlka pro hospodářská zvířata.

Statut a ekonomická důležitost pšenice odůvodnily investice do výzkumu, šlechtění, technologií hnojení a zavlažování, agrochemie, vylepšování strojů a poradenství, a to vše za účelem zvýšení produkce na jednotku plochy (Gooding 2009).

Také Zimolka et al. (2005) uvádějí, že i v České republice má pšenice výjimečné postavení, které vyplývá z jejího vysokého zastoupení ve struktuře obilnin a plodin pěstovaných na orné půdě. V roce 2005 byla pšenice v obou případech na prvním místě jak u nás, tak v celosvětovém měřítku.

Společně s nárůstem obyvatel a s tím spojeným zvýšeným nárokem na produkci potravin a faktem, že jak uvádějí Petr et al. (1997), pšenici stavíme na první místo mezi obilninami, protože zabezpečuje výživu převážné části lidstva, a proto je nutné zajistit její dostatečně vysokou produkci.

Smysl této diplomové práce příhodně vystihuje Zimolka et al. (2005), kteří uvádějí, že pokud se má zvýšit podíl využití produkčního potenciálu odrůd, musí pěstitel poznat hlavní faktory a možnosti, které ovlivňují výnosotvorný proces.

A právě za účelem stálého zlepšování pěstebních technologií pšenice ozimé a zvyšování výnosů, jsou stále prováděny výzkumy podobně jako v této diplomové práci.



## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo zpracovat a vyhodnotit výnosotvorné prvky a výnos u pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.) s ohledem na termín setí a úroveň pěstitelské agrotechniky. Současně byl hodnocen i vliv odrůd na sledované ukazatele.

Sledovanými ukazateli byly výnos semen, objemová hmotnost, počet zrn v klase, hmotnost tisíce zrn (HTZ), počet klasů na m<sup>2</sup>, obsah dusíkatých látek (N-látek) v zrnu a obsah škrobu v zrnu.

### **Hypotézy:**

- Termín setí zásadním způsobem ovlivňuje výnos pšenice ozimé.
- Při vyšší úrovni agrotechniky je dosahováno vyššího výnosu.
- Testované odrůdy odlišným způsobem reagují na termín setí a úroveň agrotechniky.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Pšenice (*Triticum*)

#### 3.1.1 Význam a rozšíření pšenice

Jak uvádí Wrigley (2009) pšenice patří mezi nejstarší obilniny. Je obecně uznáváno, že jako potravina se pšenice začala pěstovat 10 000 – 8 000 let př. n. l. A jak dodává Gooding (2009), pěstování obilnin byl vždy hlavní faktor při osidlování, rozvoji kultury a růstu populace.

Arendt & Zannini (2013) uvádějí, že *T. aestivum* vzniklo spontánně pravděpodobně v oblasti Íránských vrchovin a v přilehlých lokalitách. Archeologické nálezy udávají dobu vzniku na 6 000 let př. n. l.

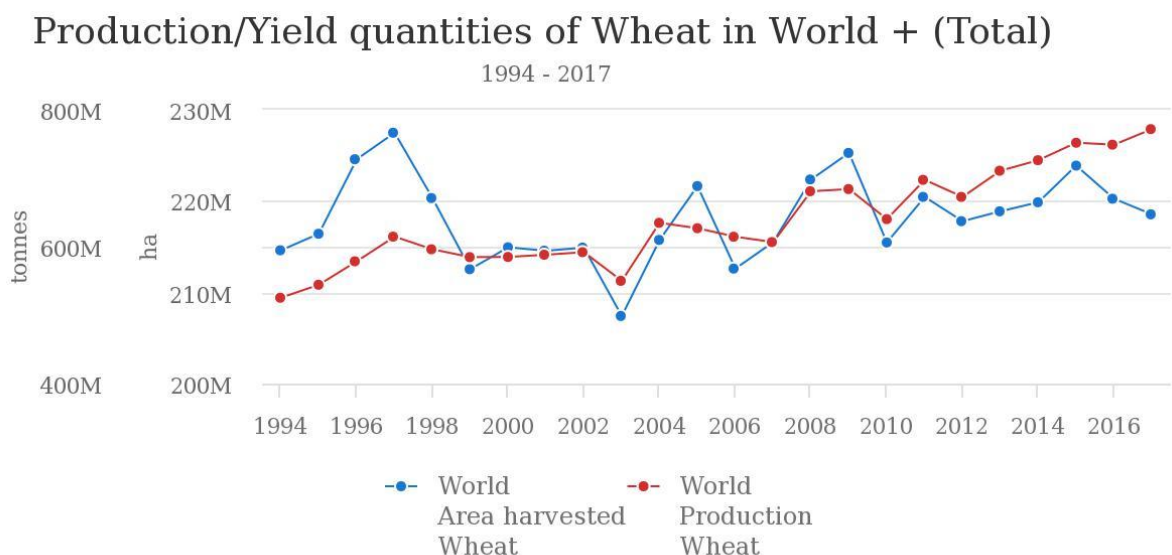
Petr et al. (1997) uvádějí, že první divoké formy pocházejí z oblasti dnešního Iráku, Sýrie, Palestiny, Izraele, severního Egypta, Íránu, Afganistánu a Kavkazu. Za výhozí druh je považován *Aegilops speltoides*.

Dle Petra et al. (1997) je pšenice rozšířena od studených a vlhkých severních oblastí až po tropické oblasti rovníku. Na severní polokouli se pšenice pěstuje převážně mezi 30° – 60° severní šířky a na jižní polokouli mezi 27° – 40° jižní šířky.

Jak dále uvádí Petr e. al. (1997) byly v roce 1997 osevní plochy pšenice ve světě největší a činily 230 mil. hektarů s výnosem 2,3 – 2,6 tuny na hektar. Světová produkce obilí se v letech 1992 – 1996 pohybovala kolem 1 750 mil. tun a z toho 550 mil. tun tvořila produkce pšenice.

Jak udává Graf 1, po celém světě se pšenice v roce 2017 pěstovala na celkové výměře kolem 218 milionu hektarů a produkce dosahovala 771 milionu tun.

Graf 1: Světová produkce pšenice (mil. t, mil. ha). Zdroj: FAOSTAT.



Source: FAOSTAT (Feb 13, 2019)

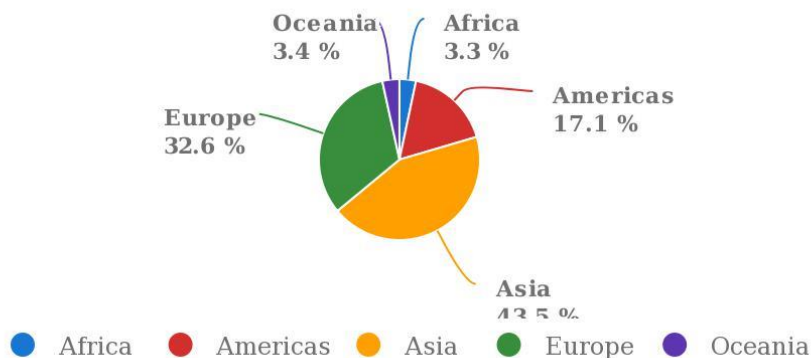
Z celkové produkce připadá největší podíl Asii, kde se mezi roky 1994 – 2017 vyprodukovalo průměrně 43,5 % z celkové produkce. Za Asií následuje s podílem 32,6 %

Evropa. Na třetím místě se umístila Amerika s průměrem 17,1 %. Naopak nejmenší produkce připadá na Oceánii s 3,4 % a Afriku s 3,3 % podílem (viz Graf 2).

Graf 2: Produkce pšenice v regionech (%). Zdroj: FAOSTAT.

## Production share of Wheat by region

Average 1994 - 2017



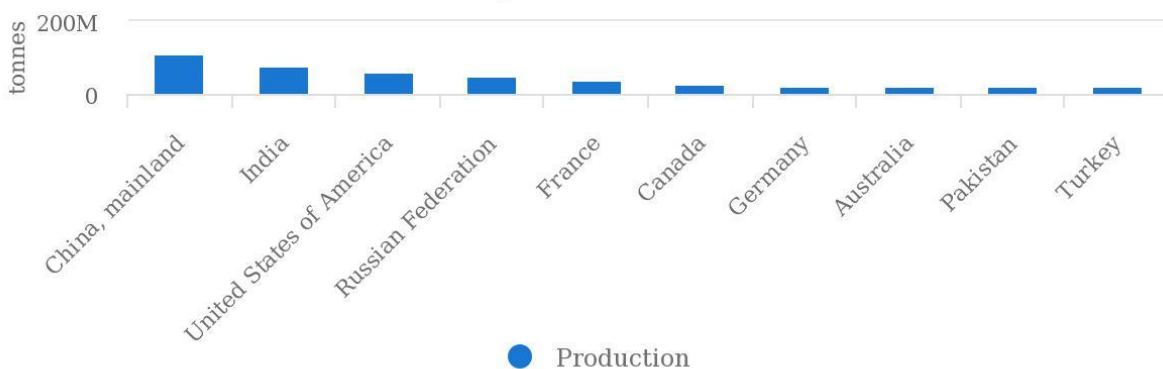
Source: FAOSTAT (Feb 13, 2019)

Z Grafu 3 vyplývá, že největším producentem pšenice je Čína, kde se v letech 1994 – 2017 vyprodukovalo průměrně 111 mil. tun pšenice. Druhým největším producentem je Indie s průměrnou produkcí 77 mil. tun a na třetím místě s produkcí 58 mil. tun se umístily Spojené státy americké. Ze západoevropských států má největší průměrnou produkci Francie, a to 36 mil. tun. Ve světovém měřítku je Francie pátým největším producentem pšenice.

Graf 3: 10 největších producentů pšenice (mil. t). Zdroj: FAOSTAT.

## Production of Wheat: top 10 producers

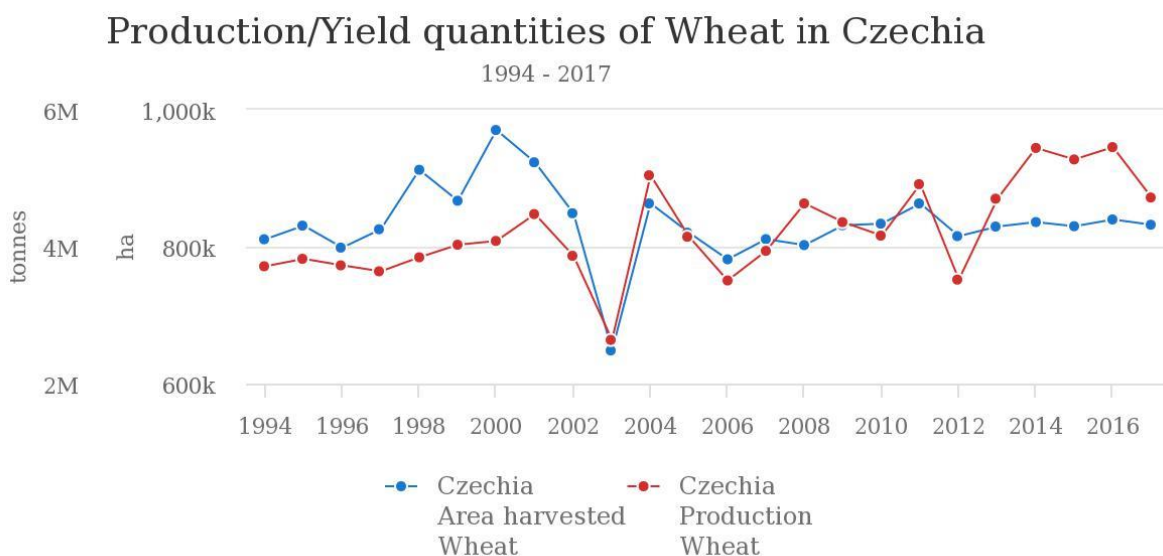
Average 1994 - 2017



Source: FAOSTAT (Feb 13, 2019)

V České republice se za rok 2017 vyprodukovalo 4,7 milionu tun pšenice na celkové výměře 832 tis hektarů. Největší množství vyprodukované pšenice bylo v ČR od roku 1994 v roce 2016, a to 5 454 000 tun. Naopak nejnižší produkce byla v roce 2003 (2 637 000 tun). V roce 2003 byla v ČR zároveň i nejmenší výměra pšenice od roku 1994 (648 tis. ha). Nejvíce pšenice se pěstovalo v roce 2000, kdy výměra činila 970 tis. ha (viz Graf 4).

Graf 4: Produkce pšenice v ČR (mil. t, tis. ha). Zdroj: FAOSTAT.



### 3.1.2 Botanická charakteristika

Rosypal et al. (2003) uvádějí, že se pšenice řadí do třídy Liliopsida (jednoděložné), řádu Poales (lipnicotvaré). Dle Karabínové et al. (1999) se rod pšenice (*Triticum L.*) dále řadí do čeledi Poaceae (lipnicovité). Do tohoto rodu patří několik druhů a značný počet forem a odrůd. Křen et al. (1998) rozlišují pšenice na pšenici obecnou (*Triticum aestivum*) a pšenici tvrdou (*Triticum durum*).

Petr et al. (1997) dělí pšenici na tři podrody:

1. diploidní pšenice se 14 chromozómy ( $2n=14$ ),
2. tetraploidní pšenice s 28 chromozómy ( $2n=28$ ),
3. hexaploidní pšenice se 42 chromozómy ( $2n=42$ ).

Jak dále Petr et al. (1997) uvádějí, lze do každých skupin zařadit několik pšenic. Do **diploidní skupiny** lze zařadit pšenici planou jednozrnku (*Triticum boeoticum*) a pšenici kulturní jednozrnku (*Triticum monococcum L.*) **Skupina tetraploidních** zahrnuje pšenici planou dvouzrnku (*Triticum dicoccoides L.*), pšenici dvouzrnku (*Triticum dicoccum*), pšenici Timofejevovu (*Triticum timopheevi*), pšenici tvrdou (*Triticum durum*), pšenici naduřelou (*Triticum turgidum*) a pšenici poskou (*triticum polonicum L.*) Do **skupiny hexaploidní** patří pšenice špalda (*Triticum spelta L.*) a pšenice setá (*Triticum aestivum L.*).

Pšenice špalda se dle Petra et al. (1997) považuje za nejstarší hexaploidní pšenici. Zkřížením tetraploidních druhů s jinými druhy *Aegilops* vznikly hexaploidní pšenice, tedy i dnešní pšenice setá *T. aestivum L.*

Karabínová et al. (1999) také dále uvádějí, že druhy patřící pod příslušný podrod se mezi sebou mohou snadno křížit a poskytovat fertlní potomstvo. Každý podrod se dále může dělit na tři typy:

1. bezpluchaté čili nahé pšenice,
2. pluchaté pšenice,
3. nekulturní plané pšenice.

Dle Zimolka et al. (2000) lze z botanického hlediska dělit druh *T. aestivum* na čtyři variety podle barvy a osinatosti klasů:

1. *lutescens* – bílý klas, bez osin, většina odrůd,
2. *milturum* – červený klas, bez osin,
3. *erythrosperrum* – bílý klas, osinatý,
4. *ferrugineum* – klas červený, osinatý.

Pšenice obecná (*Triticum aestivum* L.) je mnohozrnný, morfologicky a ekologicky značně plastický druh. Příčný řez klasem je čtvercový. Pluchy lze najít osinaté, ale i bezosinaté. Formy jsou jak ozimé, tak jarní (Špaldon et al. 1986).

### 3.1.3 Kořenový systém

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že klíčící semena pšenice ozimé vytvářejí různý počet zárodečných kořínků. A to v závislosti na druhu, odrůdě a velikosti zrn, úrodnosti a vlhkosti půdy, termínu setí a na dalších faktorech. Obvykle se utváří tři až pět zárodečných kořínků.

Jak dále uvádějí Špaldon et al. (1986), adventivní kořínky se začínají vytvářet po vytvoření odnožovacího kolénka, což bývá zpravidla 18 – 29 dní po vzejití. Na koncích adventivních a zárodečných kořínků se nachází velké množství kořenového vlášení, které plní důležitou funkci při příjmu živin a vody.

Optimální teplota pro růst kořenů se považuje teplota 14 – 16 °C. Kořeny mohou sahat do hloubky až 1,5 – 1,8 m, ale většina kořenové hmoty se nachází v hloubce 0,3 m (Špaldon et al. 1986).

### 3.1.4 Stéblo

Dle Rosypala et al. (2003) je pro třídu Liliopsida většinou charakteristická ataktostéliská stavba stonku, který druhotně netloustne.

Jak udává Petr et al. (1997) stéblo se začíná tvořit až po přechodu rostliny do generativního období, tj. když se na vzrostlém vrcholu založí kláskové hrbolky. Stéblo je tvořeno články (internodia), které oddělují kolénka, která zpevňují stéblo. Stéblo má 5 – 9 (někdy více) internodií. Listy vyrůstají z kolének a jejich pochva objímá stéblo.

Stonkem lipnicovitých je stéblo, jak uvádí Špaldon et al. (1986). Je válcovitého tvaru a může být duté (pšenice obecná) nebo pod klasem částečně vyplněné křehkým parenchymatickým pletivem (pšenice tvrdá). Stéblo je po celé délce rozděleno na pět až šest článků pomocí kolének. Délka závisí na vlhkosti, úrodnosti půdy, hnojení, vlastnostech odrůdy atd.

### 3.1.5 List

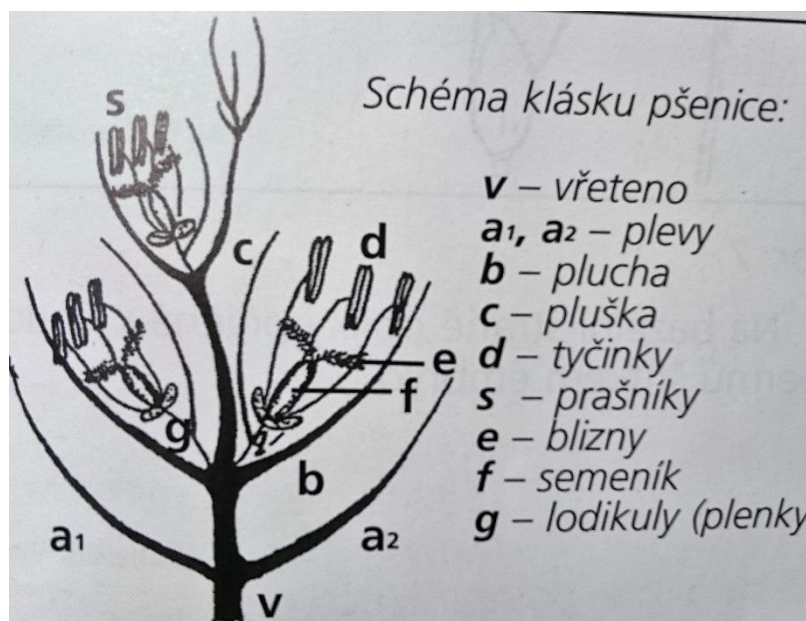
Rosypal et al. (2003) uvádějí, že listy jsou úzce čárkovité, skládají se z pochvy a čepele, kdy pochva obepíná stéblo. Petr et al. (1997) dále uvádějí, že na rozhraní pochvy a listové

čepele se nachází útvary ouška a blanitý jazýček. Podle jejich velikosti a tvaru lze před vymetáním rozpoznat jednotlivé obilní druhy.

### 3.1.6 Květenství

Jak uvádí Petr et al. (1997) květenstvím pšenice je klas. Osu klasu tvoří vřeteno, které je tvořeno články, na které přisedají klásky. Rosypal et al. (2003) pak dále uvádějí, že mezi kláskovými plevami jsou umístěné květy. Květy jsou oboupohlavné a dvoudomé.

Každý květ je ze stran chráněn pluchou a pluškou, kdy plucha se nachází z vnější strany a pluška z vnitřní (viz Obrázek 1). Tvar a zakončení pluchy jsou důležité znaky pro určování odrůdy. Nejdůležitější částí květu je pestík a tři tyčinky, nacházející se mezi pluchou a pluškou (Petr et al. 1997).



Obrázek 1: Schéma klásku pšenice. Zdroj: Zimolka et al. 2005.

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že klásek má dva až pět, ale i více květů, ze kterých jsou obvykle jeden až dva horní květy sterilní. U osinatých forem je plucha zakončena osinou. Barva klasu může být bílá, nažloutlá, červená a černá.

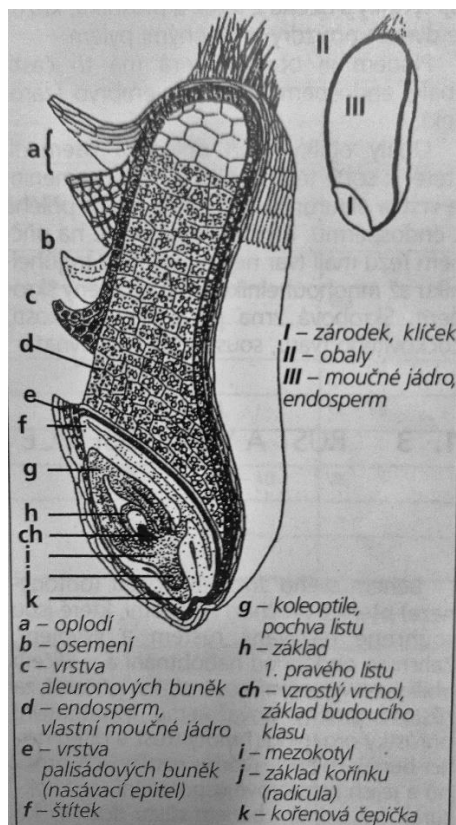
### 3.1.7 Plod

Jak uvádí Zimolka et al. (2000) plodem je obilka (karyopsis). Jedná se o suchý jednosemenný plod. Může být pluchatá nebo nahá. Špaldon et al. (1986) dodávají, že obilka je podlouhlá, někdy obvejčitá, může být různě zbarvená a v závislosti na odrůdě, půdních a klimatických podmínkách i různého chemického složení.

Zimolka et al. (2000) uvádějí, že obilka se skládá ze tří hlavních částí: obalové vrstvy, endospermu a klíčku (viz Obrázek 2). Endosperm zaujímá podstatnou část obilky (85 % hmotnosti). V endospermu jsou uloženy zásobní látky, a to škrobová zrna v moučném jádře a bílkoviny v aleuronové vrstvě, která je po obvodu endospermu.

Zárodek se nachází na dolní, hřbetní části zrna a brvitá chocholka v podobě štětičky na horní části zrna. Zárodek se skládá ze štítku, zárodečných kořínků a růstového pupenu (viz

Obrázek 2). Růstový pupen tvoří klíčnicí pochva (koleoptile), 2 – 4 klíčnicí lístky a růstový vrchol (Špaldon et al. 1986).



Obrázek 2: Schéma obilky. Zdroj: Zimolka et al. 2005

### 3.1.8 Chemické složení zrna

Jak uvádí Špaldon et al. (1986), zrno pšenice obsahuje průměrně 13,6 % vody, 63,8 % bezdusíkatých extraktivních látek, 2,2 % hrubého tuku, 2,4 % bučiny a 2 % popelovin. Götz et al. (2017) uvádějí, že obsah bílkovin v zrně se pohybuje kolem 10 – 15 %. Nicméně podle jiných zdrojů, např. Palík et al. (2009) obsahuje zrno pšenice 8 – 20 % bílkovin.

Podle Špaldona et al. (1986) se kvalita bílkovin určuje podle složení aminokyselin. A jak uvádějí Lafiandra et al. (2000), právě obsah, vlastnosti lepkových bílkovin a jejich interakce významně ovlivňují kvalitu zrna, respektive kvalitu mouky vyrobené z těchto zrn.

Např. Sarb & Tabara (2012) uvádějí, že v klimatických podmínkách na území Rumunska (město Curtici) se projevil vliv odrůdy na chemickém složení zrna. Odrůdy Hence a Boema měly v roce 2010 rekordně nejvyšší obsah lepku (30 %) a obsah bílkovin byl 15,07 %. Tyto hodnoty jsou považovány za velmi dobré.

#### 3.1.8.1 Bílkoviny

Bílkoviny se dělí podle nejrůznějších hledisek. Dle Palíka et al. (2009) je rozdělení možné např. podle rozpustnosti, velikosti molekul, chemického složení atd. Palík et al. (2009) dále uvádějí, že klasické Osbornovo rozdělení třídí bílkoviny podle jejich rozpustnosti na **albuminy**

rozpuštěné ve vodě, **globuliny** rozpustné v solných roztocích, **prolaminy** rozpustné v 70 – 90 % alkoholu a **gluteliny** rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad.

Jak uvádí Lafiandra et al. (2000), je komplex pšeničných bílkovin složen z monomerních gliadinů a polymerických gluteninů. Palík et al. (2009) upřesňuje, že pšeničné prolaminy se nazývají gliadiny a gluteliny se nazývají gluteniny. Souhrně jsou pak gliadiny a gluteniny označovány jako lepkové bílkoviny.

