

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Analýza vlivu hnojení v kombinaci s průběhem počasí na  
výnos pšenice ozimé a cukrové řepy**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Ing. Tomáš Němec  
Obor studia: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci „Analýza vlivu hnojení v kombinaci s průběhem počasí na výnos pšenice ozimé a cukrové řepy“ 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

.....  
Ing. Tomáš Němec

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jindřichu Černému, Ph.D. za odborné vedení a věnovaný čas při zpracování mé diplomové práce.

# **Analýza vlivu hnojení v kombinaci s průběhem počasí na výnos pšenice ozimé a cukrové řepy**

## **Souhrn**

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv faktorů, které ovlivňují efektivitu hnojení ozimé pšenice a cukrovky ve vztahu k výnosu a kvalitě.

Pšenice ozimá je jednou z nejdůležitějších pěstovaných plodin nejenom v České republice, ale na celém světě. Vzhledem ke své důležitosti v globálním zemědělství je i hnojení jedním z klíčových prvků ovlivňujících výnosy a tím dostatek potravy a krmiv na celém světě. Cukrovka pak představuje plodinu pěstovanou jak pro produkci cukru (cca 1/3 světové produkce), tak výrobu bioethanolu.

Hodnocení hnojení bylo provedeno ve společnosti Farmes, spol. s r. o. v pěti po sobě jdoucích letech (2015 – 2019).

V analýzách byl popsán a zhodnocen vliv počasí (množství a četnost srážek a průběh teplot) na výslednou produkci spolu s termíny setí a hlavně aplikací hnojiv. Dále byla popsána jednotlivá používaná hnojiva.

Z provedených analýz se jako zásadní faktory, které nejvíce ovlivňují výnos, ukazují u pšenice zejména nedostatečné srážky v průběhu jara, na které podnik nedostatečně reaguje a neupravuje zavedený způsob hnojení, čímž dochází k ekonomickým ztrátám vzhledem k neúčelně dodaného hnojivu.

Pro cukrovku je pak zásadní termín setí a také termín aplikace dodaných dusíkatých hnojiv v průběhu vegetace, kde se ukazuje, že časnější termín setí má výrazný vliv na výsledné výnosy.

Obecně lze pak rozdílnost výnosů u pšenice a cukrovky připsat zejména rozdílnému fyziologickému vývoji obou plodin, kdy jarní sucha postihnou pšenici výrazněji než cukrovku, která v počátečním období růstu ještě tolik vláhy nepotřebuje a je schopná účelněji využít srážky pozdější.

**Klíčová slova:** cukrovka, dusík, počasí, hnojení, pšenice, výnos

# **Analysis of the influence of fertilization combined with the weather on the yield of winter wheat and sugar beet**

## **Summary**

The aim of the thesis was to evaluate the factors that affect fertilizing efficiency of winter wheat in relation to yield and quality of the production.

Winter wheat is one of the most important crops planted not only in the Czech Republic but also around the whole world. Due to its importance in the global agriculture, an efficient fertilization is one of the crucial elements with a significant impact on yield and therefore on the sufficiency of food and feed in the whole world.

Sugar beet is cultivated not only as a source of sugar (around 1/3 world's production), but also as a source for production of bioethanol.

The evaluation of fertilizing efficiency was carried out in five consecutive years in Farnes, Ltd.

The analysis evaluated effects of weather (amount and frequency of precipitation and temperature run) together with terms of seeding and application of the fertilizers on the final production. Also, the fertilizers used in the company were described.

The most important factor influencing fertilizing efficiency of the wheat, based on the analysis, is mainly the lack of precipitation during the spring period. This factor is insufficiently taken into account by the company, which consequently causes economic lose due to non-effectively supplied fertilisers.

The most important factor for the yield of sugar beet is the term of seeding and the term of the application of nitrogen fertilizers during vegetation – the earlier, the higher yields are.

Generally, the differences in yields of wheat and sugar beet can be explained by a different physiological process of both crops, when the spring drought affects more wheat, while sugar beer does need so much water at the beginning of growth and also can use later precipitations more effectively.

**Key words:** fertilization, nitrogen, sugar beet, weather, wheat, yield

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a hypotézy .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Požadavky plodin na prostředí.....</b>	<b>3</b>
3.1.1	Požadavky ozimé pšenice .....	3
3.1.2	Požadavky cukrovky.....	4
<b>3.2</b>	<b>Agrotechnika .....</b>	<b>4</b>
3.2.1	Zařazení v osevním postupu .....	4
3.2.2	Zpracování půdy .....	4
<b>3.3</b>	<b>Tvorba výnosu .....</b>	<b>5</b>
<b>3.4</b>	<b>Půdní úrodnost .....</b>	<b>6</b>
3.4.1	Sorpce živin .....	6
3.4.2	Živiny v půdě.....	7
3.4.3	Vztah mezi pH a příjmem živin rostlinami .....	11
<b>3.5</b>	<b>Hnojiva.....</b>	<b>11</b>
3.5.1	Organická hnojiva.....	11
3.5.2	Minerální hnojiva .....	12
<b>3.6</b>	<b>Hnojení.....</b>	<b>13</b>
3.6.1	Hnojení ozimé pšenice.....	13
3.6.2	Hnojení cukrové řepy .....	16
<b>3.7</b>	<b>Vliv počasí na hnojení dusíkem .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metody.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika podniku .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Struktura plodin a osevní postup .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Stanovení kvantitativních a kvalitativních parametrů.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Průběh počasí .....</b>	<b>23</b>
<b>4.5</b>	<b>Agrotechnika ozimé pšenice.....</b>	<b>23</b>
<b>4.6</b>	<b>Agrotechnika cukrovky .....</b>	<b>24</b>
<b>4.7</b>	<b>Odběrové normativy .....</b>	<b>24</b>
<b>4.8</b>	<b>BPEJ a hodnocení obsahu živin v půdě .....</b>	<b>24</b>
<b>4.9</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2014/2015 .....</b>	<b>26</b>
5.1.1	Hnojení pšenice v hospodářském roce 2014/2015 .....	26
5.1.2	Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2014/2015 .....	27
5.1.3	Srážky .....	28
5.1.4	Teplota .....	29
<b>5.2</b>	<b>Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2015/2016 .....</b>	<b>30</b>

5.2.1	Hnojení pšenice v hospodářském roce 2015/2016 .....	30
5.2.2	Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2015/2016 .....	32
5.2.3	Srážky .....	32
5.2.4	Teplota .....	33
<b>5.3</b>	<b>Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení</b>	
<b>v hospodářském roce 2016/2017 .....</b>	<b>34</b>	
5.3.1	Hnojení pšenice v hospodářském roce 2016/2017 .....	34
5.3.2	Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2016/2017 .....	35
5.3.3	Srážky .....	36
5.3.4	Teplota .....	36
<b>5.4</b>	<b>Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení</b>	
<b>v hospodářském roce 2017/2018 .....</b>	<b>38</b>	
5.4.1	Hnojení pšenice v hospodářském roce 2017/2018 .....	38
5.4.2	Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2017/2018 .....	39
5.4.3	Srážky .....	39
5.4.4	Teploty .....	40
<b>5.5</b>	<b>Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení</b>	
<b>v hospodářském roce 2018/2019 .....</b>	<b>41</b>	
5.5.1	Hnojení pšenice v hospodářském roce 2018/2019 .....	41
5.5.2	Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2018/2019 .....	42
5.5.3	Srážky .....	43
5.5.4	Teplota .....	44
<b>5.6</b>	<b>Kvalitativní parametry .....</b>	<b>45</b>
<b>5.7</b>	<b>Porovnání výnosů cukrovky a pšenice .....</b>	<b>46</b>
<b>5.8</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>47</b>
<b>5.9</b>	<b>Shrnutí.....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>49</b>
6.1	Hospodářský rok 2014/2015.....	49
6.2	Hospodářský rok 2015/2016.....	50
6.3	Hospodářský rok 2016/2017.....	52
6.4	Hospodářský rok 2017/2018.....	54
6.5	Hospodářský rok 2018/2019.....	55
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>Seznam grafů a tabulek.....</b>	<b>66</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>67</b>