Dle Špaldona et al. (1986) se relativně větší množství bílkovin nachází v aleuronové vrstvě a v klíčku. V endospermu je bílkovin méně a od obvodu do středu zrna obsah ubývá.

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že fyzikální a chemické vlastnosti lepku jsou ovlivněny především odrůdou. Jak uvádí Asseng et al. (2019) množství lepku je pak ovlivněno pěstitelskými podmínkami např. i obsahem CO<sub>2</sub> ve vzduchu. Wollmer et al. (2018) dodávají, že pokud má být zrna dostatečně kvalitní pro pekařské účely je nutné, aby v sušině jádra obsahovalo 12 – 14 % bílkovin.

Lze říci, že čím více druhů aminokyselin bílkoviny obsahují, tím vyšší je hodnota zrna. Obzvláště významné jsou aminokyseliny, které není lidský organismus schopen syntetizovat a musí je dostávat v potravě. Jsou to především valin, izoleucin, leucin, treonin, metionin, histidin, lyzin, tryptofan a fenylalanin (Špaldon et al. 1986).

### 3.1.8.2 Lepek

Aksamit & Faměra (2008) definují lepek jako soubor bílkovin zrna, které po navlhčení nabobtnají. Jakost lepku závisí hlavně na odrůdě. Liao et al. (2019) uvádějí, že lepek se dále dělí na gliadin a glutelin. Dle Aksamit & Faměra (2008) jsou důležitou složkou lepku také lipidy, které hrají důležitou úlohu při vypírání a rafinaci škrobu. Lepek obsahuje i adsorbované enzymy jako je beta-amyláza, proteázy, polyfenoldiázy a katalázy.

Podle Liao et al. (2019) není lepek složen jen z bílkovin. Obsahuje také lipidy (3,5 – 6,8 %), minerály (0,5 – 0,9 %) a polysacharidy škrobové nebo bez škrobu (7 – 16 %).

### 3.1.8.3 Sacharidy

Aksamit & Faměra (2008) uvádějí, že cukry tvoří podstatnou část pšeničného zrna. Sem patří polysacharidy – škrob, vláknina, hemicelulóza, pentozany a celulóza. Dále pak jednoduché cukry (oligosacharidy, monosacharidy) a sacharidy jako součást složitých komplexů s lipidy a proteiny – glykolipidy a glykoproteiny. Dle D'Appolonia & Rayas-Duarte (1994) je největší složkou sacharidů škrob a představuje 65 – 75 % pšeničné mouky.

Škrob jako zásobní látka se tvoří a ukládá nejvíce ve vnitřních vrstvách endospermu. Obsah škrobu v endospermu nabývá od pátého dne kvetení (Aksamit & Faměra 2008). Dle Botticella et al. (2018) je škrob složen ze dvou polysacharidů – amylosy a amylopektinu v poměru zhruba 1:3.

Obsah škrobu v zrna kolísá mezi 50 – 80 % a jeho množství závisí na odrůdě a pěstitelských podmínkách. Škrob ve vodě bobtná, a po zahřátí se vytváří škrobový maz. Toto



má velký význam při výrobě pečiva (Palík et al. 2009). Botticella et al. (2018) uvádějí jiné rozpětí obsahu škrobu v endospermu, a to 70 – 80 %.

### 3.1.9 Růst a vývoj

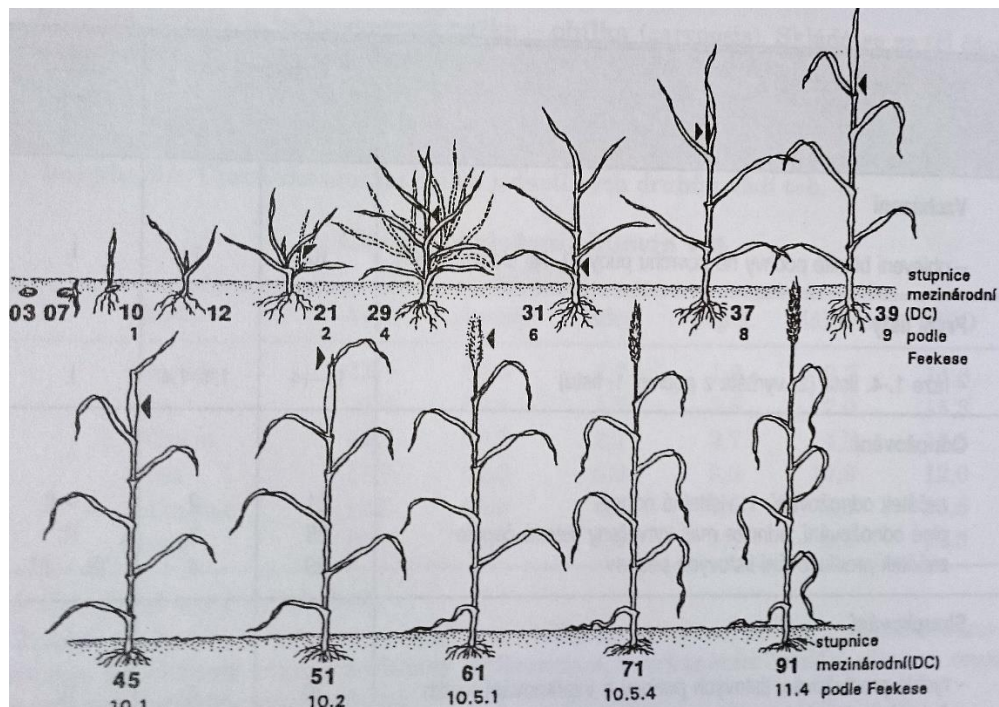
Zimolka et al. (2005) označuje období růstu a vývoje jako dobu od nabobtnání a vyklíčení obilky do vytvoření nové obilky, přičemž za změny v růstu považuje kvantitativní přírůstky organické hmoty (růst a diferenciaci buněk, pletiv), tvorbu rostlinných orgánů a jejich prostorové uspořádání.

Faměra (1993) uvádí, že v průběhu vegetace procházejí rostliny změnami, které se projevují morfologickými a anatomickými změnami.

Ontogeneze rostlin se dá z praktického hlediska rozdělit na fázi vegetativní (klíčení, vzcházení, odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení, zrání) (Karabínová et al. 1999).

Jak uvádí Faměra (1993) vnější znaky se hodnotí podle makrofenologické stupnice a organogenezi vzrostlého vrcholu zachycuje mikrofenologická stupnice podle Kupermanové.

Dle Petra et al. (1997) patří k nejběžnější makrofenologická stupnice dle holandského šlechtitele Feekese, kterou u nás v roce 1974 rozšířil Petr na 12 fází, pro potřeby sblížení s mikrofenologickou stupnicí podle Kupermanové (etapy organogeneze vzrostlého vrcholu). Nicméně dnes převažuje využití mezinárodní stupnice s desetinným kódem (DC) dle Zadokse (viz Obrázek 3).



Obrázek 3: Makrofenologická stupnice obilnin. Zdroj: Petr et al. 1997.

Pro přesnější sledování vývojového procesu, v zájmu stanovení kritického období pro tvorbu výnosu a optimálních termínů agrotechnických zásahů, rozlišujeme jednotlivé etapy organogeneze podle mikrofenologické metody (Zimolka et al. 2005).

### **Popis etap organogeneze vzrostlého vrcholu dle Petra et al. (2005):**

**I. etapa:** Zcela jednoduchý, nediferencovaný vzrostlý vrchol. Vzrostlý vrchol vytváří polokulovitý útvar. Velikost je asi 0,3 – 0,6 mm, někdy více. U základů vzrostlého vrcholu se začínají tvořit první listy. Lze jej nalézt od klíčení přes vzcházení až do odnožování.

**II. etapa:** Začátek prodlužování vzrostlého vrcholu. Velikost dosahuje 0,5 – 0,8 mm. Nastává diferenciace pletiva na budoucí články stébla, kolénka a začínají se formovat základy listů. V úžlabí každého listu se utváří nový vzrostlý vrchol jako základ budoucí odnože.

**III. etapa:** Vrchol se prodlužuje a nastává rýhování (vytváření valů). Vytváří se větší počet listových základů a celý vzrostlý vrchol představuje základ klasového větene. Délka vzrostlého vrcholu se může pohybovat kolem 0,7 – 1,5 mm. Zde se v závislosti na podmínkách průběhu tohoto období a na podmínkách růstu formuje délka budoucího klasu.

**IV. etapa:** Zde se tvoří kláskové hrbolky, vzrostlý vrchol se splošťuje a poznáváme v něm tvar klasu. V závislosti na odrůdě a podmínkách vývoje se formuje určitý počet klásků. V této etapě se od sebe začínají oddalovat kolénka nahloučená pod vzrostlým vrcholem, což je vlastně začátek sloupkování. Tato etapa indikuje přechod z vegetativní do generativní fáze.

**V. etapa:** Tato etapa je charakterizována formováním kvítků – zakládáním kvítkových hrbolků a jejich diferenciací. Protože je tato etapa dosti obsáhlá, je lepší ji rozdělit na podetapy. Podetapa **V.a)** je charakterizována tím, že se na kláskovém hrbolku začíná tvořit polokulovitý útvar ohraničený rýhou. Později se tento útvar dělí na základy kvítků a rýha je základem budoucí plevy. V podetapě **V.b)** se dále diferencuje kláskový hrbolok na tři i více menších polokulovitých útvarů – základy jednotlivých kvítků – pluchy a plušky. Zde se formuje důležitý prvek – počer zrn. V podetapě **V.c)** se vytvářejí základy prašníků a pestíků a tvoří se archesporiální buňky.

**VI. etapa:** Zde dochází k další diferenciaci prašníků a pestíků. Pokračuje tvorba obalových složek klásků a kvítků. Tato etapa souvisí s obdobím sloupkování.

**VII. etapa:** Probíhá dokončení formování pohlavních orgánů (prašníky a pestíky). Tyčinky se prodlužují a rostou květní obaly. Prodlužují se články klasového větene a u osinatých odrůd rychle rostou osiny. Dokončí se skryté procesy organogeneze, které probíhají v pochvě posledního listu.

Zbylé etapy lze definovat fenologickými fázemi: **VIII.** – metání, **IX.** – kvetení, **X.** – tvorba obilky, **XI.** – mléčná zralost, **XII.** – žlutá a plná zralost.

Špaldon et al. (1986) popisují **makrofenologickou stupnici** na Obrázku 3 takto:

**Klíčení a vzcházení:** Špaldon et al. (1986) uvádějí, že klíčení probíhá ze určitých vlhkostních a teplotních podmínek. Pšenice může klíčit již při 3 – 4 °C, nicméně v přírodních podmínkách rovnoměrné klíčení zajišťuje vlhkost 60 – 70 % polní vodní kapacity a teplota 14 – 18 °C. Po nabobtnání začnou zrna klíčit. Petr et al. (1997) dodávají, že nejdříve rostou zárodečné kořínky a po nich stéblový výhonek.

**Vzcházení:** Začíná v okamžiku, kdy koleoptile prorazí obal a začne pronikat přímo na povrch půdy. Zpomalený růst koleoptile způsobí, že se koleoptile začne trhat a objeví se první

list. Rychlost vzcházení ovlivňuje teplota a množství vody, struktura půdy, termín a kvalita setí. Při správných podmínkách se první rostlinky objevují 7 – 10 dní po setí.

**Odnožování:** Odnožování nastává několik dní po vzejití, jak uvádí Špaldon et. al. (1986). Z podzemních stéblových kolének se vytvářejí odnože. Odnožovací uzel je velmi citlivé místo rostliny (Petr et al. 1997). Špaldon et al. (1986) uvádějí, že jeho poškození má za následek oslabení růstu a odumření rostliny.

Doba od vzcházení do odnožování závisí na teplotě, množství půdní vody, agrotechnice a dalších faktorech. Pokud je suchý podzim a opozdí se termín setí, může se odnožování přesunout až do jarního období (Špaldon et al. 1986).

**Sloupkování:** Začíná na konci odnožování, v momentě, kdy je možné uvnitř listové pochvy hlavního stébla lehce nahmatat stéblová kolénka. Délka od počátku jarní vegetace do sloupkování se pohybuje kolem 25 – 45 dní v závislosti na termínu setí, způsobu setí a počasí.

**Metání:** Metání je fáze, kdy se začínají v pochvách horních listů objevovat květenství. Formování klasu závisí na termínu setí, teplotě vzduchu, a délce dne a může se odchýlit o 8 – 10 dní.

**Kvetení:** Může za příznivých podmínek následovat ihned po vymetání. Pšenice je samosprašná rostlina, ale za příznivých podmínek se může opylit i cizím pylem. Kvetení probíhá po dobu 24 hodin, i když v noci je méně intenzivní. Jednotlivé klasy kvetou 3 – 5 dní a celý porost kvete 6 – 9 dní. Délka kvetení závisí na odrůdě a průběhu počasí.

**Dozrávání:** Po opylení květů a oplodnění vaječné buňky v semeníku nastává období formování zrna (dozrávání). Růst stébla se zastavuje a živiny z listů a stébla proudí do vznikajícího zrna. Za 12 – 16 dní zrno dosahuje mléčné zralosti a získává svoji konečnou podobu a délku. Poté začíná období nalévání zrna, které je charakteristické zřetelným zvětšováním šířky i síly zrna.

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že několik dní po mléčné zralosti následuje vosková zralost a jejím charakteristickým znakem je žloutnutí zrna. Obsah vody klesá na 40 – 35 % a následuje žlutá zralost, při které žloutnou a odumírají listy a stébla. Zrno dále vysychá a následuje plná zralost, ve které je v zrnu jen 20 – 16 % vody.

Formování, nalévání a dozrávání zrna trvá za správných vlhkostních podmínek a průběhu počasí koncem června a v červenci asi 30 dní (Špaldon et al. 1986).

### 3.1.10 Tvorba výnosu

Petr et al. (1999) uvádějí, že výnos zrna obilnin je tvořen třemi základními výnosovými prvky. Jsou to: počet klasů na plošnou jednotku, počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn (HTZ). Tyto komponenty lze následně specifikovat do dalších souvislostí.

Dle Karabínové et al. (1999) se každý výnosotvorný prvek většinou tvoří samostatně v určitém časovém období a Faměra (1993) dodává, že každý prvek má fázi zakládání, maximální úroveň a redukce. Jednotlivé prvky na sebe svojí tvorbou postupně navazují anebo se částečně překrývají. Stehnová et al. (2017) uvádějí, že jednou z nejdůležitějších fází pro tvorbu výnosu zrna je fáze kvetení.

Procházková et al. (2017) dále uvádějí, že z hlediska negativního dopadu sucha je nejdůležitější období od dubna do června, kdy probíhají fáze vývoje a tvorby výnosu citlivé na suchu. Jak uvádějí Stehnová et al. (2017), jedná se především o fáze kvetení, nalévání zrna a odnožování.

Podle Karabínové et al. (1999) lze mnohé z faktorů, které se podílejí na tvorbě výnosu ovlivnit a upravit tak, aby příznivě působily na růst a vývoj, nicméně nedokážeme zatím ovlivnit všechny.

V pokusech Uddin et al. (2016) byl pozorován vliv termínu setí na vlastnosti rostlin a byla zjištěna závislost termínu setí na délce vegetativního období, počtu klasů a výšce rostlin. Rostliny zaseté 12. prosince měly delší vegetativní fázi (77 dní) a kratší reprodukční fázi. Porosty seté 20. listopadu byly nejvyšší, ale měly nejmenší počet klasů na plochu. Nejvyšší hmotnost zrna a počet zrn v klasu měly rostliny vyseté 1. prosince. V tomto pokusu porost poskytl nejvyšší výnos při setí 1. prosince.

#### 3.1.10.1 Počet klasů

Počet klasů na jednotce plochy je základním prvkem výnosu a je daný počtem rostlin na jednotce plochy a počtem produktivních odnoží (Faměra 1993).

#### **Počet rostlin na jednotce plochy**

Počet rostlin je dán výsevkem a postupně ubývá od zasetí do sklizně. Období setí a vzcházení je první kritické období vlivu počasí na tvorbu výnosu. Nejdůležitějším faktorem v době vzcházení je vláha. Další redukce počtu rostlin nastává v zimním období. Při normálním průběhu zimy se počet rostlin sníží asi o 10 – 20 %. K další redukci počtu rostlin dochází v období od nástupu jara do sklizně (vyjarování) (Karabínová et al. 1999).

Dle Petra et al. (1997) lze jednotlivé faktory shrnout do několika bodů: biologická a semenářská hodnota osiva, setí (výsevok, způsob setí, hloubka setí, doba setí), vzcházivost, redukce rostlin vlivem nepříznivých činitelů a mezidruhové a vnitrodruhové vztahy.

#### **Odnožování**

Jak uvádí Karabínová et al. (1999), jedná se o významný prvek autoregulace hustoty porostu. Podle Petra et al. (1997) je odnožování ovlivněno druhem a odrůdou, počasím, plochou půdy, výživou, agrotechnikou, konkurencí, rychlostí růstu a poškozením. Dle Karabínové et al. (1999) je odnožování do značné míry ovlivňováno stupněm apikální dominance. Potlačení apikální dominance se podpoří odnožování.

Karabínová et al. (1999) uvádějí, že brzký nástup jara a tím prodloužené vegetační období má pozitivní vliv na odnožování. Na zachování odnoží má pozitivní vliv vlhčí průběh počasí zejména v dubnu a v květnu, což omezuje redukci počtu odnoží.

Procházková et al. (2017) zkoumali závislost intenzity sucha a výnosem pšenice a dospěli k závěru, že ke statisticky průkazné závislosti bylo dosaženo v měsíci březnu (1. – 3. dekáda), právě ve fázi odnožování, která rozhoduje o počtu nasazených klasů.

### 3.1.10.2 Počet zrna v klase a HTZ

Proces formování produktivity klasu probíhá podle Zimolky et al. (2005) v období od III. do V. etapy ontogeneze, což spadá do druhé poloviny dubna a na měsíc květen. Dle Karabínové et al. (1999) se při dostatku vody, živin a v chladnějším počasí zakládají delší klasy s větším počtem klásků a kvítků.

O konečném počtu zrn rozhoduje proces redukce založených kvítků, který probíhá od VI. do VII. etapy organogeneze. Konečný počet zrn a jejich hmotnost však závisí také na povětrnostních podmínkách v období kvetení a tvorby zrna. Čím delší je období kvetení, tím se vytváří více zrn v klase (Karabínová et al. 1999).

Wang et al. (2015) ve své studii uvádějí, že počet zrn v klase byl ovlivněn velikostí výsevku. Při výsevku 187,5 kg/ha bylo dosaženo o 30,7 % vyššího výnosu než při výsevku 375 kg/ha. Z toho vyplývá, že se zvýšením výsevku dochází ke snížení průměrného počtu zrn v klase. V pokusu byl zkoumán i vliv výsevku na hmotnost tisíce zrn (HTZ). Průměrná HTZ se se zvýšením výsevku snížila.

### 3.1.10.3 Hmotnost zrna

Dle Karabínové et al. (1999) závisí hmotnost zrna na délce období nalévání zrna a rychlosti růstu. Vysoká teplota zpomaluje ukládání škrobu v zrně a tím snižuje jejich hmotnost. Za optimální teplotu se považuje 15 – 20 °C.

Vodní deficit je významným faktorem redukce hmotnosti zrn, nicméně nadbytek vody v období dozrávání je také nepříznivý, protože dochází k omezení transpirace a tím i transportu cytokyninu do nadzemních orgánů. Cytokinin ovlivňuje délku životnosti asimilačních orgánů, nalévání zrna a celkovou úložnou kapacitu (počet zrn) (Karabínová et al. 1999).

## 3.2 Setí

### 3.2.1 Výsevek

Špaldon et al. (1986) uvádějí jako optimální velikost výsevku 4 – 5 mil. klíčivých zrn na hektar. Zimolka et al. (2005) naproti tomu uvádějí velikost výsevku 2,5 – 3 mil. klíčivých semen na hektar za předpokladu optimálních parametrů seťového lůžka. Zimolka et al. (2000) dále rozdělují velikost výsevku podle odnožovací schopnosti odrůd. U středně až vysoce odnožujících Zimolka et al. (2000) uvádějí výsevek 4,0 – 4,5 milionu klíčivých semen a u méně odnožujících až 5,0 milionů klíčivých semen.

Křen et al. (1998) poukazují na to, že na méně úrodných půdách, za sucha a při opožděném setí je potřeba zvyšovat výsevek o 10 – 15 %. Zimolka et al. (2000) dále dodávají, že u množitelských porostů se výsevek snižuje o 0,5 milionu klíčivých semen.

Dle Petra et al. (1997) se za optimální výsevek považuje množství 400 – 500 obilek. Což je stejné množství, které uvádí Špaldon et al. (1986). Petr et al. (1997) dále uvádějí, že během vegetace počet rostlin ubývá vlivem různých faktorů, nejčastěji však vlivem počasí. Základním stavem pro tvorbu výnosu je optimální počet rostlin na ploše, který by měl dle Petra et al. (1997) být na jaře 250 – 350 rostlin na 1 m<sup>2</sup>.

Jak uvádí Faměra (1993), v závislosti na odrůdě a stanovišti se doporučuje výsevek 400 – 600 obilek na m<sup>2</sup>. Petr et al. (1997) dále uvádějí, že naopak při kvalitní předseťové přípravě a v úrodných podmínkách lze výsevek snížit na 400 obilek, někdy dokonce na 300 – 350 obilek na m<sup>2</sup>.

Z pokusu, které provedl Wang et al. (2015) v provincii Hebei na pokusné stanici Quzhou vyplývá, že optimální výsevek pšenice pro tuto oblast činí 225 – 262,5 kg/ha. Při výsevku 375 kg/ha bylo dosaženo nejmenších výnosů. Naopak při výsevku 225 kg/ha bylo dosaženo nejvyššího výnosu.

Guberac et al. (2000) uvádějí, že při pokusech v Chorvatsku byl zkoumán vliv výsevku na výnosotvorné prvky pšenice. Z pokusů vyplynulo, že výsevek má zásadní vliv na počet klasů na ploše. Největšího počtu klasů (738,38 klasů/m<sup>2</sup>) bylo dosaženo výsevkem 700 klíčivých semen na m<sup>2</sup>. Dle Guberac et al. (2005) bylo stejného výsledku bylo dosaženo i v roce 2005, kdy se zkoumala nová chorvatská odrůda ozimé pšenice. Největšího počtu klasů (794,8 klasů/m<sup>2</sup>) bylo také dosaženo při výsevku 700 klíčivých semen na m<sup>2</sup>.

Dále Petr et al. (1997) uvádějí, že při počtu 250 – 350 rostlin na m<sup>2</sup> se založí potřebný počet silných odnoží, které vytvoří klas. Počet všech odnoží se může pohybovat kolem 2000. Počet silných stébel v období sloupkování by měl být 1600 – 1900 na m<sup>2</sup>. Dle Petra et al. (1997) by v době sklizně mělo zůstat 600 – 750 klasů.

Zimolka et al. (2000) popisují dva možné negativní vlivy způsobené nerovnoměrností v hustotě porostů. Jsou to přímé a nepřímé vlivy. Přímé vlivy jsou způsobeny větší konkurencí v přehuštěném porostu a naopak nevyužíváním zdrojů v řídkých porostech. Nepřímé vlivy jsou pak způsobeny zvýšeným výskytem chorob v heterogenním mikroklimatu porostu.

Sun et al. (2013) uvádějí, že z pokusů prováděných stanicí Luancheng v Číně, bylo zjištěno, že rostliny hůře využívají sluneční záření, pokud se navýší výsevek. Nicméně využití záření se nezvýšilo s větším výsevkem při opožděném setí. Pokus dále potvrzuje, že navýšením výsevku se dá do jisté míry kompenzovat opožděné setí.

Další pokusy, které prováděl Ma et al. (2018) v regionu Huang-Huai-Hai v severní Číně také prokázaly, že výsevek nejčastěji společně s termínem setí značně ovlivňují morfologické a fyziologické vlastnosti rostlin. Bylo zjištěno, že při zvýšeném výsevku byly rostliny vyšší a zvýšilo se množství kořenové biomasy. Nicméně se zvýšením výsevku klesá plocha listů. V závislosti na termínu setí může zvýšení výsevku snížit aktivitu kořenů, snížit, ale i zvýšit výnos.

### 3.2.2 Termín setí

Podle Špaldona et al. (1986) se termín výsevu pohybuje v závislosti na odrůdě a nadmořské výšce v kukuřičném výrobním typu kolem 20. září až 15. října a v řepařském od 20. září do 10. října. V bramborářském výrobním typu je optimální termín setí v období od 10. do 30. září. Avšak Zimolka et al. (2000) uvádějí pro bramborářský výrobní typ jako nejzazší lhůtu datum 5. říjen. Nicméně Petr et al. (1997) shrnují dobu setí na 15. září až 15. říjen.

Špaldon et al. (1986) dále uvádějí, že pšenice by se neměla sít ani předčasně ani pozdě, protože jak předčasné, tak i pozdní setí má za následek snížení výnosů. Předčasné setí zvyšuje riziko výskytu některých živočišných škůdců a stéblových chorob. Je zde i riziko přebujení porostu a snížení odolnosti proti zimě a střídání teplot.

Li et al. (2016) ve svém výzkumu zjistili, že absorpce, akumulace a remobilizace dusíku v pšenici úzce souvisí s výnosem a odrůdou. Remobilizace, efektivita remobilizace a remobilizace dusíku do zrna se snižují s pozdějším datem výsevu. Nicméně vhodně zvýšená hustota porostu může výnos udržet. Bylo prokázáno, že různé termíny setí mají značný vliv na absorpci a akumulaci dusíku v rostlině. Opožděný termín setí má za následek snížení intenzity příjmu dusíku a relativní míry akumulace dusíku v raných fázích růstu.

Shaaban et al. (2018) provedli pokus, ve kterém zkoumali vliv termínu setí a vlivu mulče na využití vody a výnos. Pokusy byly provedeny v Sýrii. Zjistili, že pokud bylo setí provedeno na počátku listopadu, došlo k nevýraznějšímu navýšení výnosu v porovnání s dalšími termíny výsevu. Překvapením bylo, že ponechání mulče na pozemku mělo jen malý vliv na výnos.

Pokusy provedené Balwinder-Singh et al. (2016) také potvrzují, že výnos zrna je velmi ovlivněn termínem výsevu. Výnosy porostů zasetých 20. listopadu byly průměrně nejvyšší (6,4 t/ha) a hned za nimi následovaly porosty seté 10. listopadu (6,3 t/ha). Při pozdržení setí z 10. října na 20. listopadu dochází k navýšení výnosů, nicméně při setí po 20. listopadu již k nárůstu výnosů nedoházelo.

Balwinder-Singh et al. (2016) dále uvádějí, že v provedených pokusech zjistili spojitost mezi výnosem a setím do mulče. Výsledky ukázaly, že porosty zaseté do mulče 15. a 23. října dosahovaly vyšších výnosů než porosty zaseté při absenci mulče 15. října. Nicméně při pozdějších výsevech do mulče do 30. listopadu docházelo naopak ke snížení výnosů. Mulčování snížilo výnosy o 20 % v 90 % let, ve kterých se selo 31. října a 30. listopadu.

### **3.3 Hnojení dusíkem**

Nejobtížnějším úkolem je zajištění optimální výživy dusíkem. Jak uvádí Vostal et al. (1989), dusík se významně podílí na výnosu i kvalitě produkce. Většinou rozhoduje i o účinnosti hnojařských a dalších agrotechnických opatření.

Výsledky pokusů Pourazariho et al. (2015) jsou v souladu s očekáváním, že rostliny pocházející z prostředí s nedostatkem živin vykazují slabší růstovou reakci na zvýšené živiny než rostliny pocházející z prostředí bohatého na živiny. Dále bylo zjištěno, že efektivita využití dusíku a schopnost využívat dostupný dusík z půdy je pravděpodobně ovlivněna podzemní biomasou. Zjistilo se však, že jsou významné rozdíly v účinnosti absorpce dusíku mezi starými a moderními genotypy pšenice.

Elias et al. (2019) ve své studii uvádějí, že je možné hnojením zdvojnásobit výnos. Nicméně je důležité, aby doporučené hnojení bylo odvozeno od podmínek stanoviště a stavu půdy. Na stanovištích s potenciálem velkého výnosu se vysoké dávky dusíku mohou minout účinkem. Ke stejnému závěru dospěli i Gao et al. (2016) a uvádějí, že vysoké dávky dusíku neznamenají vysoké výnosy. Navíc nepřiměřená aplikace vede ke špatnému využití dusíku a k negativním dopadům na životní prostředí.

Vostal et al. (1989) uvádějí, že je důležité správně stanovit celkovou dávku dusíku, dobu aplikace, druh hnojiva i způsob aplikace. Pro zjednodušení byly stanoveny odběrové normativy, které uvádějí odběr dusíku na 1 t zrna a odpovídajícího množství vedlejšího produktu. Dle Neuberga et al. (1995) se při stanovení normativů vychází z předpokládaného výnosu a charakteristiky stanoviště.

Vaněk et al. (2016) uvádějí, že ozimá pšenice se řadí mezi plodiny se střední potřebou živin a na 1 tunu zrna a odpovídajícího množství slámy odčerpá průměrně 25 kg N, 5 kg P, 20 kg K, 2,4 kg Mg a 3,0 kg Ca. Odběrové normativy se mohou lehce lišit podle použité literatury, například Vostal et al. (1989) uvádějí, že je potřeba 28 kg N na 1 t zrna. Vaněk et al. (1998) uvádějí, že rostliny při výnosu 6 t, odčerpají z půdy okolo 144 kg/ha. Celková dávka dusíku dodaného v hnojivech se poté pohybuje kolem 80 – 120 kg/ha, jak uvádějí Zimolka et al. (2000).

Dle Vaňka et al. (1998) kvůli možnosti ztratit dusík je nevhodné v našich podmínkách aplikovat dávku dusíku jednorázově. Je zřejmé, že převážnou část dusíku je zapotřebí aplikovat na počátku jarní vegetace.

Petr et al. (1997) uvádějí, že zpočátku vegetace je průběh příjmu živin pomalý. Zimolka et al. (2005) dodávají, že přes zimu se příjem živin zastavuje úplně, a proto je zbytečné aplikovat před setím velké dávky dusíku. Petr et al. (1997) dále uvádějí, že příjem živin se opět zvyšuje na konci dubna. V květnu, kdy pšenice začíná sloupkovat, příjem rychle narůstá.

Jak uvádějí Zimolka et al. (2005) po zimě rostliny obnovují biomasu, a proto se odběr dusíku na jaře zvyšuje. Do začátku sloupkování rostliny přijmou asi 40 % N a intenzita jeho čerpání se zvyšuje až do konce kvetení, kdy pšenice odebere dalších 30 % N. Po odkvětu se dusík přemísťuje z ostatních částí rostlin do zrna, a tudíž se požadavky na něj relativně snižují.

V pokusech Hua et al. (2016) byl pozorován vliv způsobu hnojení na výnos pšenice ozimé. Dlouhodobá aplikace většiny hnojiv (hnůj, NP a NP + hnůj) zvýšila výnosy v porovnání s kontrolou, ale aplikace pouze samotného dusíku takový efekt neměla. Například dlouhodobá aplikace samotného fosforu měla po čtyřech letech pěstování za následek snížení výnosů oproti kontrole. Průměrné roční nárůsty výnosu mezi roky 1985 – 2014 při aplikaci hnoje a NP hnojiv byly 89 a 53,3 kg/ha, což značí narůstající trend.

Dle Vaňka et al. (2016) je výživa dusíkem nejvýznamnější opatření, které ovlivňuje utváření výnosotvorných prvků, růst a vývin a kvalitu zrna. Pro zajištění dobrého a kvalitního výnosu je potřeba správně stanovit celkovou dávku dusíku v minerálních hnojivech a termín aplikace hnojiv. Jak potvrzují Chuan et al. (2013), dusík je živinou, která dokáže nejvíce omezovat výnos.

### **3.3.1 Základní hnojení**

Petr et al. (1997) uvádějí, že základní hnojení se aplikuje, pokud pěstujeme pšenici po nevhodné předplodině – obilnině nebo pokud zaoráváme slámu. Jak uvádějí Zimolka et al. (2005) pro lepší rozklad je dobré upravit poměr C:N. Doporučená dávka dusíku se pohybuje v rozmezí 8 – 10 kg na 1 tunu slámy. Půdní podmínky a kvalita předplodiny se musí brát v úvahu s předstihem před přípravou půdy k setí, případně při ošetření rozdrčené slámy.



Podle Neuberga et al. (1995) se dusíkem na podzim obvykle nehnojí. Dle Zimolky et al. (2005) se hnojení neprovádí, pokud se obsah  $N_{\min}$  před setím, pohybuje nad 10 mg/kg zeminy. U hnojem hnojených předplodin nebo pokud obilniny následují po jetelovinách, můžeme dávku N rovněž vypustit.

Neuberg et al. (1995) dále uvádějí, že je možné hnojit dusíkem ozimy v oblastech s dlouhými přisušky. Dle Neuberga et al. (1995) je poté možno uhradit 60 – 70 % vypočítané dávky dusíku. Nebo, jak uvádějí Zimolka et al. (2000), lze také v kukuřičné oblasti použít před setím 75 % z celkové dávky dusíku. Nicméně podle Vaňka et al. (1998) by se před setím mělo aplikovat jen do 40 kg N na ha, nejlépe v síranu amonném.

### 3.3.2 Hnojení v průběhu vegetace

Celková dávka dusíku, která se aplikuje v průběhu vegetace, se dělí na regenerační, produkční a kvalitativní. Rozdělení dávky dusíku a stanovení množství aplikovaného dusíku se řídí podle vlastností jednotlivých odrůd a jejich využití (Zimolka et al. 2005).

Dle Zimolky et al. (2005) se u odrůd určených pro **pekárenské účely** musí respektovat ten výnosotvorný prvek, který má největší vliv na výnos dané odrůdy. U odrůd, které tvoří výnos produktivností klasu, je dobré posílit hnojení dusíkem při prvním a druhém produkčním hnojení. Naproti tomu u odrůd, které tvoří výnos počtem odnoží a hustotou porostu, je nutné posílit regenerační hnojení, případně již základní hnojení.

Dále Zimolka et al. (2005) uvádějí, že u kompenzačních typů se musí respektovat odlišnosti ve skupinách. Například, tvoří-li výnos hustota porostu a počet zrn v klasu, je zapotřebí věnovat pozornost regeneračnímu a prvnímu produkčnímu hnojení N. Kvalitativní hnojení by mělo být samozřejmostí bez ohledu na odrůdu. V oblastech trpících na přisušky je potřeba je směřovat do dřívějších fází vývoje.

U odrůd určených pro **pečivárenské účely** (výroba sušenek, oplatků atd.) se přesouvá aplikace dusíku do jedné nebo dvou dávek v první polovině vegetace. Také se ale musí dodržovat specifika jednotlivých odrůd a jejich zařazení do skupin podle využití (E, A, B, C) (Zimolka et al. 2005).

#### Regenerační hnojení dusíkem

Jak uvádí Vaněk et al. (2007) hnojení probíhá brzy na jaře a hnojivo by nemělo být v žádném případě aplikováno na sníh, Zimolka et al. (2005) udávají pokrývku více než 50 mm a na promrzlou půdu (promrznutí více než 8 cm). Neuberg et al. (1995) dodávají, že se první jarní hnojení předpokládá mezi 25. březnem. – 10. dubnem. Vaněk et al. (2007) dále uvádějí, že při vyšší vlhkosti je vhodné hnojit na mírně promrzlou půdu, která umožní vstup techniky.

Podle Zimolky et al. (2005) je hlavním ukazatelem pro volbu dávky agrobiologická kontrola porostu po zimě (počet rostlin na  $m^2$ , počet odnoží, zdravotní stav a vývoj) a obsah  $N_{\min}$  v půdě. Potřebná dávka se určí zjištěním celkového množství  $N_{\min}$  v půdě, které se nachází v hloubce 0 – 30 cm.

Jak uvádí Zimolka et al. (2000), regenerační hnojení by se mělo provádět hnojivy s ledkovou formou na odnožené porosty. Nejvhodnější je použití ledku amonného s vápencem.

Vaněk et al. (2007) připouštějí i ledek vápenatý. Zimolka et al. (2000) dále uvádějí, že u nepoškozených a dobře odnožených porostů lze použít DAM 390 za splnění teplotních podmínek (8 °C). Řídké porosty pak lze přihnojit dávkou 40 – 60 kg N/ha v kapalné formě společně s regulátorem růstu. Málo odnožené porosty lze hnojit dávkou do 30 kg N/ha v pevné formě, poté podle potřeby lze aplikovat tzv. druhou regenerační dávku.

Nicméně podle Zimolka et al. (2000), by maximální jednorázová dávka DAM 390 neměla přesáhnout 40 kg/ha v neředěné formě.

Dle Zimolky et al. (2005) jsou při hnojení dusíkem preferovány dělené dávky, které jsou ekonomicky efektivnější, protože dochází k lepšímu využití živiny. Dle Petra et al. (1997) se v praxi dávka pohybuje kolem 30 – 45 kg a při pozdějším otevření jara až 60 kg na hektar. Při vyšší dávce a časném otevření jara se dávka může rozdělit na dvě aplikace. Při dělení se při druhé aplikaci používá kapalné hnojivo DAM 390.

Vzhledem k častému poškození rostlin mrazem, není vhodné používat kapalná hnojiva. Při včasném a vhodném regeneračním hnojení dochází rychle k plné regeneraci porostu a jeho rychlému vývoji na jaře a k intenzivní tvorbě odnoží (Zimolka et al. 2005).

### **Produkční hnojení dusíkem**

Podle Neubergera et al. (1995) připadá druhé jarní přihnojení na počátek sloupkování. Dle Zimolky et al. (2005) se jedná o fázi DC 29 – 30. Produkční hnojení bezprostředně ovlivňuje velikost klasu, podporuje růst a vývoj odnoží a pozitivně působí na velikost listové plochy. V tomto období začínají rostliny pšenice ozimé produkovat značné množství sušiny a její tvorba předbíhá příjem živin z půdy. Začíná se tak projevovat tzv. zředovací efekt (Zimolka et al. 2005).

Dle Špaldona et al. (1986) rozhoduje o produkčním hnojení stav porostu po regenerační dávce. Potřeba dusíku se zde pohybuje kolem 30 – 60 kg N/ha. Vaněk et al. (1998) jako vhodná hnojiva pro přihnojení uvádějí DAM 390 a ledek amonný s vápencem. Jak uvádí Petr et al. (1997), tato dávka se může rozdělit. Druhá dávka se poté aplikuje ve fázi sloupkování.

### **Kvalitativní hnojení dusíkem**

Jak uvádí Petr et al. (1997) kvalitativní hnojení se provádí např. pro potravinářskou pšenici nebo pro množitelské porosty. Petr et al. (1997) dále uvádějí, že přihnojení před metáním podpoří počet obilek a jejich hmotnost. Při pozdním přihnojení po vymetání se zvyšuje obsah dusíkatých látek a zvýší se obsah mokrého lepku.

Zimolka et al. (2000) uvádějí, že kvalitativní přihnojení lze provést ve dvou obdobích.

1. U slabších porostů, kde je potřeba podpořit asimilační aparát a udržet co nejvíce produktivních odnoží, probíhá přihnojení již velmi brzy, a to ve fázi DC 37 (období, kdy se objeví poslední list). Toto hnojení se dá zařadit i jako druhé produkční hnojení.
2. Ostatní porosty se přihnojují až na počátku metání (DC 51). V tomto období je vhodnější použít spíše pevná hnojiva.

Kvalitativní dávka dusíku by se měla pohybovat kolem 30 kg N/ha. Vhodnými hnojivy jsou LV, LAV (Petr et al. 1997). Špaldon et al. (1986) uvádějí dávku až 40 kg N/ha s upřednostněním ledku vápenatého.

### 3.4 Odrůdy

Dle Petra et al. (1997) jsou již od poloviny 19. století podrobnější zprávy o pěstovaných odrůdách v Čechách, na Moravě a na Slovensku. V Čechách se pěstovaly ozimé, jarní a většinou přesívkové formy pšenice. Přesívky jsou pšenice, které se mohou zasít na podzim i na jaře. Z ozimých odrůd se pěstovaly tzv. zimní červenky. Na jaře se pěstovaly přesívky nebo cizí odrůdy.

Petr et al. (1997) uvádějí, že původní krajové odrůdy byly složené z mnoha linií. Na počátku zušlechťování se prováděl jen výběr. Vlastní metoda pedigree měla základ ve výběru nejlepších klasů, nejlepších rostlin a nejlepšího zrna. Ve srovnávacích pokusech se zahraniční odrůdy většinou neuplatnily ve srovnání s přizpůsobenými domácími odrůdami.

Dále Petr et al. (1997) uvádějí, že v západní Evropě a zejména v německu rozmohly odrůdy s hustým krátkým klasem, větším zrnem a kratším stéblem. Nejrozšířenější odrůdou takového typu byla odrůda Pyšelka. Na Moravě převládaly krajové odrůdy a vlivem významných šlechtitelů došlo k velkému pokroku. Nejrozšířenější a nejstarší odrůdou na Moravě byla Hanácká bělka.

Po roce 1945 byl sortiment odrůd zúžen a doporučeny byly jen nejvýnosnější odrůdy. V 50. letech se začalo intenzivně šlechtit na výnos i jakost. První intenzivní odrůdy byly Kaštická a na Moravě Diana. V 60. letech byly povoleny i německé odrůdy, které vytlačily naše paličnatky. V polovině 60. let se na našich polích začínají objevovat sovětské odrůdy, z nichž byla nejrozšířenější Miranovská 808 (povolená 1966 – 1992). V sedmdesátých letech zabíraly sovětské odrůdy až 90 % plochy pšenice. Také se zkoušely jugoslávské odrůdy (Sáva, Baranka, Zlatá dolina) (Petr et al. 1997).

Jak dále uvádějí Petr et al. (1997) dosáhlo české šlechtění od roku 1977 do 1997 úrovně srovnatelné s evropskými státy. Výnosový potenciál odrůd vyšlechtěných v Česku již před 37 lety dosahoval 10 tun na hektar.

Jak uvádí Faměra (1993), odrůda je jedním ze základních inzenzifikačních faktorů pěstování. Jejich vlastnosti rozhodují nejen o výši výnosů, ale i o kvalitě produkce. ÚKZÚZ (2018) uvádí, že podobně jako v jiných zemích jsou i u nás na každý rok vytvářeny seznamy doporučených odrůd.

Tyto seznamy mají za úkol usnadnit uživatelům orientaci v sortimentu odrůd a poskytnout objektivní a nezávislé informace o odrůdách. Výhodou seznamů vydaných ÚKZÚZ je, že jednotlivé odrůdy jsou hodnoceny ve víceletých pokusech na široké škále pokusných míst. Odrůda se do zkoušeného sortimentu dostane až po registraci odrůdy v ČR a teprve po ukončení registračních zkoušek lze odrůdu zařadit do zkoušek pro Seznam doporučených odrůd (ÚKZÚZ 2018).

Vostal et al. (1989) uvádějí, že do nákupních norem byl zaveden požadavek na určitou minimální kvalitu podle jakostních tříd. Aby byly tyto požadavky splněny, je důležité pěstovat vhodné odrůdy, které již geneticky mají podmíněny tyto vlastnosti.

Pitu & Madosa (2017) uvádějí, že nejdůležitější pro kvalitu pšenice je obsah bílkovin v zrně. Z tohoto pohledu bylo v provedeném pokusu pozorováno, že nejvyšší obsahy bílkovin měly odrůdy Ciprian (15,5 %), Litera (13,7 %) a Glosa (13,3 %). V obsahu mokrého lepku si nejlépe vedly odrůdy Ciprian (36,6 %), Letter (33,4 %) a Glosa (33,4 %). Tvrdost zrna je též důležitá pro finální kvalitu zrna a je důležitým parametrem pro rozdělování pšenice dle využití. Tvrdost zrna je také ovlivňována odrůdou pšenice a v pokusu se pohybovala od 46 % (Ciprian) do 51 % (Apache). Zrno se dle tvrdosti může dělit na tvrdozrné (tvrdost 50 – 60 %) a na měkkozrné (tvrdost 40 – 45 %).

Dále Zimolka et al. (2005) uvádějí, že kromě kvalitativního hodnocení jsou hodnoceny také další hospodářské vlastnosti a znaky. Tyto znaky mohou ovlivňovat vhodnost odrůd pro určitou oblast či značně redukovat výnos a jakost.

Podle Špaldona et al. (1986) byly na území ČSSR v roce 1986 pěstovány odrůdy pšenice ozimé: Iljičovka, Jubilejní, Hela, Vala, Mironovská, Slávia, Solaris, Istra, Regina, Juna, Mironovská zlepšená, Amika, Košutka a Odra. Na dovoz byla povolena jugoslávská odrůda Baranka.

Jak uvádí Vostal et al. (1989) byla v roce 1989 z potravinářských odrůd nejkvalitnější odrůda Hana, která má zvýšený obsah lepku a může v příhodných oblastech dosahovat obsahu 28 % lepku s vysokou objemovou hmotností zrna.

Použitá odrůda může mít i značný vliv na příjem farmářů. Jak uvádí Dibaba & Goshu (2018) použitím odrůdy s vysokými výnosy bylo dosaženo zvýšení příjmu etiopských farmářů. I z těchto důvodů je potřeba správně vybírat odrůdy a neustále se snažit o jejich zdokonalování.

### **Odrůdová skladba**

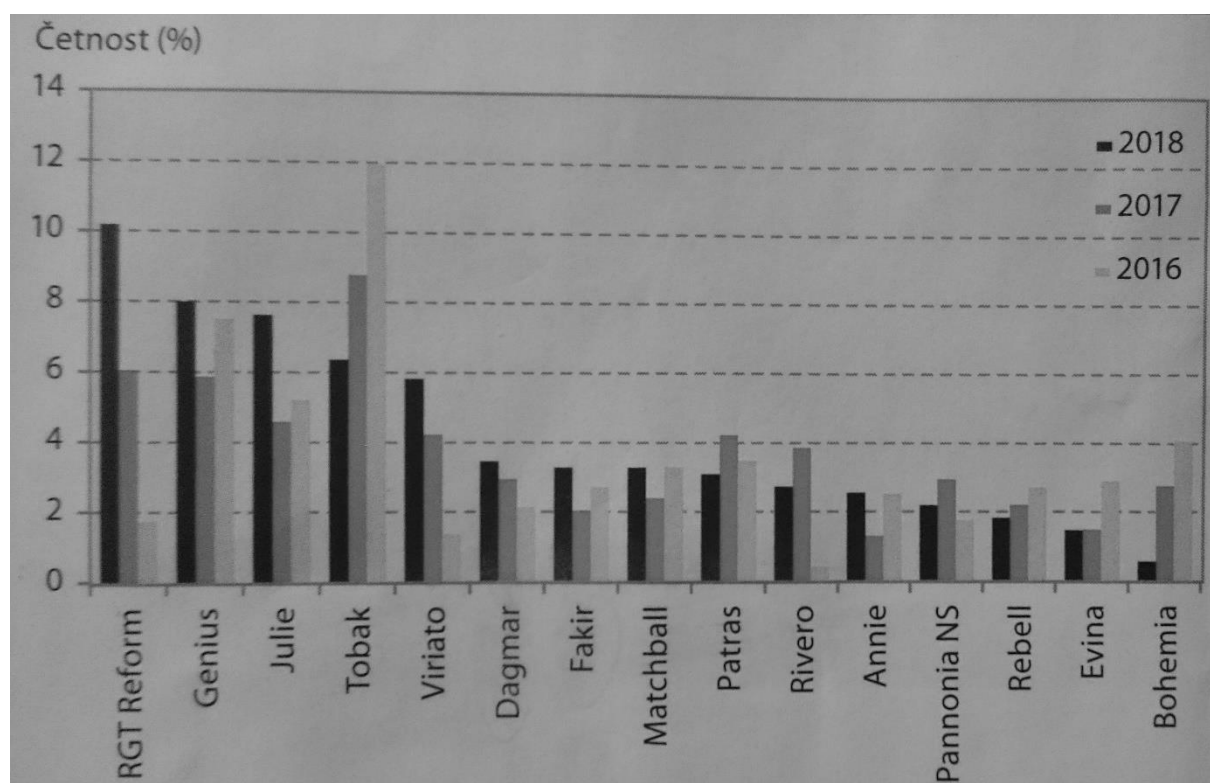
Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) vydává přehled přihlášených množitelských ploch, kde uvádí nejvíce zastoupené odrůdy v množitelských porostech pšenice. Dle ÚKZÚZ (2016) byly v množitelských porostech v roce 2016 na prvních deseti místech zastoupeny odrůdy: Tobak (8,07 %), Genius (6,06 %), Julie (5,44 %), Bohemia (4,14 %), RGT Reform (3,86 %), Vanessa (3,5 %), Rebell (3,47 %), Dagmar (3,24 %), Patras (3,03 %), Avenue (2,78 %).

V roce 2017 uvádí ÚKZÚZ (2017) jako deset nejpěstovanějších odrůd v množitelských porostech odrůdy: RGT Reform (7,52 %), Tobak (5,79 %), Julie (5,78 %), Genius (5,41 %), Rivero (3,50 %), Dagmar (3,36 %), Bohemia (3,31 %), Avenue (3,05 %), Vanessa (2,97 %), Patras (2,93 %).

V roce 2018 bylo dle ÚKZÚZ (2018) v množitelských porostech pořadí deseti nejpěstovanějších odrůd následující: RGT Reform (7,03 %), Julie (6,89 %), Genius (4,78 %), Tobak (3,41 %), Avenue (3,41 %), Rivero (3,35 %), Viriato (3,33 %), Dagmar (2,98 %), Vanessa (2,98 %), Patras (2,93 %).

Dle Polišíenské et al. (2019) bylo odrůdové spektrum v pokusech pekárenské pšenice velmi široké. V pokusech, které prováděla Polišíenská et al. (2019) bylo mezi vzorky zastoupeno 86 různých odrůd. Nejvíce zastoupenou odrůdou byla odrůda RGT Reform (10,2 % všech vzorků). Následovaly odrůdy Genius (8 %), Julie (7,6 %), Tobak (6,4 %), Viriato (5,8 %), Dagmar (3,4 %), Fakir (3,3 %), Matchball (3,3 %), Patras (3,1 %) a Rivero (2,7 %).

Jak uvádějí Polišíenská et al. (2019), v Obrázku 4 je srovnána četnost nejpěstovanějších 10 odrůd v roce 2018 s minulými léty. Z tohoto grafu lze usoudit, že nejpěstovanější odrůdou v letech 2016 a 2017 byla odrůda Tobak. Ve sklizni 2018 se pořadí prvních třech odrůd obměnilo (2017: Tobak, RGT Reform, Genius. 2016: Tobak, Genius, Julie). Jak dále Polišíenská et al. (2019) uvádějí, v roce 2018 tvořilo těchto 10 odrůd 54 % všech vzorků.



Obrázek 4: Četnost zastoupení 10 nejčastějších odrůd ve sklizni 2018, 2017, 2016. Zdroj: Polišíenská et al. 2019.

Jak uvádějí Křen et al. (1998), jedna z možností dělení odrůd je dělení podle odnožovacích schopností. Odrůdy se mohou dělit do tří skupin: s vysokou odnožovací schopností, se střední odnožovací schopností a s nízkou odnožovací schopností. V roce 1998 mezi vysoce odnožovací odrůdy patřily např. odrůdy Alka, Asta, Blava, mezi středně odnožovací Alana, Astella, Athlet a mezi nízkou odnožovací Hana, Ilona a Rexia.

Zimolka et al. (2005) uvádějí, že odrůdy lze dělit i podle odolnosti k chorobám. V ÚKZÚZ je hodnocena intenzita výskytu choroby devítibodovou stupnicí. Devět bodů znamená nejodolnější, jednička naopak odrůdu bez odolnosti k dané chorobě. Zimolka et al. (2005) uvádějí slovní **hodnocení odolnosti odrůd**:

**Odrůdy odolné** jsou hodnoceny stupni 9 – 8. Choroba je nenapadá nebo jen minimálně. Ke ztrátám na výnosu nebo kvalitě nedochází.

**Odrůdy středně odolné** jsou hodnoceny stupni 7 – 6. Choroba se může projevit a způsobit menší ztráty. Kontrolu je nutné provádět jen v uzlových bodech vývoje rostliny. Ošetření fungicidy se provádí jen občas a spíše jen zvýší kvalitu produkce.

**Odrůdy méně odolné** jsou zařazeny pod stupně 5 – 4. Choroba může značně snížit výnos i kvalitu produktu. Výskyt musí být sledován v průběhu celého vývoje, potřeba fungicidní ochrany je častá.

**Odrůdy náchylné** jsou hodnoceny stupni 3 – 1. Obvykle je nutné včasné, někdy i opakované ošetření fungicidy. V lokalitách s častým výskytem dané choroby by se měly zvážit důvody pěstování takovéto náchylné odrůdy.

Arshad et al. (2018) uvádějí, že při pokusech s odrůdami pšenice v provincii Punjab v Pákistánu se testovala jejich odolnost proti rzi a výnosový potenciál. Bylo zjištěno, že některé odrůdy jsou pro určité podmínky vhodnější než jiné. Jako ideální odrůdou pro toto území se ukázala odrůda Fatehjang-2016. Dále bylo zjištěno, aby odrůda co nejvíce využila svůj potenciál, je důležité i její správné setí, resp. správný termín setí.

Dle Zimolky et al. (2005) se odrůdy mohou dělit i v rámci pečivářského využití. Dělí se do tří, někdy i více kategorií:

- Odrůdy na výrobu sušenek,
- Odrůdy na oplatky,
- Odrůdy pro crackery.

Odrůdy určené pro pečivářské využití jsou hodnoceny podle obsahu bílkovin v zrně (max 12 %), sedimentačního testu Zeleny (nižší než 25 ml), čísla poklesu (200 – 300 s.), alveografického stanovení a vaznosti vody moukou (52 – 56 %). Pečivářské pšenice mají požadavky na technologickou jakost jiné než pekářské pšenice (Zimolka et al. 2005).

Abrar et al. (2018) provedli studii, ve které chtěli zjistit vhodnost pěstování nových odrůd pšenice pro pekařské účely na území Pákistánu. Bylo zjištěno, že ze zkoušených odrůd dopadla nejlépe odrůda Millat 11. Mouka z této odrůdy měla nejlepší vlastnosti ze všech zkoušených odrůd.

Jak uvádí Petr et al. (1997) důležité je vybírat odrůdy do konkrétních klimatických a půdních podmínek. Tento výběr je důležitý pro dosažení vysokých výnosů, potřebné jakosti a rentability pěstování plodiny.

### **3.5 Intenzita pěstování**

Z pokusů Capouchova et al. (2002) vyplývá, že pro ekonomické pěstování pšenice a pro dosažení určitého obsahu škrobu, je nutné udržovat určitý stupeň intenzity pěstování.

Pro dosažení dobrých výnosů nestačí jen správné hnojení. Jak uvádějí Lindblad & Waern (2002) na výši výnosu můžou mít vliv i virové choroby, konkrétně virus zakrslosti pšenice (WDV). Z práce Lindblad & Waern (2002) vyplývá, že tento virus více napadá porosty, které

byly řídce zasety, resp. byly řídké. V hustých porostech se tento virus vyskytoval méně, tudíž bylo v těchto porostech dosaženo vyšších výnosů.

Podle Morari et al. (2018) je z hlediska hnojení dusíkem zapotřebí optimalizovat dávku, načasování, dělení dávky a zdroj dusíku pro dosažení dostatečné kvality a kvantity zrna. Vysoké požadavky na kvalitu lze splnit zvýšením dávek dusíku, a to i dvojnásobně, ale za cenu ohrožení životního prostředí. Pro zvýšení obsahu lepku lze jako alternativu použít na doplnění dusíku listová hnojiva. Listová hnojiva aplikovaná těsně před nebo po kvetení mohou zvýšit obsah bílkovin v zrnu.

V pokusech Olijnik et al. (2016) byl zkoumán vliv různých intenzit hnojení na výnos. Z pokusů vyplývá, že s rostoucím množstvím živin roste i výnos. U nehnojených variant byl výnos 4,56 t/ha a u variant bez ochranných opatření 4,25 t/ha. U těchto variant byla dosažena i nejnižší kvalita. U variant s omezeným hnojením (45 kg P, 45 kg K, 60 kg N) bylo dosaženo výnosu 4,87 – 5,5 t/ha. U intenzivněji hnojených variant (90 kg P, 90 kg K, 120 kg N) dosahovaly výnosy 6,01 t/ha. Největšího výnosu (6,22 t/ha) bylo dosaženo u varianty hnojení (135 kg P, 135 kg K a 180 kg N). U všech hnojených variant byla provedena ochranná opatření.

Dalším způsobem, kterým by se dal navýšit výnos, je zapojení precizního hospodaření. Jak uvádějí Zinkevičiene et al. (2017) hlavním úkolem precizního hospodaření je zvýšit výnosy a snížit cenu produkce. V pokusech Zinkevičiene et al. (2017) bylo zjištěno, že ve dvou ze tří let, kdy pokusy probíhaly, bylo precizní technologií dosaženo lepšího ekonomického výsledku.

Nicméně Dai et al. (2016) poukazují na problém s vyplavováním nadbytečného dusíku při vysokých aplikacích dusíkatých hnojiv. Dai et al. (2016) provedli několikaleté pokusy, ve kterých zkoumali vyplavování dusíku z mělkých vrstev půdy do hlubších s cílem stanovit vhodnou dávku dusíku na udržení výnosů bez rizika nadměrného vyplavení.

Z pokusů Dai et al. (2016) vyplývá, že hnojení N a P hnojivy zvyšuje výnos, nicméně v suchých letech se výnos nezvýšil. Důležitým poznatkem je, že nadměrné hnojení dusíkem ve spojení s dešťovými srážkami způsobí masivní vyplavování dusíku do hlubších vrstev půdy.

Jako vhodnou dávku N a P uvádějí Dai et al. (2016) do 160 kg N/ha a kolem 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Tak nedojde k nadměrnému vyplavování dusíku, ale výnos zůstane zachován.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Pokusná lokalita

Pokus byl vyset na maloparcelkách o velikosti 15 m<sup>2</sup> brutto, 11,250 m<sup>2</sup> netto na Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze. Ta se nachází v lokalitě Červený Újezd na pomezí okresů Praha – západ a Kladno cca 25 km od Prahy. Leží na souřadnicích 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky v nadmořské výšce 398 m. n. m.

Vlivem klimatických podmínek je zde podmíněn vznik hnědozemí, hnědozemí illimerizovaných, vyluhování vrchních půdních horizontů a posouvání koloidních částic do spodiny.

Území je součástí Bělohorské plošiny, která je mírně zvlněná. Terén pokusných ploch je jednoduchý, převážně s jižní expozicí, průměrná nadmořská výška je 405 m n.m. Na území jsou hluboké kvarterní pokryvy, rovinný terén podmiňuje dobrý zásak srážkových vod, substráty mají dobrou vododržnost i dobrou vnitřní drenáž.

Geologicky je území tvořeno opukami křídového stáří, překrytými sprašemi a sprašovými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápnité, se štěrkovým rozpadem. Převažující půdním druhem jsou spraše a nevápnité sprašové.

Genetickým půdním představitelem je hnědozem, sprašový pokryv. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace. Povrchové vrstvy půdního profilu se okyselují, dochází k peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny.

**Chemické vlastnosti půdy:** mírný obsah humusu, neutrální reakce, střední sorpční kapacita, nasycený koloidní komplex. Na sprašových pokryvech je uhličitán vápenatý vyloužen. Obsah P, K je střední až dobrý.

### 4.2 Povětrnostní vlivy

#### 4.2.1 Povětrnostní vlivy v roce 2016 – 2017:

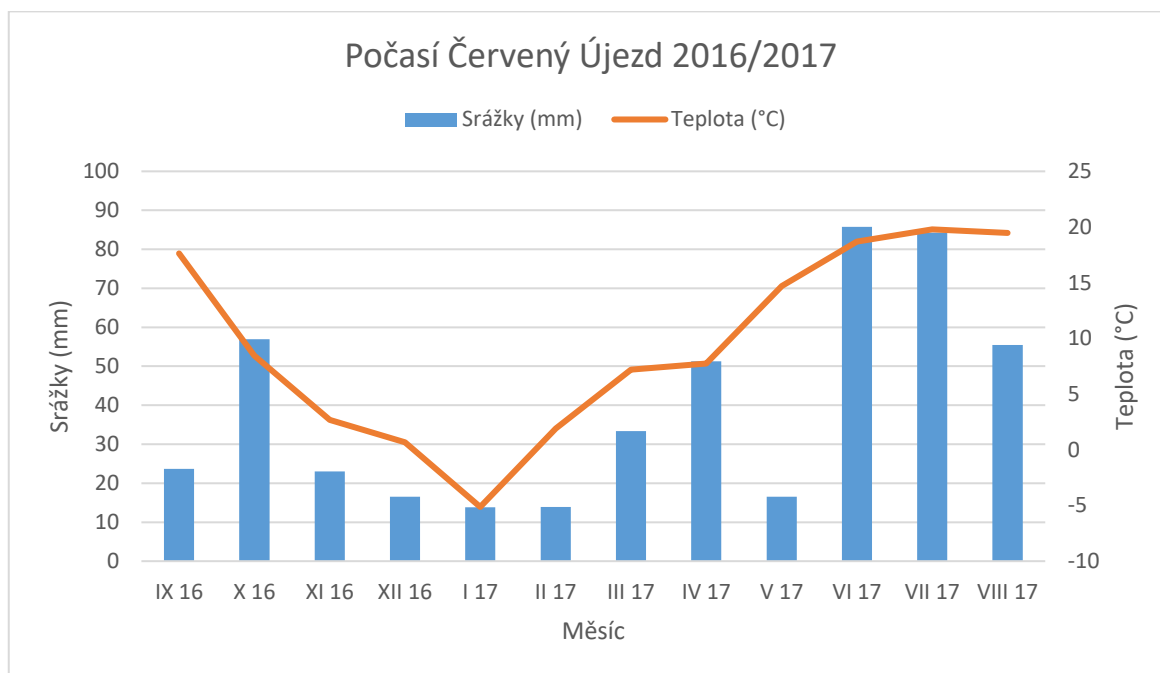
Vývoj průměrných teplot a dešťových srážek v roce 2016 – 2017 a jejich porovnání znázorňuje Graf 5. Velké výkyvy v množství srážek oproti ostatním měsícům lze pozorovat v měsících říjen a květen. Značný nárůst průměrné teploty je poté vidět na přelomu měsíců dubna a května.

Hodnocení jednotlivých měsíců z hlediska srážek a teplot je uvedeno v Tabulce 1. Toto hodnocení vychází z porovnání s dlouhodobými (1960 – 2010) normály teplot a srážek v jednotlivých měsících. Hodnoty měření pocházejí z meteorologické stanice Praha – Ruzyně.

Vyhodnocení ukázalo, že z hlediska teplot byly mimořádně teplé měsíce září a březen. Silně nadprůměrné teploty byly zaznamenány i v měsících červen, červenec a srpen. Z hlediska průměrných srážek bylo velmi nadprůměrné množství srážek zaznamenáno v měsíci říjen a měsíc květen byl naopak velmi suchý.



Graf 5: Průměrné denní teploty vzduchu a měsíční úhrny srážek v Červeném Újezdu 2016/2017.



Tabulka 1: Vyhodnocení průměrných denních teplot vzduchu a měsíčních úhrnů srážek 2016/2017.

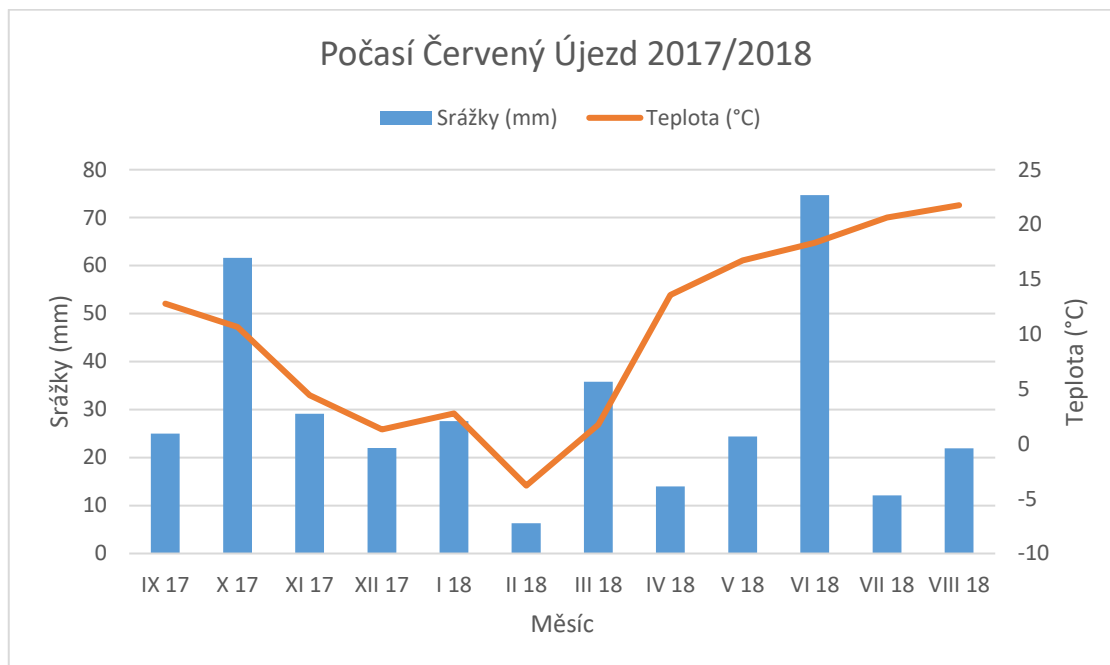
Měsíc	Teplota	Srážky
září	mimoř. teplý	normální
říjen	normální	silně vlhký
listopad	normální	normální
prosinec	normální	normální
leden	studený	suchý
únor	teplý	normální
březen	mimoř. teplý	normální
duben	normální	vlhký
květen	teplý	silně suchý
červen	silně teplý	vlhký
červenec	silně teplý	vlhký
srpen	silně teplý	normální

#### 4.2.2 Povětrnostní vlivy v roce 2017 – 2018:

Vývoj průměrných teplot a dešťových srážek v roce 2017 – 2018 a jejich porovnání znázorňuje Graf 6. Velké výkyvy v množství srážek oproti ostatním měsícům lze pozorovat v měsících říjen, únor, duben, květen, červenec a srpen. Velký nárůst průměrné teploty je patrný v měsíci dubnu.

Hodnocení jednotlivých měsíců z hlediska srážek a teplot je uvedeno v Tabulce 2. Toto hodnocení vychází z porovnání s dlouhodobými (1960 – 2010) normály teplot a srážek v jednotlivých měsících.

Z vyhodnocení je patrné, že z hlediska teplot byly mimořádně teplé měsíce leden, duben, květen, červenec a srpen. Silně nadprůměrné teploty byly zaznamenány i v měsících říjen a červen. Z hlediska průměrných srážek bylo velmi nadprůměrné množství srážek zaznamenáno v měsíci říjnu. Naopak velmi suché byly měsíce únor, květen, červenec a srpen. *Graf 6: Průměrné denní teploty vzduchu a měsíční úhrny srážek v Červeném Újezdu 2017/2018.*



*Tabulka 2: Vyhodnocení průměrných denních teplot vzduchu a měsíčních úhrnů srážek 2017/2018.*

Měsíc	Teplota	Srážky
září	normální	normální
říjen	silně teplý	silně vlhký
listopad	teplý	normální
prosinec	teplý	normální
leden	mimoř. teplý	vlhký
únor	studený	silně suchý
březen	normální	normální
duben	mimoř. teplý	suchý
květen	mimoř. teplý	silně suchý
červen	silně teplý	normální
červenec	mimoř. teplý	silně suchý
srpen	mimoř. teplý	silně suchý

### 4.3 Technologie pěstování

Pokus byl založen jako dvouletý, a to v letech 2016 – 2017 a 2017 – 2018. V obou letech byly vysety odrůdy Reform, Sacramento, Viriato, Ponticus a Cesario.

Každá odrůda byla vyseta ve dvou termínech. V roce 2016 – 2017 bylo 1. setí realizováno 18. 10. 2016 a druhý termín byl 4. 11. 2016. V roce 2017 – 2018 bylo setí realizováno v termínech 27. 9. 2017 a 3. 11. 2017.

Každá varianta byla navíc rozdělena na dvě intenzity technologií. U všech variant byla provedena čtyři opakování a byla založena metodou náhodných čtverců.

#### 4.3.1 Termíny pracovních operací 2016 – 2017

8.9. 2016 Orba + hrubá příprava půdy, předplodina řepka

11.10. 2016 Příprava půdy (kompaktor)

18.10. 2016 Setí 1. termín

4.11. 2016 Setí 2. termín

28.2.2017 Hnojení LAD 50 kg N/ha

24.3. 2017 Hnojení LAD 50 kg N/ha

24.4. 2017 Aplikace testovaných variant BBCH 33

24.4. 2017 Aplikace Hurricane 0,2 kg/ha

4.5. 2017 Hnojení DASA 50 kg N/ha

4.5. 2017 Aplikace Moddus 0,4 l/ha + Hutton 1 l/ha

1.6. 2017 Hnojení LAD 30 kg N/ha

12.6. 2017 Aplikace Magnelo 1 l/ha

31.7. 2017 Odběr klasů

31.7. 2017 Sklizeň

U intenzivní technologie 2016 – 2017 bylo navíc provedeno:

18.10. 2016 Hnojení 200 kg NPK Yara Mila 7 + 20 +28 + 2 MgO + 3 S

24.3. 2017 Aplikace Kombiphos 3 l/ha + 10 kg Urea + 5 kg HK

24.4. 2017 Aplikace Gramitrel 2 l/ha + Lignohumát Max 0,4 l/ha TM s herbicidem (poté mrzlo – výrazné poškození rostlin !!!!)

22.5. 2017 Aplikace Magnitra 5 l/ha + Atonik 0,2 l/ha

20.5. 2017 Aplikace LV 30 kg N /ha

30.5. 2017 Aplikace Thiotrac 5l/ha

#### 4.3.2 Termíny pracovních operací 2017 – 2018

27.9. 2017 Setí 1. výsev, výsev 3,5 MKS, předplodina řepka.

20.10. 2017 Aplikace Bizon 1 l/ha + aplikace u variant 1, 4, 5, 7, 8, 9

3.11. 2017 Setí 2. výsev 4,5 MKS

8.3. 2018 Regenerační hnojení Hnojení LAD 50 kg N/ha

20.4. 2018 1. produkční Hnojení LAD 50 kg N/ha

- 27.4. 2018 Aplikace Modus 0,25 l/ha
- 7.5. 2018 Hnojení DASA 50 kg N/ha
- 22.5. 2018 Kvalitativní hnojení Hnojení LAD 30 kg N/ha
- 22.5. 2018 Aplikace Karate Zeon 0,1 l/ha
- 25.5. 2018 Aplikace Boogie Xpro 1,2 l/ha 18.7. 2018 Sklizeň
- 27.7. 2018 Odběr klasů + sklizeň

U intenzivní technologie 2017 – 2018 bylo navíc provedeno:

- 27.9. 2017 Hnojení 200 kg NPK Yara Mila 7 + 20 + 28 + 2 MgO + 3 S
- 20.4. 2018 Aplikace Kombiphos 3 l/ha + 10 kg Urea + 5 kg HK
- 2.5. 2018 Aplikace Gramitrel 2 l/ha + Lignohumát Max 0,4 l/ha
- 22.5. 2018 Aplikace Magnitra 5 l/ha + Atonik 0,2 l/ha TM s insekticidem
- 25.5. 2018 Aplikace LV 30 kg N /ha
- 35.5. 2017 Aplikace Thiotrac 5l/ha TM s fungicidem

#### **4.4 Metody hodnocení**

Pro sklizeň byla použita sklízecí mlátička Winterteiger classic. Vážení vzorků probíhalo na Výzkumné stanici ČZU Červený Újezd. Počet klasů na parcele byl stanoven v den sklizně jako průměr dvou počítání na ploše 0,25 m<sup>2</sup>. Pro vyhodnocení počtu zrn v klasu bylo v den sklizně odebráno 20 klasů z každé parcely. Následně se zrna vydrolila a odpočetl se počet zrn. Hmotnost tisíce zrn (HTZ) byla stanovena jako hmotnost 2x500 zrn z každého opakování. Kvalitativní ukazatele byly stanoveny laboratorními metodami pomocí NIR analýzy (infračervená spektrofotometrie). Pro NIR analýzu byl použit přístroj OmegAnalyzer G od výrobce Bruins Instrument GmbH. Pro statistické vyhodnocení dat byl použit počítačový program Statgraphic.

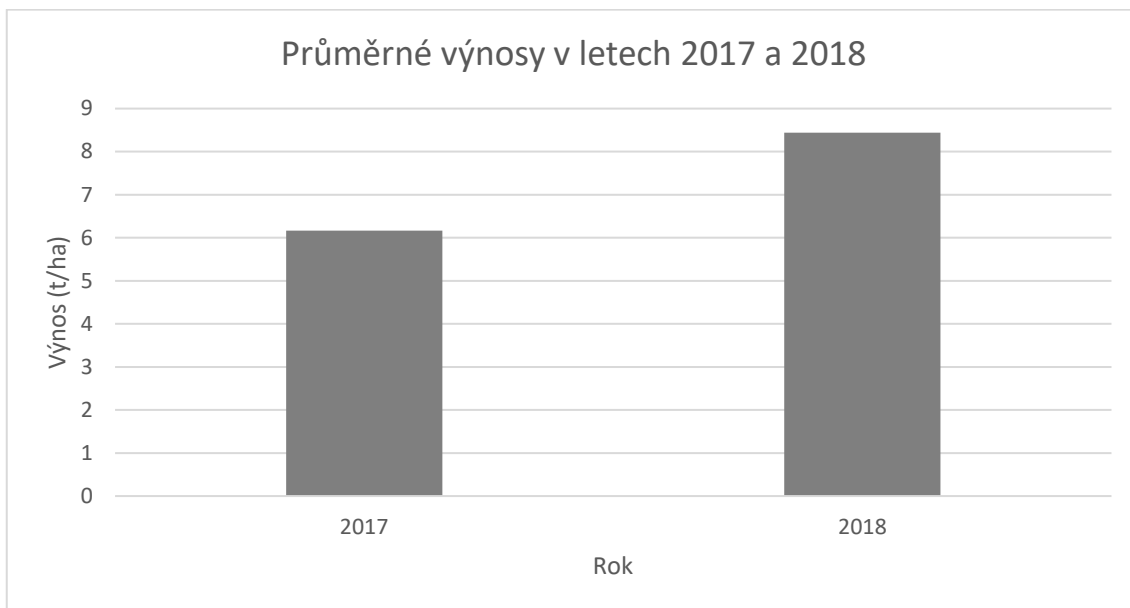
## 5 Výsledky

### 5.1 Výnos

Prvním zkoumaným znakem byl výnos zrna pšenice. Výnos byl hodnocen v závislosti na různých faktorech jako jsou vliv odrůdy, termínu setí, intenzitě pěstování.

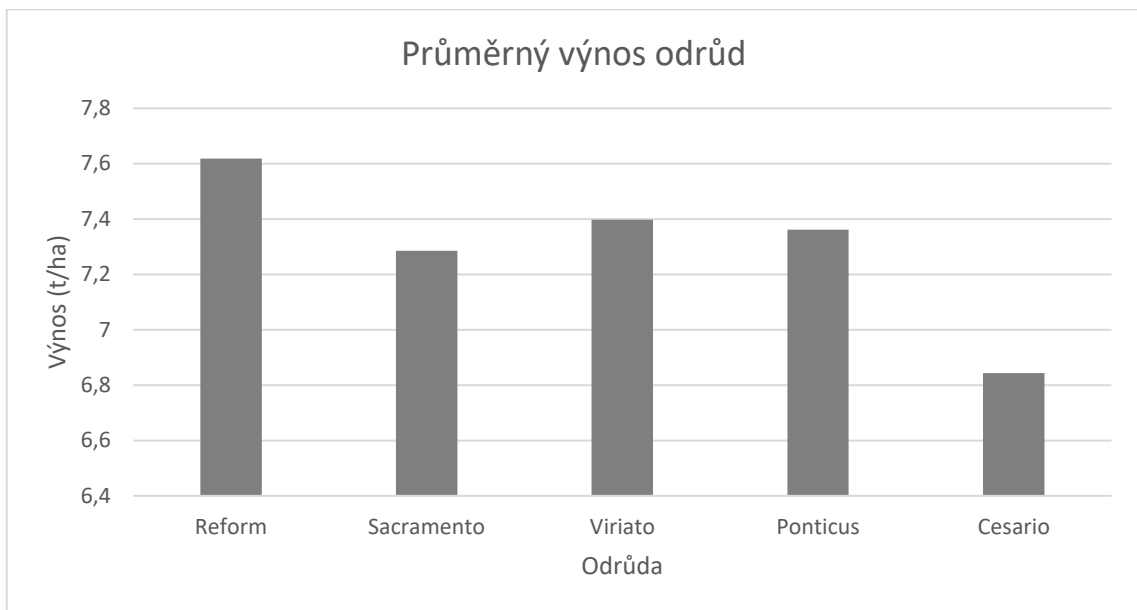
Graf 7 ukazuje, že v roce 2017 byl průměrný výnos (6,1 t/ha) statisticky průkazně nižší o 2,2 t/ha, než výnos v roce 2018, který byl 8,4 t/ha.

*Graf 7: Průměrné výnosy zrna pšenice 2017 a 2018 (t/ha).*



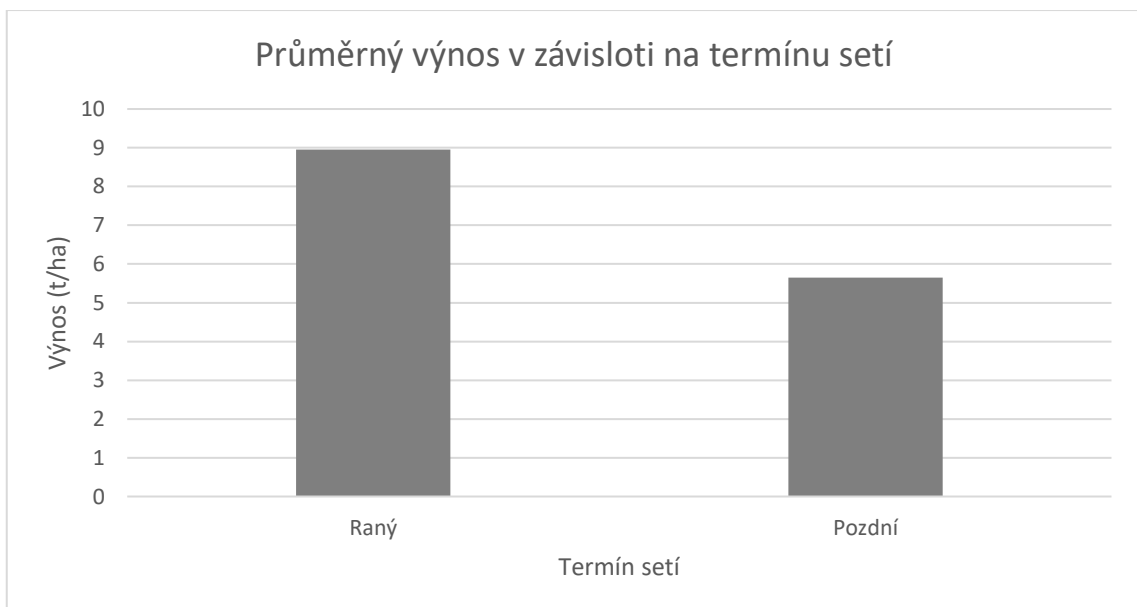
Graf 8 znázorňuje průměrné výnosy jednotlivých zkoumaných odrůd. Nejvyšších výnosů dosáhla odrůda Reform s výnosem 7,6 t/ha. Nicméně rozdíly v jednotlivých výnosech nejsou statisticky průkazné. Z toho vyplývá, že v našich pokusech odrůda neovlivnila výnos.

Graf 8: Průměrný výnos zrna v závislosti na odrůdě (t/ha).



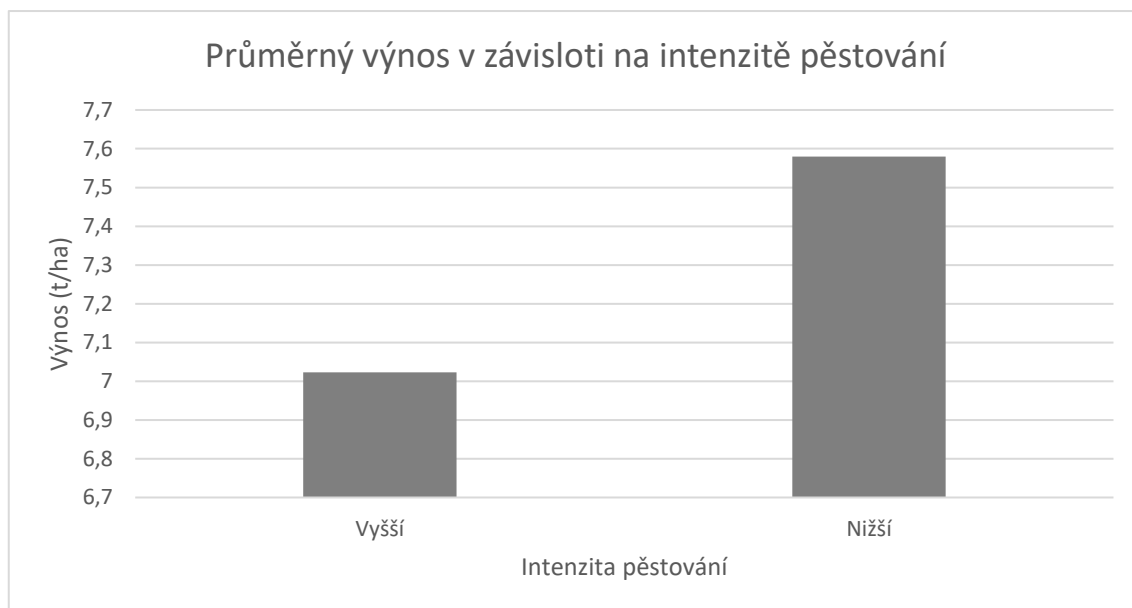
Termín setí měl statisticky průkazný vliv na průměrný výnos zrna. Při včasném setí bylo dosaženo výnosu 8,9 t/ha, zatímco při pozdním setí 5,6 t/ha. Rozdíl ve výnosech mezi různými termíny setí činil 3,3 t/ha (viz Graf 9).

Graf 9: Průměrný výnos v závislosti na termínu setí (t/ha).



Intenzita pěstování neovlivnila výnosy zrna pšenice. Rozdíl ve výnosech mezi vyšší a nižší intenzitou, který znázorňuje Graf 10, není statisticky průkazný.

Graf 10: Průměrný výnos v závislosti na intenzitě pěstování (t/ha).

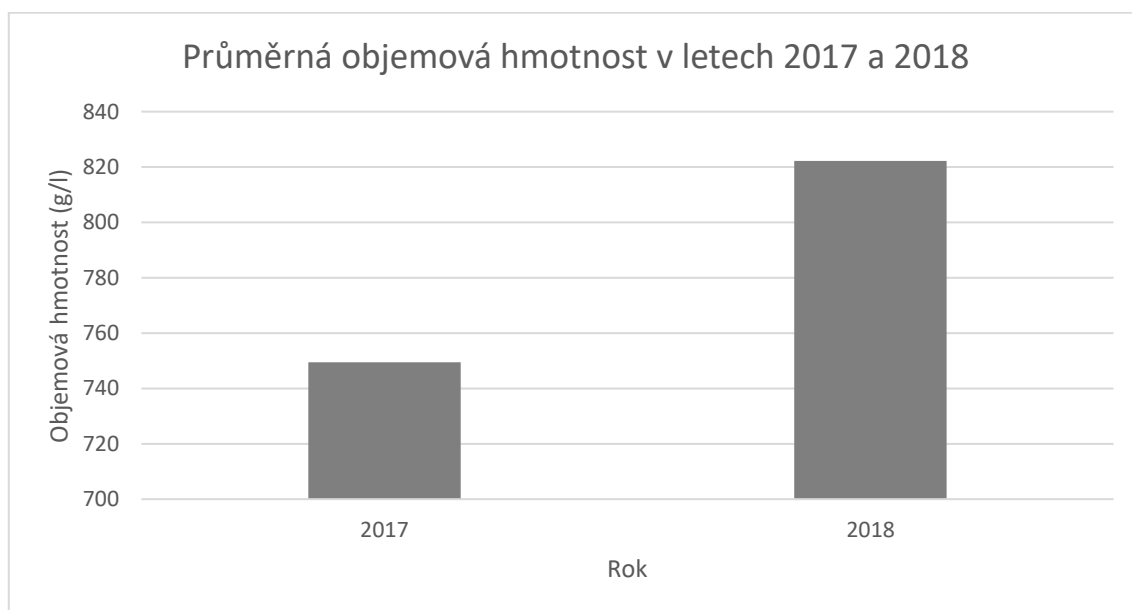


## 5.2 Objemová hmotnost

Druhým sledovaným znakem byla objemová hmotnost zrna. Stejně jako u výnosu byl zkoumán vliv různých faktorů na objemovou hmotnost zrna.

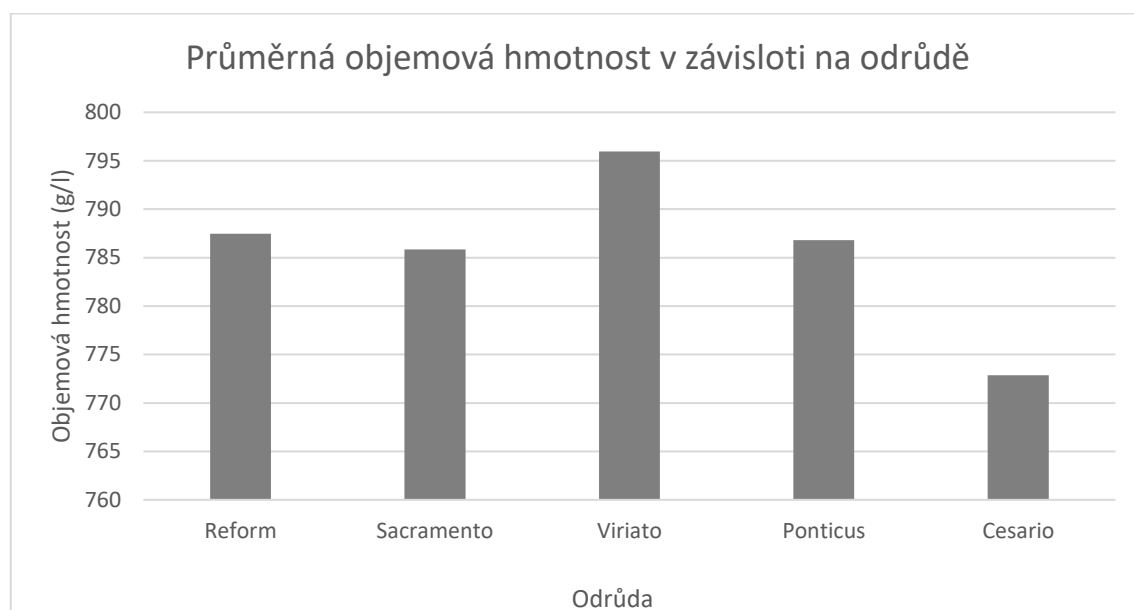
V roce 2017 byla průměrná objemová hmotnost zrna 749,4 g/l a v roce 2018 byla naměřena hodnota 822,1 g/l (viz Graf 11). Průměrná objemová hmotnost byla v roce 2017 statisticky prokazatelně nižší o 72,7 g/l než v roce 2018.

Graf 11: Průměrná objemová hmotnost v roce 2017 a 2018 (g/l).



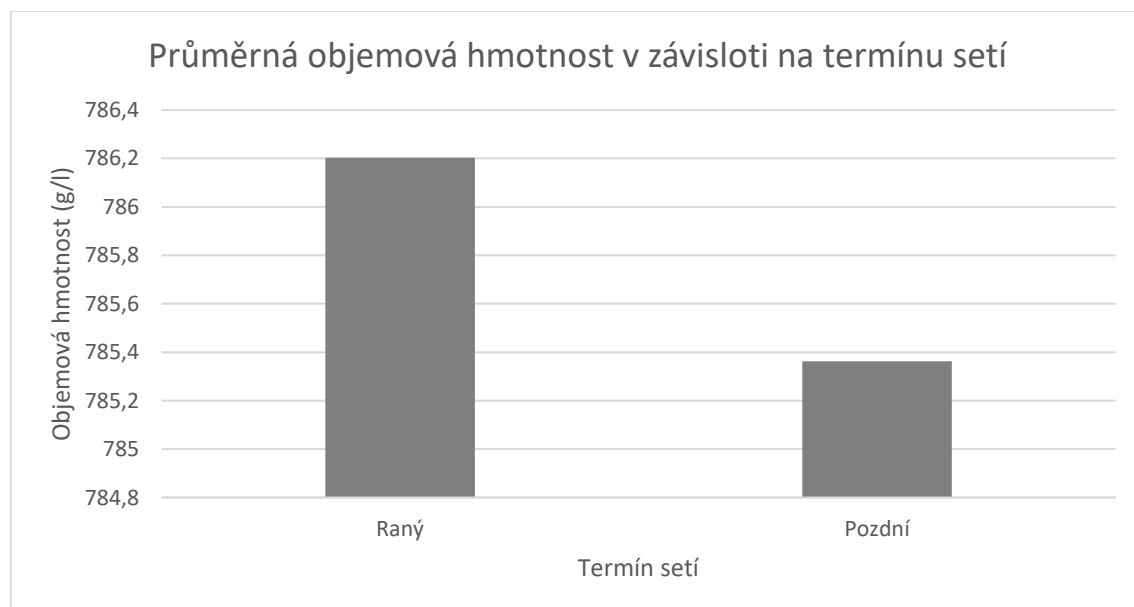
Graf 12 ukazuje, že nejvyšší objemové hmotnosti dosáhla odrůda Viriato (795,9 g/l). Následným zkoumáním bylo zjištěno, že vliv odrůdy neměl zásadní vliv na objemovou hmotnost zrna, jelikož nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami.

Graf 12: Průměrná objemová hmotnost v závislosti na odrůdě (g/l).



Z Grafu 13 vyplývá, že při pozdějším termínu setí došlo jen k malému poklesu objemové hmotnosti zrna. Rozdíl hodnot byl 0,8 g/l. Rozdíl mezi jednotlivými termíny setí nebyl statisticky průkazný. Tudiž termín setí neměl značný dopad na objemovou hmotnost zrna.

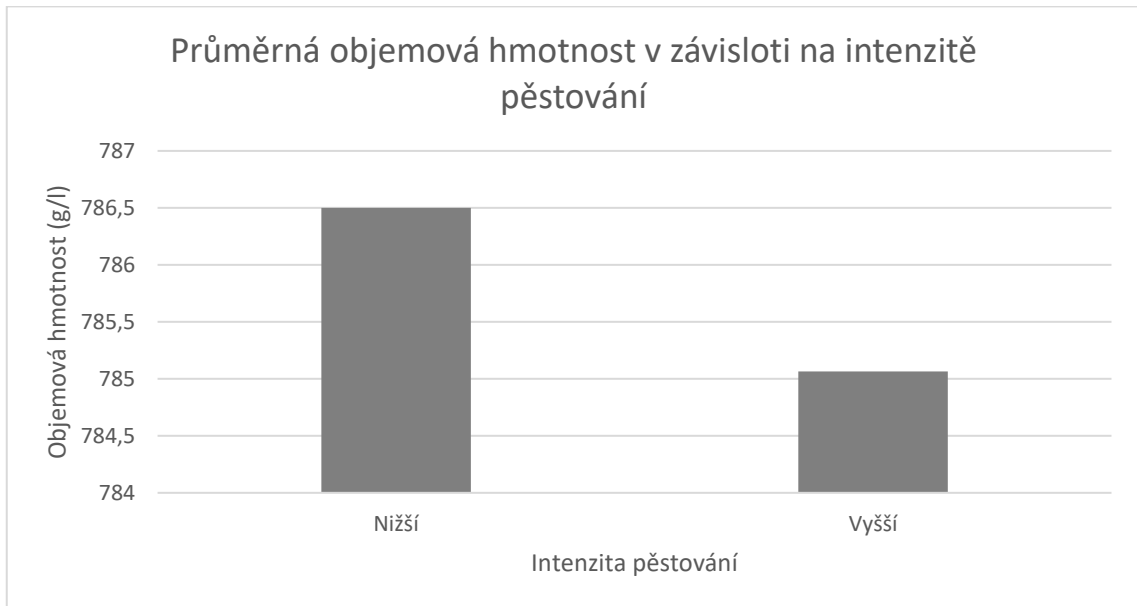
Graf 13: průměrná objemová hmotnost v závislosti na termínu setí (g/l).





Graf 14 ukazuje rozdíl průměrných objemových hmotností při nižší a vyšší intenzitě pěstování. Rozdíl byl 1,4 g/l. Nicméně tento rozdíl je statisticky neprůkazný. Vliv intenzity pěstování neovlivnil objemovou hmotnost zrna.

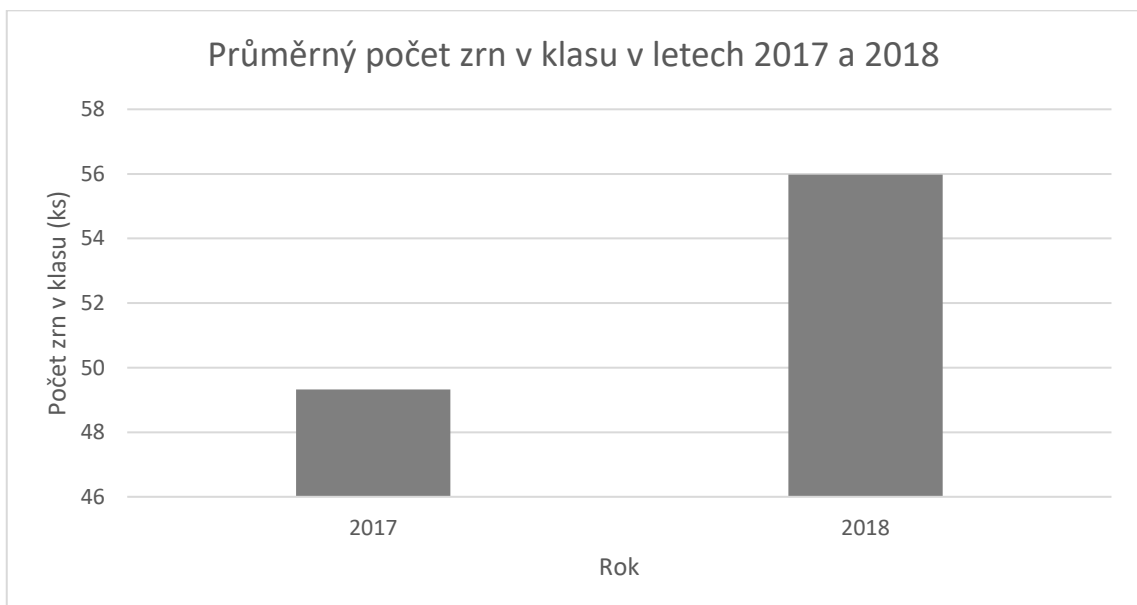
Graf 14: Průměrná objemová hmotnost v závislosti na intenzitě pěstování (g/l).



### 5.3 Počet zrn v klasu

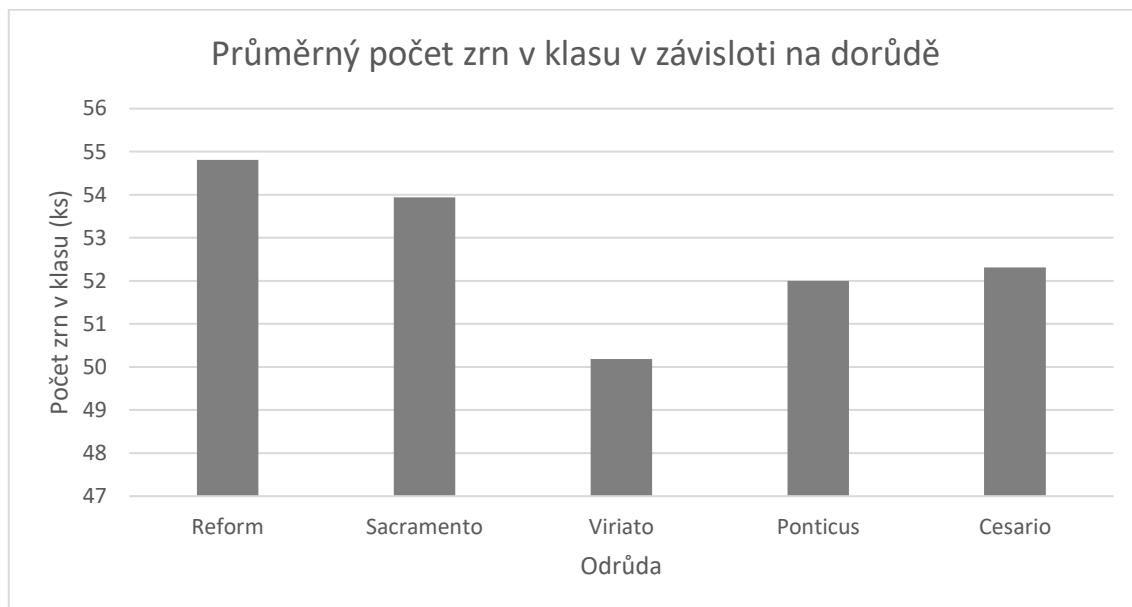
V roce 2017 byl průměrný počet zrn v klasu 49,3 ks a v roce 2018 byl počet zrn v klasu 55,9 ks. V roce 2017 byl počet zrn v klase statisticky průkazně nižší než v roce 2018 s rozdílem 6,6 zrn (viz Graf 15).

Graf 15: Průměrný počet zrn v klasu v roce 2017 a 2018 (ks).



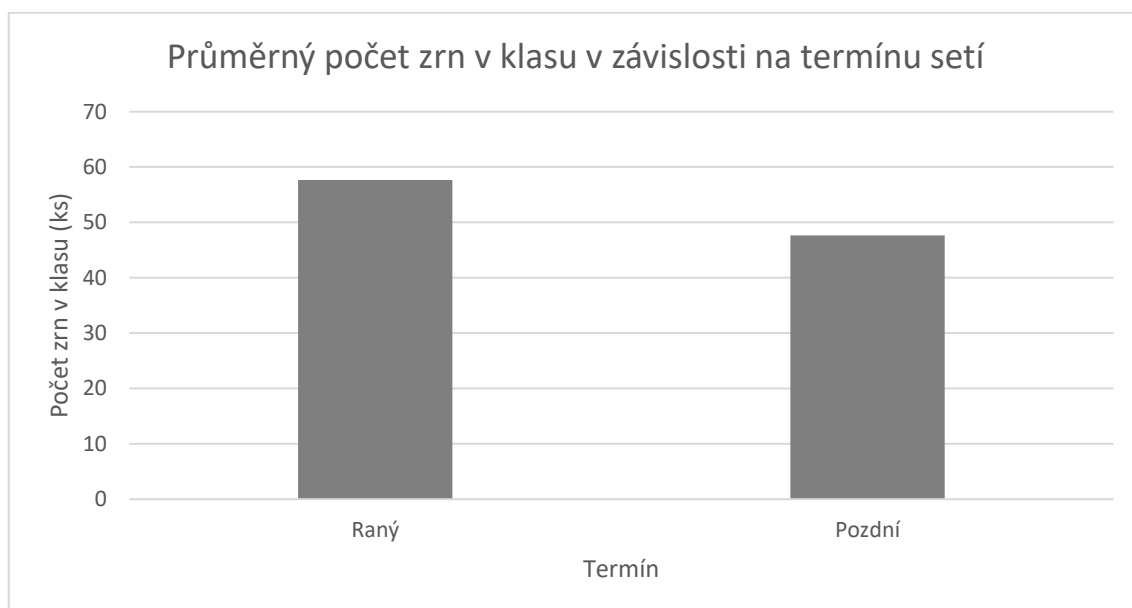
Největší rozdíl v počtu zrn v klasu byl zaznamenán mezi odrůdou Reform a Viriato. Jednalo se o rozdíl 4,6 ks zrn. Největší počet zrn byl zaznamenán u odrůdy Reform (viz Graf 16). Bylo zjištěno, že ze zkoumaných odrůd neměla žádná odrůda statisticky prokazatelný vliv na počet zrn v klasu.

Graf 16: Průměrný počet zrn v klasu v závislosti na odrůdě (ks).



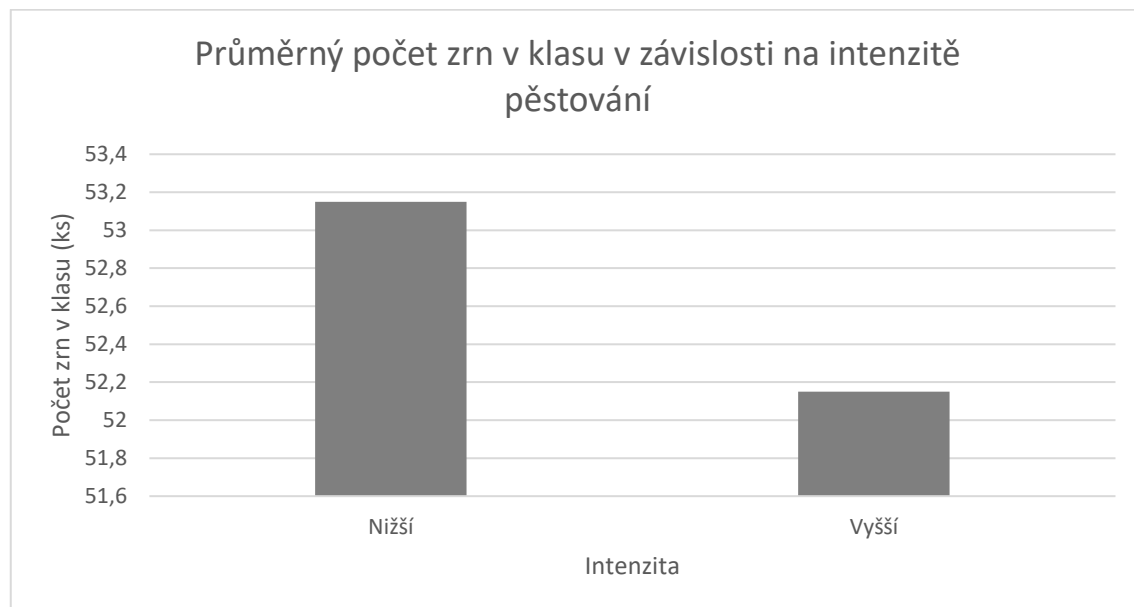
Při setí v dřívějším termínu byl napočítán větší průměrný počet zrn v klasu. Jak ukazuje Graf 17, mezi jednotlivými termíny setí byl zjištěn průměrný rozdíl 10 zrn na klas. Ze statistického šetření vyplynulo, že existoval statisticky významný rozdíl v počtu zrn na klas v závislosti na termínu setí. Termín setí měl tedy dopad na počet zrn v klasu.

Graf 17: Průměrný počet zrn v závislosti na termínu setí (ks).



Průměrný počet zrn v klasu při nižší intenzitě byl 53,15 zrn a při vyšší intenzitě byl průměrný počet zrn 52,15 zrn v klasu. Rozdíl je tedy 1 zrn (viz Graf 18). Nejedná se o statisticky prokazatelný rozdíl, tudíž v tomto případě neměla intenzita pěstování vliv na počet zrn v klasu.

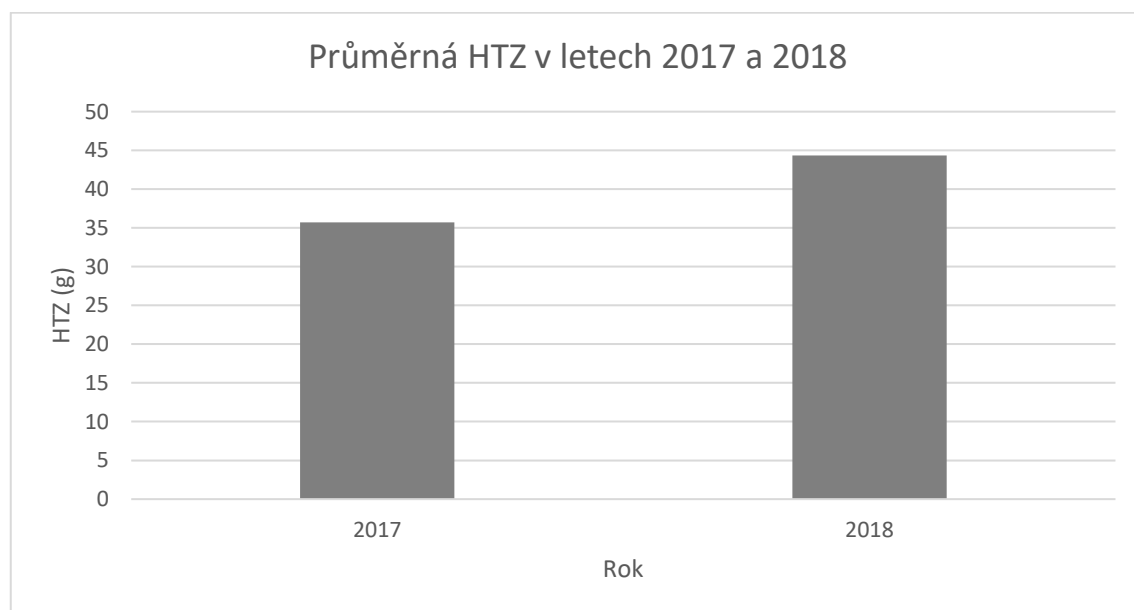
Graf 18: Průměrný počet zrn v klasu v závislosti na intenzitě pěstování (ks).



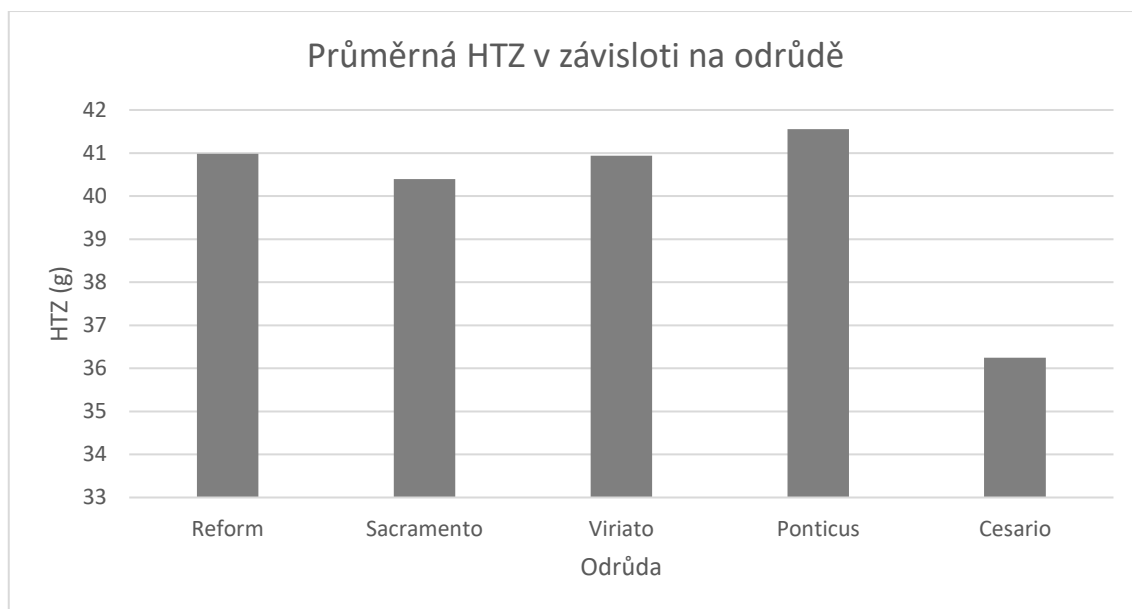
## 5.4 Hmotnost tisíce zrn

V roce 2017 byla zjištěna statisticky průkazně nižší průměrná HTZ oproti roku 2018. Průměrná HTZ v roce 2017 byla 35,6 g a v roce 2018 44,3 g. Průměrná HTZ se tedy lišila o 8,6 g (viz Graf 19).

Graf 19: Průměrná HTZ v roce 2017 a 2018 (g).

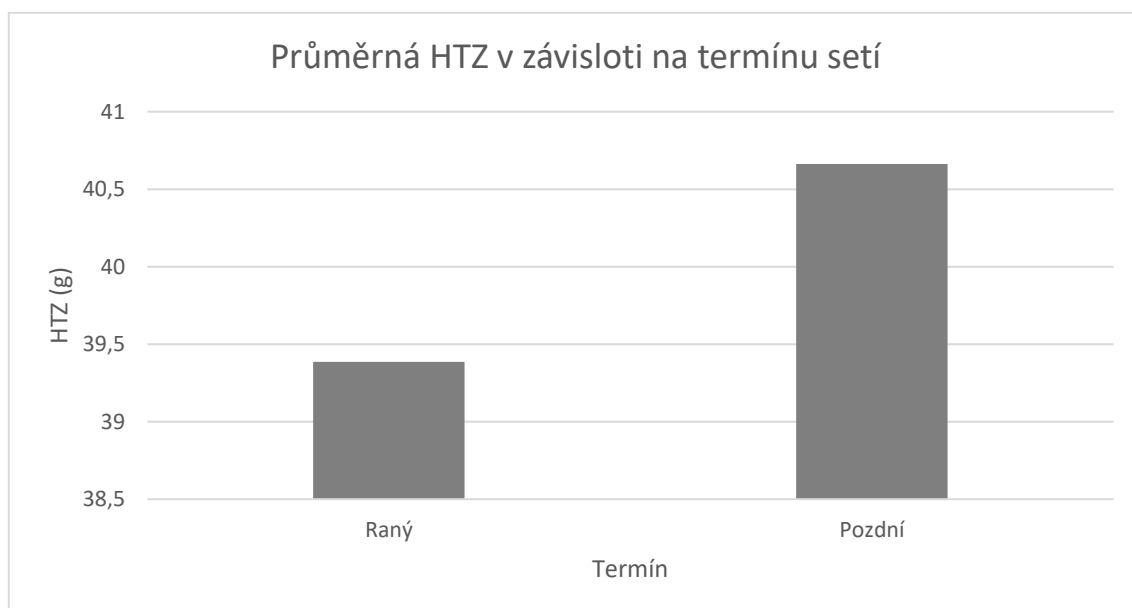


Na rozdíl od ostatních zkoumaných parametrů měla odrůda vliv na průměrnou HTZ. Zatímco mezi prvními čtyřmi odrůdami (Reform, Sacramento, Viriato, Ponticus) nebyl statisticky průkazný rozdíl v HTZ, tak odrůda Cesario měla statisticky prokazatelně nižší průměrnou HTZ oproti všem zbývajícím odrůdám. Rozdíly u odrůd byly následující: Reform – 4,7 g, Sacramento – 4,1 g, Viriato – 4,6 g a Ponticus – 5,3 g. Tyto rozdíly jsou patrné z Grafu 20. *Graf 20: Průměrná HTZ v závislosti na odrůdě (g).*



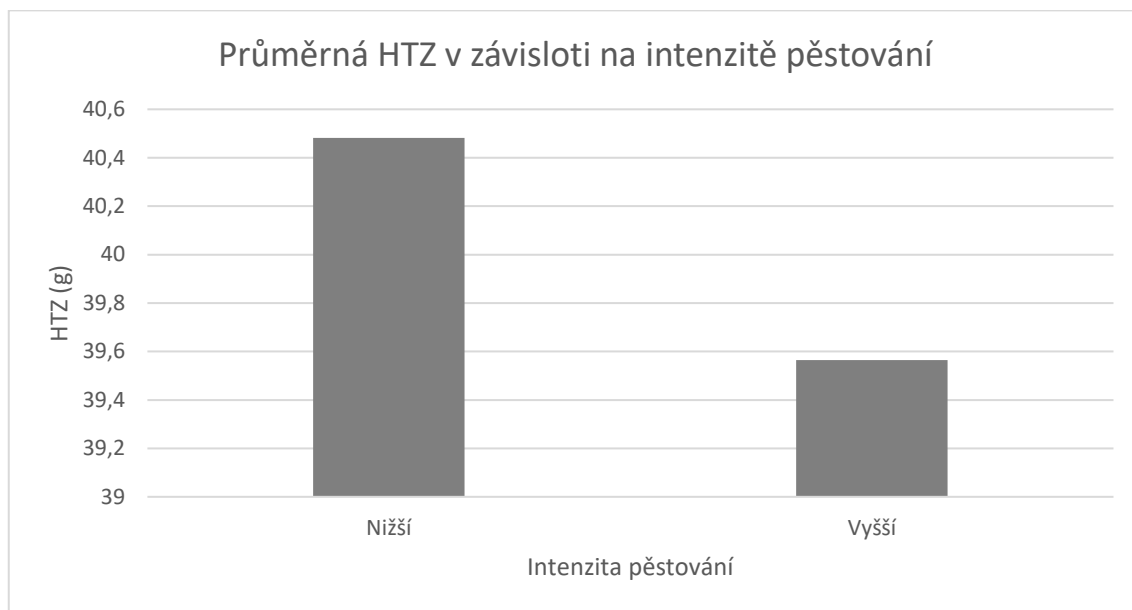
V Grafu 21 je vidět, že rozdíl v průměrné HTZ mezi termíny setí byl 1,2 g. Následný statistickým šetřením bylo zjištěno, že mezi průměry HTZ neexistoval statisticky významný rozdíl. Tudíž termín setí neovlivnil velikost HTZ.

*Graf 21: Průměrná HTZ v závislosti na termínu setí (g).*



V rámci intenzity pěstování se průměrná HTZ lišila jen málo. Rozdíl HTZ při nižší a vyšší intenzitě pěstování byl 0,9 g (viz Graf 22). V tomto případě neměla intenzita pěstování statisticky prokazatelný vliv na velikost průměrné HTZ.

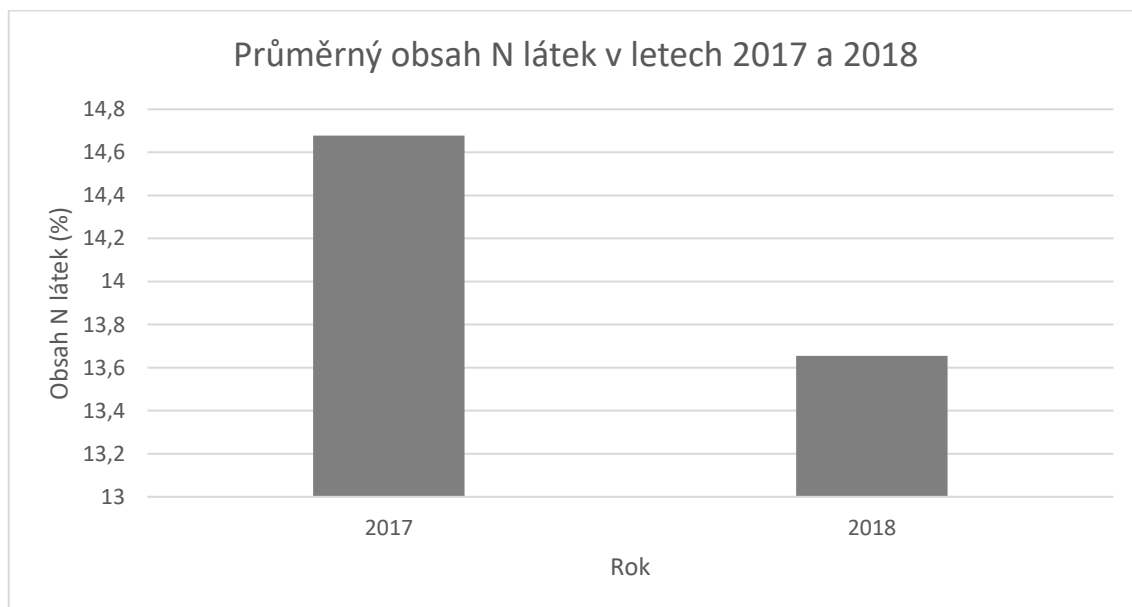
Graf 22: Průměrná HTZ v závislosti na intenzitě pěstování (g).



## 5.5 Obsah N-látek

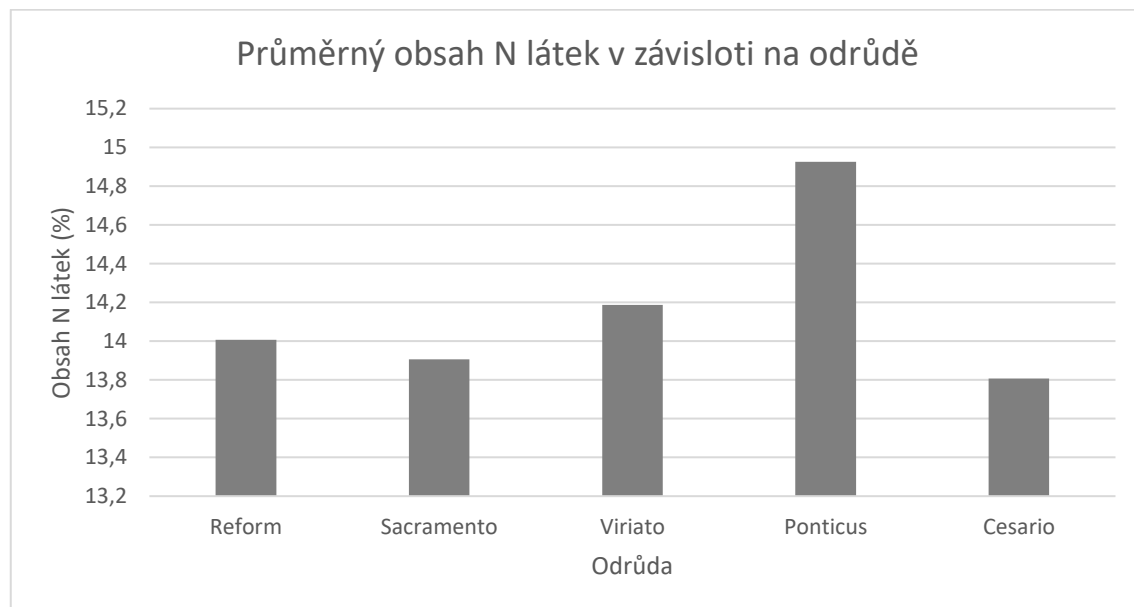
V roce 2018 došlo ke statisticky průkaznému snížení obsahu N-látek oproti roku 2017. Zatímco v roce 2017 byl průměrný obsah 14,6 %, tak v roce 2018 se jednalo o hodnotu 13,6 % (viz Graf 23). Jednalo se tedy o snížení obsahu N-látek o 1 %.

Graf 23: Obsah N-látek v roce 2017 a 2018 (%).



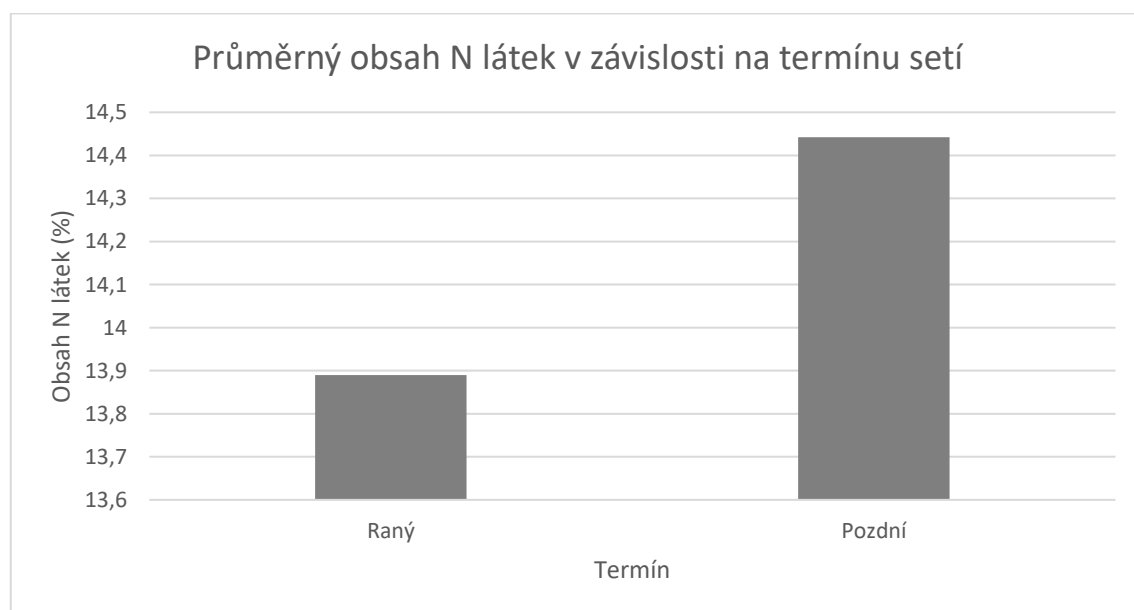
V Grafu 24 je vidět, že odrůda Ponticus měla oproti ostatním odrůdám větší obsah N-látek v znu. Statisticky prokazatelně větší obsah N-látek měla odrůda Ponticus oproti odrůdám Reform (o 0,9 %), Sacramento (o 1,0 %) a Cesario (o 1,1 %). Rozdíl mezi odrůdou Ponticus a Viriato nebyl statisticky významný.

Graf 24: Průměrný obsah N-látek v závislosti na odrůdě (%).



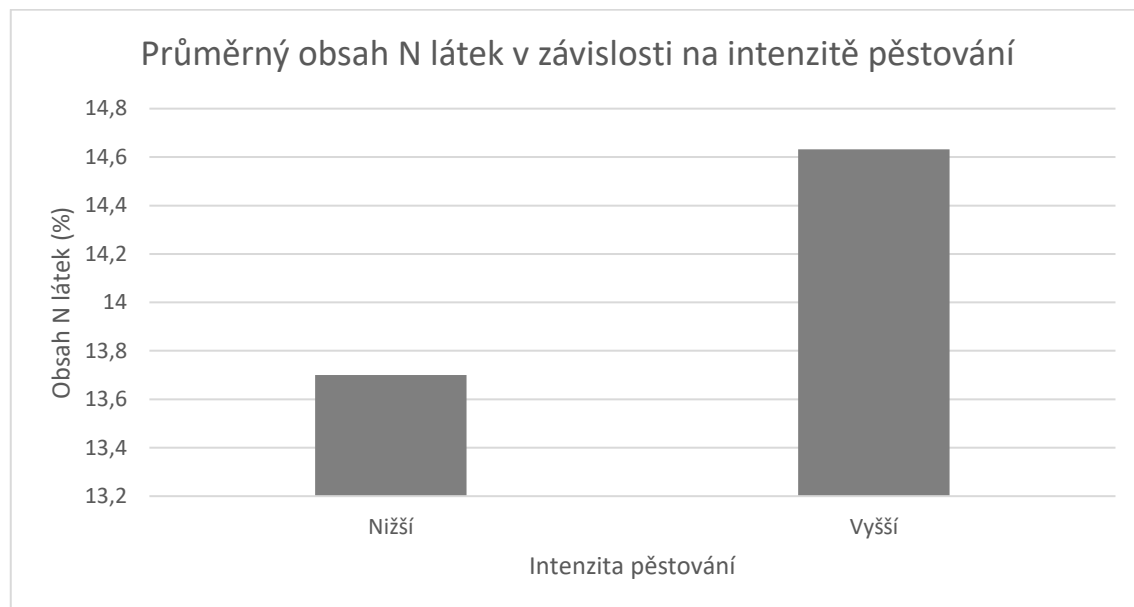
Při pozdějším termínu setí byl obsah N-látek v znu vyšší. Rozdíl v obsahu N-látek v znu mezi jednotlivými termíny setí byl 0,5 % (viz Graf 25). Avšak tento rozdíl nebyl prokázán jako statisticky významný. Z toho vyplynulo, že termín setí neměl dopad na obsah N-látek v znu.

Graf 25: Průměrný obsah N-látek v závislosti na termínu setí (%).



Při vyšší intenzitě pěstování byl obsah N-látek v zrně 14,6 % zatímco při nižší intenzitě byl obsah jen 13,7 % (viz Graf 26). Mezi jednotlivými intenzitami se jednalo o rozdíl 0,9 %. Tento rozdíl byl vyhodnocen jako statisticky významný, a proto měla intenzita pěstování prokazatelný vliv na obsah N-látek v zrně.

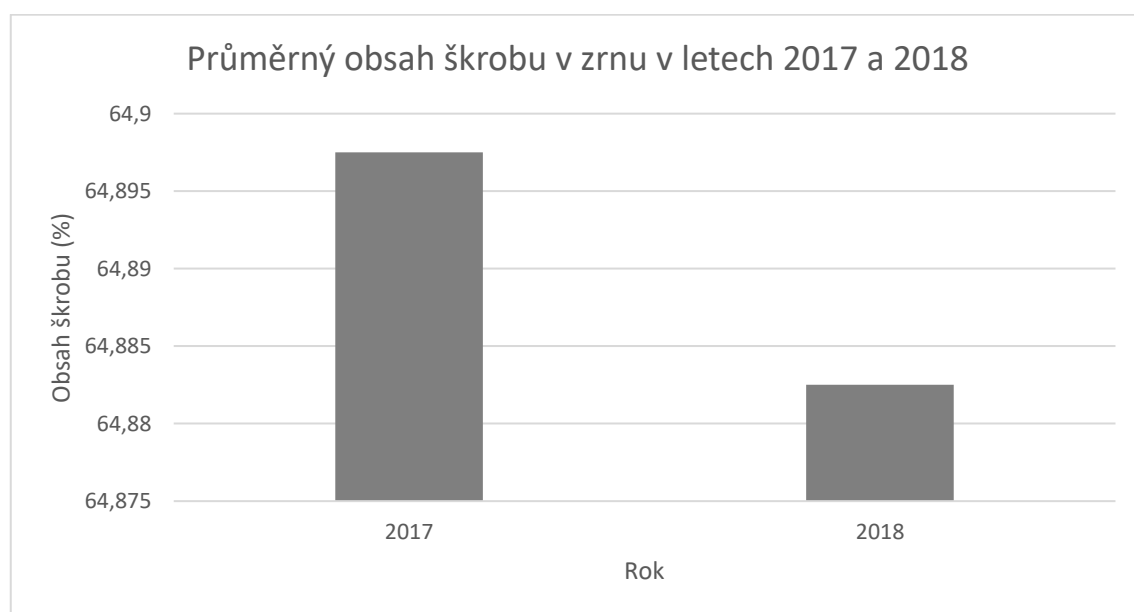
Graf 26: Průměrný obsah N-látek v závislosti na intenzitě pěstování (%).



## 5.6 Obsah škrobu

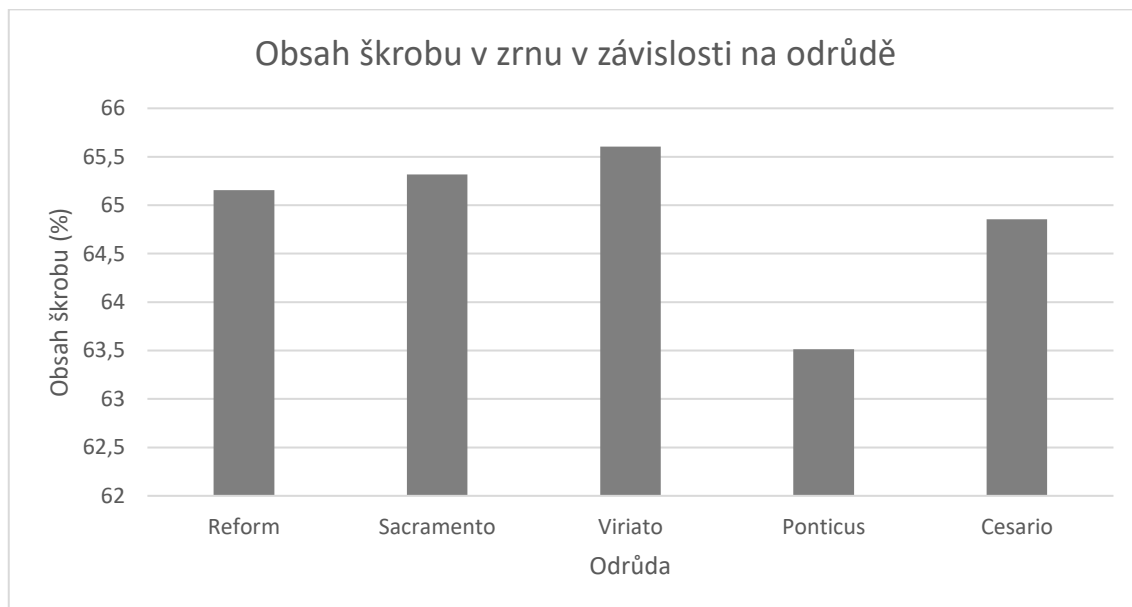
Mezi léty 2017 a 2018 byl v obsahu škrobu jen malý rozdíl (0,015 %) (viz Graf 27). Následnými statistickými výpočty bylo zjištěno, že tento rozdíl mezi léty 2017 a 2018 nebyl statisticky významný.

Graf 27: Průměrný obsah škrobu v roce 2017 a 2018 (%).



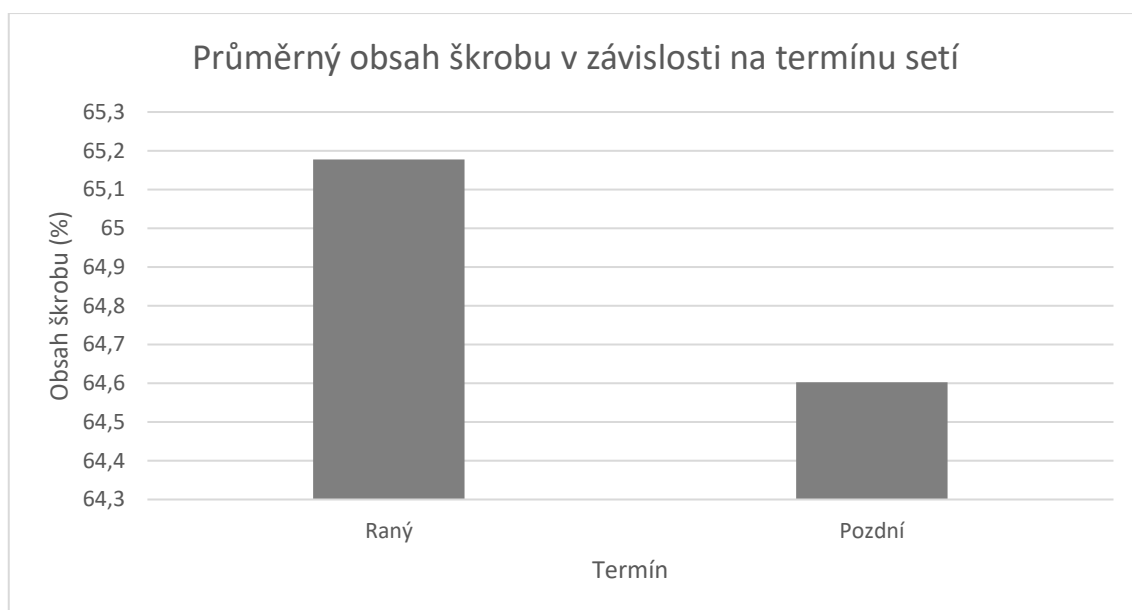
Odrůda měla statisticky průkazný vliv na obsah škrobu v zrně. Průkazně nižší obsah škrobu měla odrůda Ponticus oproti odrůdám Reform (o 1,6 %), Sacramento (o 1,8 %) a Viriato (o 2,0 %) i Cesarion (o 1,3 %). Také odrůda Cesarion měla prokazatelně nižší obsah škrobu než odrůda Viriato. Viriato měla nejvyšší obsah škrobu v zrně (viz Graf 28). Mezi odrůdami Reform, Sacramento, Viriato a mezi Reform, Sacramento, Cesarion neexistoval statisticky významný rozdíl.

Graf 28: Obsah škrobu v zrně v závislosti na odrůdě (%).



Průměrný obsah škrobu ve dřívěji vyšetřovaných porostech byl o 0,5 % vyšší než u později setých porostů (viz Graf 29). Rozdíl byl prokázán jako statisticky významný. Termín setí měl dopad na obsah škrobu v zrně pšenice.

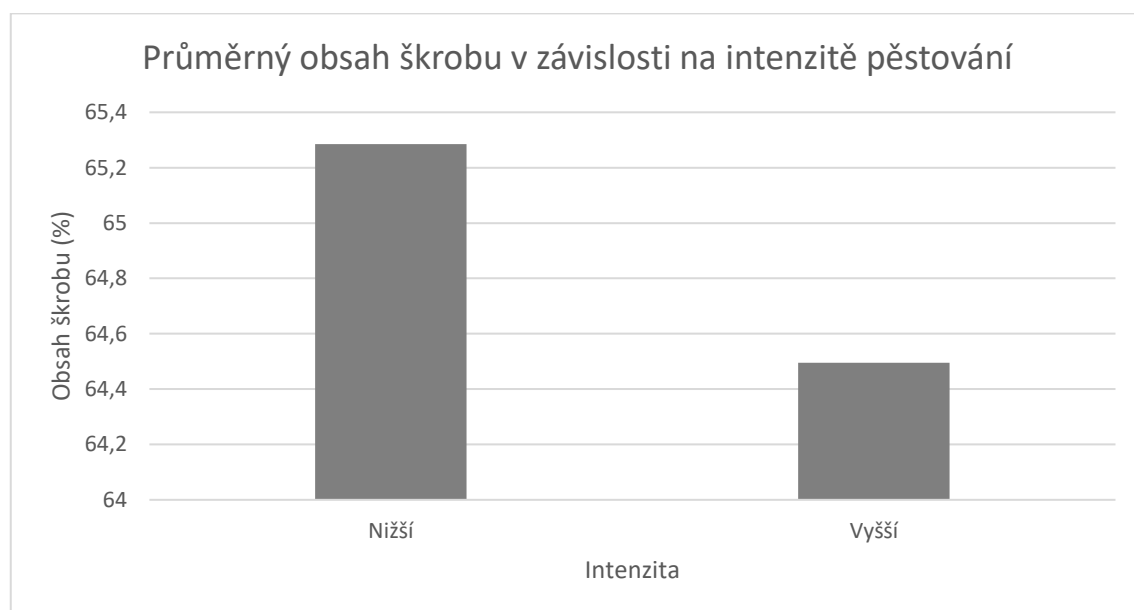
Graf 29: Průměrný obsah škrobu v závislosti na termínu setí (%).





V Grafu 30 je vidět, že průměrný obsah škrobu v zrně byl vyšší (65,2 %) při nižší intenzitě (64,4 %) pěstování než při vyšší intenzitě. Rozdíl 0,79 % byl prokázán jako statisticky významný, a tudíž intenzita pěstování ovlivnila obsah škrobu v zrně pšenice.

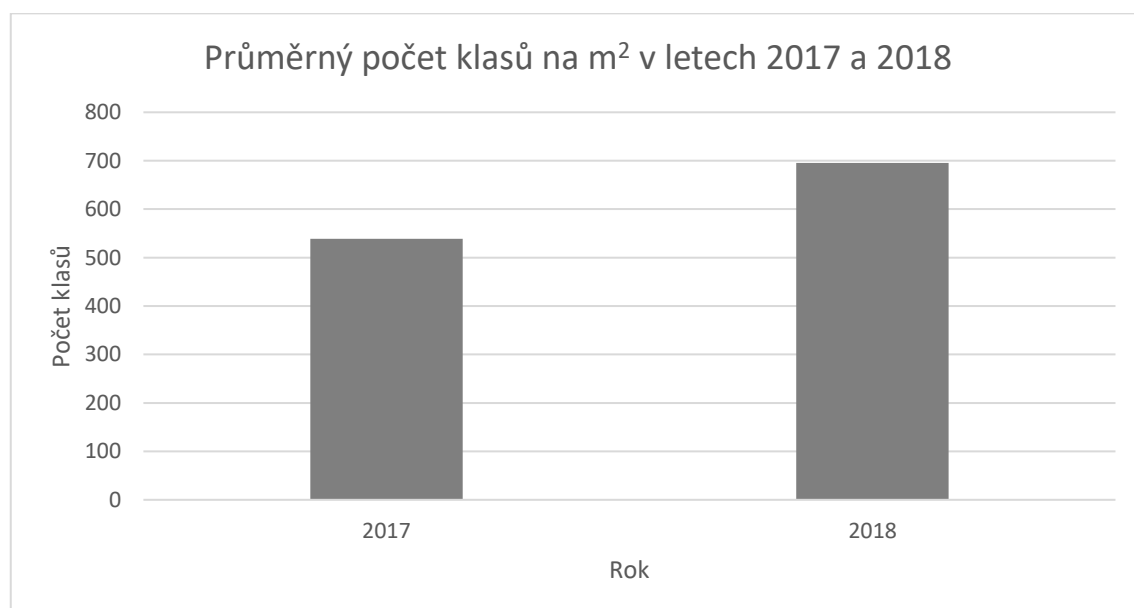
Graf 30: Průměrný obsah škrobu v závislosti na intenzitě pěstování (%).



## 5.7 Počet klasů na m<sup>2</sup>

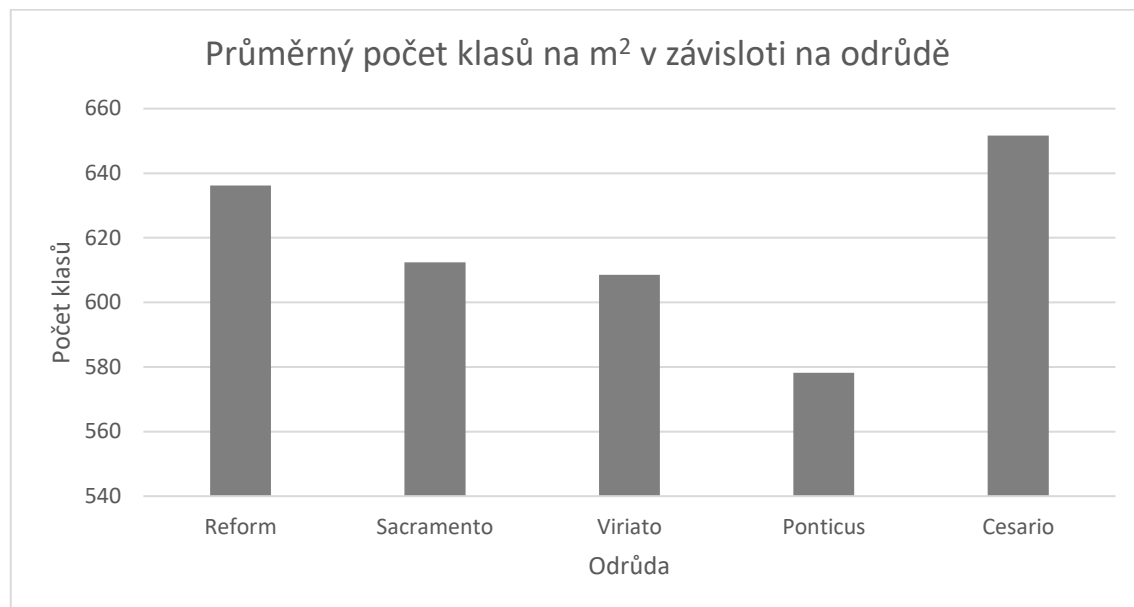
V roce 2017 byl počet klasů (539 klasů) na m<sup>2</sup> o 156 klasů nižší než v roce 2018 (695 klasů) (viz Graf 31). Výpočty bylo zjištěno, že v roce 2017 byl počet klasů na m<sup>2</sup> statisticky prokazatelně nižší než v roce 2018.

Graf 31: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v roce 2017 a 2018.



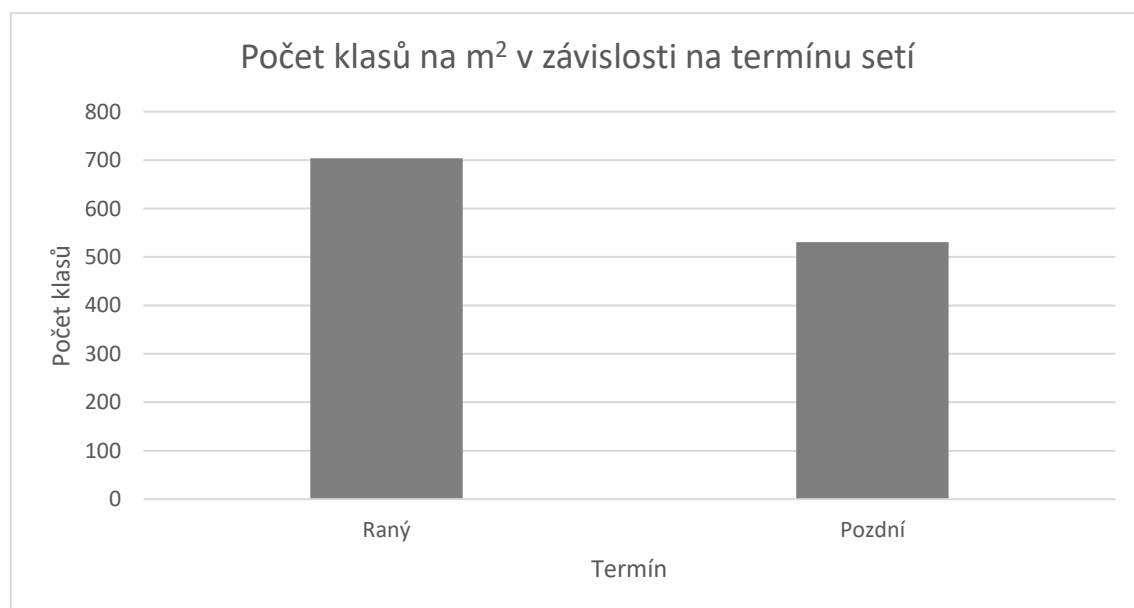
Nejménší počet klasů na m<sup>2</sup> byl zjištěn u odrůdy Ponticus (578 klasů), naopak nejvyšší počet klasů měla odrůda Cesario (651 klasů) (viz Graf 32). Nicméně mezi odrůdami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v počtu klasů. Z toho vyplývá, že odrůda neměla prokazatelný vliv na počet klasů na m<sup>2</sup>.

Graf 32: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v závislosti na odrůdě.



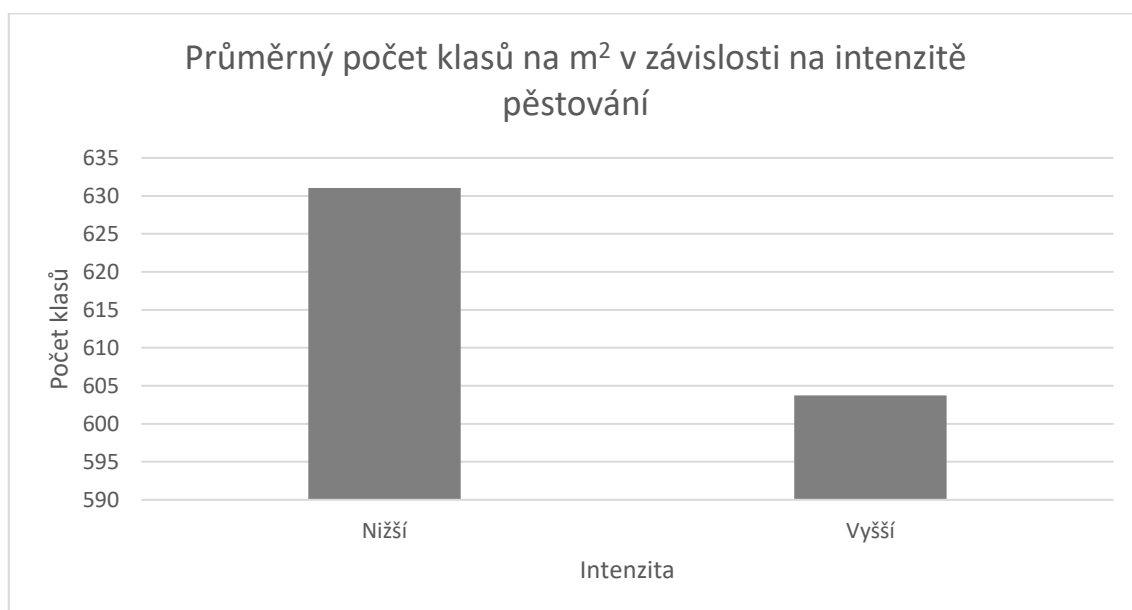
Porosty zasety v ranějším termínu setí měli prokazatelně větší počet klasů na m<sup>2</sup> než porosty seté později. Rané porosty měli 704 klasů na m<sup>2</sup> a později seté porosty 530 klasů na m<sup>2</sup> (viz Graf 33). Rozdíl mezi oběma termíny byl 173 klasů. Termín setí měl statisticky průkazný vliv na počet klasů na m<sup>2</sup>.

Graf 33: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v závislosti na termínu setí.



V závislosti na intenzitě pěstování se počet klasů na m<sup>2</sup> lišil o 27 klasů (viz Graf 34). Nicméně bylo zjištěno, že tento rozdíl byl statisticky neprůkazný a neexistovala závislost počtu klasů na intenzitě pěstování.

Graf 34: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v závislosti na intenzitě pěstování.



## 5.8 Souhrnné hodnocení

Zde jsou uvedeny hodnoty všech zkoumaných znaků a jak byly ovlivněny různými faktory (termín setí, odrůda, intenzita pěstování). Jsou zde znázorněny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami. Pokud jsou u jednotlivých variant uvedena rozdílná písmena (a, b, c...), mezi variantami existuje statisticky významný rozdíl.

V Tabulce 3 lze pozorovat, že raný termín setí statisticky průkazně a pozitivně ovlivnil výnos semen, počet zrn v klasu, obsah škrobu a počet klasů na m<sup>2</sup>.

Tabulka 3: Sledované znaky v závislosti na termínu setí.

Termín setí	Výnos semen (t/ha)	Objemová hm. (g/l)	Počet zrn v klasu (ks)	HTZ (g)	N-látky (%)	Škrob (%)	Klasy na m <sup>2</sup>
Raný	8,9 a	786,2 a	57,6 a	39,3 a	13,8 a	65,1 a	704,1 a
Pozdní	5,6 b	785,4 a	47,6 b	40,6 a	14,4 a	64,6 b	530,8 b

Vliv odrůdy byl zaznamenán u znaků HTZ, obsah N-látek v zrně a obsah škrobu v zrně. Statisticky průkazně nejnižší HTZ měla odrůda Cesario. Statisticky významný rozdíl v obsahu N-látek v zrně byl zaznamenán u odrůdy Ponticus. Tato odrůda měla průkazně vyšší obsah N-látek v zrně než odrůdy Cesario, Sacramento a Reform. Průkazně nejnižší obsah škrobu v zrně měla odrůda Ponticus (viz Tabulka 4).

Tabulka 4: Sledované znaky v závislosti na odrůdě.

Odrůda	Výnos semen (t/ha)	Objemová hm. (g/l)	Počet zrn v klasu (ks)	HTZ (g)	N-látky (%)	Škrob (%)	Klasy na m <sup>2</sup>
Reform	7,6 a	787,5 a	54,8 a	41,0 a	14,0 a	65,2 ab	636,3 a
Sacramento	7,3 a	785,8 a	53,9 a	40,4 a	13,9 a	65,3 ab	612,4 a
Viriato	7,4 a	796,0 a	50,2 a	40,9 a	14,2 ab	65,6 a	608,5 a
Ponticus	7,4 a	786,8 a	52,0 a	41,6 a	14,9 b	63,5 c	578,3 a
Cesario	6,8 a	772,8 a	52,3 a	36,3 b	13,8 a	64,9 b	651,6 a

V Tabulce 5 jsou uvedeny rozdíly hodnot jednotlivých znaků mezi nižší a vyšší intenzitou pěstování. Vyšší intenzita pěstování měla statisticky průkazný vliv na zvýšení obsahu N-látek v zru. Obsah škrobu v zru byl s vyšší intenzitou pěstování statisticky průkazně nižší.

Tabulka 5: Sledované znaky v závislosti na intenzitě pěstování.

Intenzita pěst.	Výnos semen (t/ha)	Objemová hm. (g/l)	Počet zrn v klasu (ks)	HTZ (g)	N-látky (%)	Škrob (%)	Klasy na m <sup>2</sup>
Nižší	7,5 a	786,5 a	53,2 a	40,5 a	13,7 a	65,3 a	631,1 a
Vyšší	7,0 a	785,1 a	52,2 a	39,6 a	14,6 b	64,5 b	603,8 a

### 5.8.1 Doporučení pro praxi

Pokud chceme dosáhnout vysokých výnosů, porosty by se v podmínkách ČR měly vysévat v doporučeném agrotechnickém termínu a nejpozději do 18. října.

Vyšší intenzita pěstování nezaručuje zvýšení výnosu, tudíž se zvýšená intenzita pěstování může stát neekonomickou. Navýšení úrovně agrotechniky může být uplatnitelné, pokud chceme navýšit obsah N-látek v zru. Pokud potřebujeme zachovat škrobnatost zrna je vhodnější uplatnit nižší úroveň agrotechniky.

Pro nižší intenzitu pěstování je vhodnější odrůda Viriato. U této odrůdy nedochází ke snížení výnosu zrna a ke zhoršení kvalitativních ukazatelů, avšak obsah škrobu zůstává vysoký.

Odrůdu Ponticus je vhodnější vysévat v agrotechnickém termínu, ne později. Při pozdním setí se u této odrůdy snižuje obsah škrobu.

Vyšší úroveň agrotechniky je vhodná pro odrůdu Ponticus, která vykazuje vyšší obsah N-látek v zru. Zvýšenou intenzitou pěstování je možné podpořit obsah N-látek v zru této odrůdy.

Jelikož vyšší intenzita pěstování nepodpořila výši výnosu, nelze tedy navýšením intenzity kompenzovat snížený výnos semen, resp. menší počet klasů na m<sup>2</sup> vlivem pozdního setí.

## 6 Diskuze

V roce 2017 byl zaznamenán prokazatelně nižší výnos než v roce 2018. Zároveň bylo zjištěno, že časnější výsev má prokazatelně pozitivní vliv na výnos a oproti pozdnímu setí došlo k navýšení výnosu. Porosty v roce 2016 – 2017 byly zasety 18. 10. 2016 a 4. 11. 2016. U prvního termínu setí se tedy jednalo o setí v pozdějším termínu, než je doporučováno (do 15. 10., viz kapitola Termín setí). V roce 2017 – 2018 byly porosty seté dříve, v doporučeném termínu. Zároveň v termínu setí 18. 10. 2016 nedošlo k navýšení výsevku. Tato skutečnost mohla být příčinou nižšího výnosu v roce 2017, jelikož vlivem pozdějšího setí nemusel být porost dostatečně připravený pro přezimování. Ačkoliv se nejedná o zkoumaný faktor, svůj podíl na výnosu mohly mít i povětrnostní vlivy. Vlivem náhlých mrazíků byl v roce 2017 porost silně poškozen. Vzhledem ke zvýšeným teplotám v měsíci květnu a nedostatku vláhy mohlo dojít k výrazné redukci odnoží, a tím porost ztratil autoregulační schopnost a nedokázal kompenzovat následné poškození mrazem.

Pokusy kde se zkoumal vliv termínu setí na výnos provedli i Balwinder-Singh et al. (2016) a Shaaban et al. (2018), kdy Balwinder-Singh et al. (2016) provedli pokusy v Indii a Shaaban et al. (2018) v Sýrii. V obou případech autoři dospěli k závěru, že pokud posunuli výsev na začátek listopadu, resp. z 10. října na 20. listopadu, došlo k největšímu nárůstu výnosu. Ve srovnání s výzkumem v této diplomové práci se jedná o zcela opačné výsledky. Tento výsledek lze vysvětlit zcela odlišným podnebím a povětrnostními vlivy. V obou lokalitách (Sýrie, Indie) panují vyšší teploty, a tudíž lze výsev posunout na pozdější termín. Není zde potřeba řádného zapojení porostu před zimou a nedochází ke škodám během přezimování.

Vliv intenzity pěstování na výnos nebyl v této diplomové práci prokázán. Avšak např. v pokusech, které provedli Olijnik et al. (2016), byl výnos intenzitou pěstování ovlivněn. Při intenzivním pěstování došlo k navýšení výnosu oproti porostům, u kterých byla intenzita pěstování minimální. Takový rozdíl je možné vysvětlit různými povětrnostními vlivy. Při pokusech v této diplomové práci mohlo vlivem tepla a sucha v období tvorby výnosotvorných prvků (duben – červen) dojít k redukci tvorby výnosotvorných prvků a zvýšená intenzita výživy tedy neměla žádaný účinek, protože živiny nemohly být využity. Tuto teorii potvrzují pokusy Dai et al. (2016), kteří ve svých pokusech pozorovali, že v suchých letech nedošlo k navýšení výnosu i přesto, že byly porosty hnojeny.

Výnos zrna je tvořen především výnosotvornými prvky a pro vysoký výnos je nutné zajistit správné podmínky pro jejich tvorbu. V této diplomové práci byly zkoumány některé z faktorů, které mohou ovlivnit tvorbu výnosotvorných prvků. U prvků počet zrn v klase, počet klasů na m<sup>2</sup> a HTZ by se dalo říci, že mohou být jednou z hlavních příčin nižšího výnosu v roce 2017. U všech těchto prvků byly v roce 2017 naměřeny prokazatelně nižší hodnoty než v roce 2018. Počet zrn v klase a počet klasů na m<sup>2</sup> byl prokazatelně ovlivněn termínem setí, kdy u dřívejších termínů setí tyto prvky vykazovaly vyšší hodnoty. To může být dáno delší vegetační dobou, kdy měly porosty více času pro správný vývoj. Všechny tyto prvky mohly být dále ovlivněny počasím. V roce 2017 došlo v měsíci dubnu k velkému poškození rostlin vlivem mrazů a následně vysoké teploty způsobily neschopnost porostu vykompenzovat poškození. HTZ nicméně nebyla ovlivněna ani termínem setí ani intenzitou pěstování. Jednalo se tedy

pravděpodobně jen o vliv povětrnostních podmínek. Jediným prvkem, který byl ovlivněn odrůdou byla HTZ. HTZ u odrůdy Cesario byla prokazatelně nižší než u ostatních odrůd. To je dáno pravděpodobně geneticky a možnou náchylností odrůdy na povětrnostní vlivy.

Uddin et al. (2016) provedli podobné pokusy v Bangladéši, při kterých zkoumali vliv termínu setí na vlastnosti rostlin. Výsledky těchto pokusů byly rozdílné oproti výsledkům v této práci. Lepších výsledků bylo dosaženo u později setých porostů, kdy tyto porosty vykazovali nejvyšší hodnoty HTZ i počtu zrn v klasu. Jedná se tedy o opačný výsledek než v této práci. Pravděpodobně byl rozdíl způsoben jinými povětrnostními podmínkami a celkově odlišným podnebím v Bangladéši. Jiný výzkum provedl Wang et al. (2015), kteří zkoumali vliv výsevku na vlastnosti rostlin. Tento faktor nebyl v této diplomové práci zkoumán, ale z pokusů Wanga et al. (2015) vyplývá, že velikost výsevku může mít prokazatelný vliv na HTZ a počet zrn v klasu. Při zvýšení výsevku došlo ke snížení počtu zrn v klasu i HTZ. Jelikož nebyla velikost výsevku v této diplomové práci předmětem zkoumání, nedá se s jistotou říci, jestli mohlo být snížení HTZ v roce 2017 do jisté míry zapříčiněno velikostí výsevku. Otázka vlivu výsevku na vlastnosti rostlin je předmětem pro další výzkum.

Objemová hmotnost zrna nebyla v provedených pokusech ovlivněna žádným ze zkoumaných faktorů. Jen v roce 2017 byla objemová hmotnost zrna prokazatelně nižší než v roce 2018. Pravděpodobně vlivem poškození mrazem a suchem v době tvorby výnosu (duben – červen) nedošlo ke kompenzaci poškození. Trvající sucho následně mohlo zapříčinit snížení HTZ a nedošlo k dalšímu nárůstu výnosotvorných prvků. V roce 2018 byl obsah N-látek v zrně prokazatelně vyšší než v roce 2017. Pravděpodobně tím, že v roce 2018 nemusly rostliny kompenzovat poškození biomasy a přijatý dusík mohl být transportován do zrna. Dále byl prokázán vliv odrůdy a intenzity na obsah N-látek v zrně. Odrůda Ponticus měla prokazatelně vyšší obsah N-látek než zbylé odrůdy. Při vyšší intenzitě pěstování došlo k navýšení obsahu N-látek. Větší dávka dusíkatých hnojiv zvýšila množství přijatelného dusíku, který mohl být využit v zrně. Na obsah škrobu v zrně měly vliv všechny zkoumané faktory. Prokazatelně nejméně škrobu obsahovala odrůda Ponticus. Porosty vyseté ve dřívějších termínech měly prokazatelně vyšší obsah škrobu. Možná spojitost je s délkou vegetační doby, kdy rostliny měly optimálnější podmínky pro správnou tvorbu zrna. Vyšší intenzita pěstování měla prokazatelný vliv na snížení obsahu škrobu. Je možné, že vlivem nadměrného přísunu živin došlo k rychlému růstu rostlin a velkému nadbytku biomasy. Rychlým růstem mohlo dojít k nedostatečné a nesprávné tvorbě škrobu v zrně.

Pokus, kde byl zkoumán vliv intenzity hnojení na příjem dusíku rostlinami provedli také Gao et al. (2009). Z pokusů vyplynulo, že příjem dusíku rostlinami byl značně vyšší při hnojení dávkou 240 kg N/ha oproti dávce 140 kg N/ha a žádnému hnojení. Zvýšený příjem dusíku rostlinou může přímo souviset se zvýšením obsahu N-látek v zrně. Výsledky Gao et al. (2009) lze do jisté míry podpořit výsledky v této diplomové práci, kdy se zvýšením intenzity došlo ke zvýšení obsahu N-látek v zrně.

Na základě provedených pokusů a výsledků by se další výzkum mohl soustředit na vliv výsevku na výnos, výnosotvorné prvky a kvalitativní ukazatele. Jednalo by se o vhodné doplnění a další rozvinutí souvislostí k této diplomové práci.

## 7 Závěr

- Prvním cílem práce bylo zjistit, jestli má termín setí vliv na výnos pšenice ozimé. Byla potvrzena hypotéza, že termín setí zásadním vlivem ovlivňuje výnos. S opožděným termínem setí byl zaznamenán pokles výnosu. Jednotlivé výnosotvorné prvky pozitivně reagovaly na dřívější termín výsevu. S ranějším termínem setí se navýšil počet klasů na  $m^2$  a počet zrn v klase. Tyto prvky zajisté ovlivnily velikost výnosu.
- V této diplomové práci se nepotvrdil vliv intenzity na výnos. Tato hypotéza byla zamítnuta. Vliv zvýšené intenzity pěstování neměl vliv ani na výnosotvorné prvky jako počet zrn v klasu, HTZ a počet klasů na  $m^2$ . V tomto případě byly pravděpodobnou příčinou nenavýšení výnosu nadměrně vysoké teploty v době tvorby výnosotvorných prvků.
- Z výsledků v této diplomové práci bylo zjištěno, že testované odrůdy mohou reagovat na termín setí a úroveň agrotechniky. Tato hypotéza byla potvrzena. Vyššího obsahu N-látek bylo dosaženo při zvýšené intenzitě pěstování a zároveň prokazatelně vyššího obsahu N-látek bylo dosaženo u odrůdy Ponticus. Existuje pravděpodobnost, že odrůda Ponticus pozitivně reagovala na úroveň agrotechniky. K podobné závislosti mohlo dojít i u odrůdy Viriato. Odrůda Viriato vykazovala vyšší obsah škrobu v zrně než některé jiné odrůdy. Obsah škrobu byl pozitivně ovlivněn ranějším výsevem a nižší intenzitou pěstování. Je tedy možné, že odrůdě Viriato více vyhovoval ranější výsev a nižší úroveň agrotechniky.
- Z výsledků vyplynulo, že pro dosažení vysokých výnosů bylo vhodné včasné setí. Zvýšená intenzita pěstování zvýšila obsah N-látek v zrně nikoli však výnos. Odrůda Ponticus dosáhla vyššího obsahu škrobu při včasném setí. Pro odrůdu Ponticus se osvědčila zvýšená intenzita pěstování za účelem dosažení vyššího obsahu N-látek v zrně. Zvýšená úroveň agrotechniky nedokázala kompenzovat snížený výnos způsobený pozdním setím.

## 8 Literatura

- Abrar M, Din A, Zubair M, Musa M. 2018. Suitability of recent winter bread wheat varieties for bakery products. *Journal of Agricultural Research* **56**:123-129.
- Aksamit J, Faměra O. 2008. Vztah obsahu škrobu a dalších vlastností zrna pšenice. In: Sborník referátů z konference. Kvalita rostlinné produkce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Arendt E, Zannini E. 2013. *Cereals Grains for the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Arshad W, Nawaz A, Ali S, Zeeshan M, Khan M imran, Batool A, Mian M ashraf, Tariq M. 2018. Fatehjang-2016: A high yielding and rust resistant wheat (*triticum aestivum* L.) variety for rainfed areas of punjab. *Journal of Agricultural Research* **56**:173-179.
- Asseng S et al. 2019. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology* **25**:155-173.
- Balwinder-Singh, Humphreys E, Gaydon DS, Eberbach PL. 2016. Evaluation of the effects of mulch on optimum sowing date and irrigation management of zero till wheat in central Punjab, India using APSIM. *Field Crops Research* **197**:83-96.
- Botticella E, Sestili F, Sparla F, Moscatello S, Marri L, Cuesta-seijo J a., Falini G, Battistelli A, Trost P, Lafiandra D. 2018. Combining mutations at genes encoding key enzymes involved in starch synthesis affects the amylose content, carbohydrate allocation and hardness in the wheat grain. *Plant Biotechnology Journal* **16**:1723-1734.
- Capouchova I, Petr J, Maresova D. 2002. The effect of variety and intensity of cultivation on the exploitation of wheat for production of starch and gluten. *Scientia Agriculturae Bohemica (Czech Republic)* **33**:41-49.
- Dai J, Wang Z, Li M, He G, Li Q, Cao H, Wang S, Gao Y, Hui X. 2016. Winter wheat grain yield and summer nitrate leaching: Long-term effects of nitrogen and phosphorus rates on the Loess Plateau of China. *Field Crops Research* **196**:180-190.
- D'Appolonia BL, Rayas-Duarte P. 1994. Wheat carbohydrates: structure and functionality. Pages 107-127 in Bushuk W, Rasper VF, editors. *Wheat, production, properties and quality*. Springer. Boston.
- Dibaba R, Goshu D. 2018. Impact of high yielding wheat varieties on farm income of smallholder farmers in ethiopia. *Review of Agricultural and Applied Economics* **21**:103-112.
- Elias E, Okoth Pf., Smaling Em.a. 2019. Explaining bread wheat (*Triticum aestivum*) yield differences by soil properties and fertilizer rates in the highlands of Ethiopia. *Geoderma* **339**:126-133.
- Faměra O. 1993. *Základy pěstování ozimé pšenice*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha.
- FAO. 2019. FAOSTAT: Crops. FAO. Available from [www.fao.org/faostat/en/](http://www.fao.org/faostat/en/) (accessed February 2019).
- Gao Y, Li Y, Zhang J, Liu W, Dang Z, Cao W, Qiang Q. 2009. Effects of mulch, N fertilizer, and plant density on wheat yield, wheat nitrogen uptake, and residual soil nitrate in a dryland area of China. *Nutrient cycling in agroecosystems* **85**:109-121.



- Gao S, Zhou J, Liu X, Wang H, Chen Z, Liu Y. 2016. The Effect of N Fertilizer Placement on the Fate of Urea-15N and Yield of Winter Wheat in Southeast China. *Public Library of Science ONE* **11**:1-13.
- Gooding MJ. 2009. The Wheat Crop. Pages 19-49 in Khan K, Sherwy PR, editors. *Wheat, Chemistry and technology*. Elsevier Inc., Eagan.
- Götz K-peter, Ereku O, Wutzke K dieter, Koca Y onur, Aksu T. 2017. N allocation into wheat grains (*Triticum aestivum* L.) influenced by sowing rate and water supply at flowering under a Mediterranean climate. *Isotopes in Environmental* **53**:274-285.
- Guberac V, Maric S, Bede M, Kovacevic J, Drezner G, Lalic A, Josipovic M, Krizmanic M, Juric T, Kis D. 2005. Grain yield of new croatian winter wheat cultivars in correlation with sowing rate. *Cereal Research Communications* **33**:777-784.
- Guberac V, Martinčić J, Marić S, Bede M, Jurišić M, Rozman V. 2000. Grain yield components of winter wheat new cultivars in correlation with sowing rate. *Cereal Research Communications* **28**:307-314.
- Hu Y, Hao M, Wei X, Chen X, Zhao J. 2016. Contribution of fertilisation, precipitation, and variety to grain yield in winter wheat on the semiarid Loess Plateau of China. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* **66**:406-416.
- Chuan L, He P, Pampolino M f., Johnston A m., Jin J, Xu X, Zhao S, Qiu S, Zhou W. 2013. Establishing a scientific basis for fertilizer recommendations for wheat in China: Yield response and agronomic efficiency. *Field Crops Research* **140**:1-8.
- Karabínová M, Kulík D, Procházková M. 1999. *Obilniny I. Pestovanie ozimných obilnín. Úvtip Nitra, Bratislava*.
- Křen J, et al. 1998. *Metodika pěstování ozimých obilnin: pšenice ozimá, ječmen ozimy, žito, triticales. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s. r. o., Kroměříž*.
- Lafiandra D, Masci S, D'Ovidio R, Margiotta B. 2000. The genetics of wheat gluten proteins: an overview. Pages 3-10 in Shewry PR, Tatham AS, editors. *Wheat gluten*. Royal Society of Chemistry. Cambridge.
- Liao L, Zhang F-li, Lin W-jie, Li Z-fa, Yang J-yi, Hwa park K, Ni L, Liu P. 2019. Gluten-starch interactions in wheat gluten during carboxylic acid deamidation upon hydrothermal treatment. *Food Chemistry* **283**:111-122.
- Lindblad M, Waern P. 2002. Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **92**:115-122.
- Li W, Qiao Y, Du S, Zhao Z, Chen, H. 2016. Analysis on Absorption, Utilization and Transfer Efficiency of Nitrogen in High-yield Wheat Cultivars at Different Sowing Dates. *Agricultural Science & Technology* **17**:1600-1606.
- Li Y, Chandio F Ali, Ma Z, Lakhari I Ali, Sahito A razaque, Ahmad F, Mari I Ali, Farooq U, Suleman M. 2018. Mechanical strength of wheat grain varieties influenced by moisture content and loading rate. *International Journal of Agricultural* **11**:52-57.
- Ma S-C, Wang T-C, Guan X-K, Zang X. 2018. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research* **221**:166-174.

- Morari F, Zanella V, Sartori L, Visioli G, Berzaghi P, Mosca G. 2018. Optimising durum wheat cultivation in North Italy: understanding the effects of site-specific fertilization on yield and protein content. *Precision Agriculture* **19**:257-277.
- Neuberg J, Jedlička J, Červená H. 1995. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe, Výživa a hnojení plodin. Ministerstvo zemědělství, ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Olijnik KM, Davijuk GV, Blažević L, Chudolij LV. 2016. Impact of cultivation technologies elements on winter wheat grain productivity and quality. *Plant Varieties Studying and Protection* **4**:45-50.
- Palík S, Burešová I, Edler S, Sedláčková I, Tichý F, Váňová M. 2009. Metodika pěstování ozimé pečárské pšenice. Agrotest fyto, s. r. o., Kroměříž.
- Petr, J, et. al. 1997. Rotlinná výroba – I (Obecná část, obilniny). Agronomická fakulta ČZU v Praze, Praha.
- Pîtu SD, Madosa E. 2017. The study of some qualities and yield of some winter wheat varieties used in the breeding process. *Research Journal of Agricultural Science* **49**:249-253.
- Polišenská I, Jirsa O, Agrofest fyto, s.r.o., Kroměříž. 2019. Kvalita sklizně pšenice 2018 a hodnocení nejčastěji pěstovaných odrůd. *Agromanuál* **14**:100-102.
- Pourazari F, Vico G, Ehsanzadeh P, Weih M. 2015. Contrasting growth pattern and nitrogen economy in ancient and modern wheat varieties. *Canadian journal of plant science* **95**:851-860.
- Procházková P, Svejková A, Chuchma F. 2017. Vlhkostní poměry prostředí a jejich vliv na výnos pšenice ozimé. Pages 174-177 in: Hnilička F, editor. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2017. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Rosypal S, et al. 2003. Nový přehled biologie. Scientia, spol. s r. o. Praha.
- Sarb C, Tabara V. 2012. Study about dynamics of certain quality indicators for 4 winter local wheat varieties under the influence of sowing density in Curtici (Arad county). *Research Journal of Agricultural Science* **44**:142-145.
- Shaaban ASA, Wahbi A, Sinclair RT. 2018. Sowing date and mulch to improve water use and yield of wheat and barley in the Middle East environment. *Agricultural Systems* **165**:26-32.
- Sherwy PR, Tatham AS. 2000. Preface. Page V in Shewry PR, Tatham AS, editors. *Wheat gluten*. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Stehnová E, Středová H, Hájková L. 2017. Fenologické projevy pšenice ozimé v minulosti a současnosti. Pages 184-188 in: Hnilička F, editor. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2017. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Sun H, Shao L, Chen S, Wang Y, Zhang X. 2013. Effects of sowing time and rate on crop growth and radiation use efficiency of winter wheat in the North China Plain. *International Journal of Plant Production* **7**:117-138.
- Špaldon E, et al. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Uddin R, Islam M, Ullah M, Hore P, Paul S. 2016. Grain Growth and Yield of Wheat as Influenced by Variety and Sowing Date. *Bangladesh Agronomy Journal* **18**:97-104.
- ÚKZÚZ. 2018. Obilniny 2018, Seznam doporučených odrůd. ÚKZÚZ. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/seznam-doporucenych-odrudy/x2018/obilniny.html> (accessed February 2019).

- ÚKZÚZ. 2016. Přehled přihlášených množitelských ploch v roce 2016 1. a 2. část. ÚKZÚZ. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/publikace/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch-9.html> (accessed February 2019).
- ÚKZÚZ. 2017. Přehled přihlášených množitelských ploch v roce 2017 1. a 2. část. ÚKZÚZ. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/publikace/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch-12.html> (accessed February 2019).
- ÚKZÚZ. 2018. Přehled přihlášených množitelských ploch v roce 2018 1. a 2. část. ÚKZÚZ. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/osivo-a-sadba/publikace/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch/prehled-prihlasenych-mnozitelських-ploch-15.html> (accessed February 2019).
- Vaněk V, Balík J, Němeček R, Pavlíková D, Tlustoš P. 1998. Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. FARMÁŘ – ZEMĚDĚLSKÉ LISTY, Praha.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s. r. o., Praha.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, s. r. o., Praha.
- Vostal J, et. al. 1989. Hnojení, kvalita produkce a životní prostředí. Ministerstvo zemědělství a výživy ČR, České Budějovice.
- Wang S, Qi H, Wang Y, Zhang Q, Feng G, Lin Y, Liang Q. 2015. Effects of Sowing Rate on Marginal Superiority and Yield of Wheat in Wheat-cotton Intercropping System. *Agricultural Science* **16**:2649-2652.
- Wollmer A-catharina, Pitann B, Mühling K hermann. 2018. Grain storage protein concentration and composition of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by waterlogging events during stem elongation or ear emergence. *Journal of Cereal Science* **83**:9-15.
- Wrigley CW. 2009. Wheat: A Unique Grain for the World. Pages 1-17 in Khan K, Sherwy PR, editors. *Wheat, Chemistry and technology*. Elsevier Inc., Eagan.
- 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 s. r. o., Praha.
- Zimolka J, et. al. 2000. Speciální produkce rostlinná – rostlinná výroba (Polní a zahradní plodiny, základy pícninářství). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Zinkevičienė D, Zinkevičius R, Petkevičius S. 2017. Economic evaluation of conventional intensive and precision farming technologies. *Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development*: 519-523.