# 1 Úvod

Produkce potravin a zemědělství obecně se v dnešní době dostává stále více pod drobnohled široké veřejnosti, ať se již jedná o částečně iracionální demonizaci některých plodin (řepka), nebo o debatu o udržení vody v krajině. V této době více než kdy jindy tedy musí zemědělec hledět nejen na svůj profit, ale také na udržitelnost celkového podnikání a prostředků, které k tomu využívá (v první řadě půda).

Proto je důležité věnovat pozornost racionálnímu způsobu využívání zdrojů a zejména optimalizaci vstupů, které ve formě hnojiv a přípravků na ochranu rostlin tvoří nezanedbatelné náklady pro každého zemědělského hospodáře.

Výše uvedené pak pro zemědělství jako obor lidské činnosti neplatí pouze krátkodobě, ale vše je nutné plánovat s výhledem několika let a brát v potaz i faktory, které nejsou lidskou činností ovlivnitelné, byť mají vliv zásadní, a to faktory počasí.

Jedna z nejdůležitějších plodin pro lidskou obživu, ale také pro zemědělství z hlediska ekonomického, je ozimá pšenice, která v České republice zaujímá asi 1/3 zemědělské půdy a má tedy významný ekonomický vliv na celé odvětví.

Cukrovka je pak kvalitní „přerušovač“ obilných sledů v osevních postupech a také plodina, která světově zajišťuje cca 1/3 produkce cukru.

Základním, byť ne jediným, předpokladem pro kvalitní produkci je racionální a systematické hnojení, které musí vycházet z požadavků rostliny na živiny a přihlížet i k činitelům neovlivnitelným (počasí).

U obou plodin se jedná zejména o hnojení dusíkem, jenž je základní živinou pro zajištění dostatečného výnosu, kterého pochopitelně není možné dosáhnout bez správné agrotechniky.

V této diplomové práci bude zhodnocen vliv hnojení na výnosy ozimé pšenice a cukrovky a bude analyzován vliv průběhu počasí na příjem a využití živin.



## 2 Cíl práce a hypotézy

Cílem práce bude vyhodnocení vlivu hnojení na výnosy ozimé pšenice a cukrové řepy a analýza vlivu podmínek stanoviště a průběhu počasí s přihlédnutím k obsahu živin v půdě před a po vegetaci. Hodnocení bude probíhat v polních podmínkách zemědělského podniku.

### **Hypotézy:**

1) Výnosy bulev cukrové řepy vykáží menší pokles než výnosy ozimé pšenice zejména vlivem pozdější sklizně cukrové řepy, kdy budou rostliny schopné využít letní a podzimní srážky.

2) Počasí bude mít na výnosy obou plodin větší dopad než hnojení.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Požadavky plodin na prostředí

#### 3.1.1 Požadavky ozimé pšenice

Požadavky **ozimé pšenice** na půdně-klimatické podmínky jsou nejvyšší, porovnáváme-li je s ostatními obilninami. Přesto se pšenice pěstuje ve všech výrobních oblastech, včetně podhorských, kde je pochopitelně dosahováno nižších výnosů než v oblastech níže položených. Výnos je u pšenice ovlivněn vyšší měrou průběhem počasí, půdní typ a druh ovlivňuje růst a výnos méně, ač je to pochopitelně také nezanedbatelný parametr (Petr 1987). Nedostatek srážek ovlivňuje výnos pšenice až do konečné fáze vývoje, kdy jsou nadměrné srážky naopak nežádoucí, protože mohou způsobovat nárůst listových chorob a nárůst patogenů v porostu s následným snížením výnosu (Oerke 2006).

Nároky ozimé pšenice na půdu vyplývají z toho, že poměrně mělce zakořeňuje a největší část kořenové soustavy se rozprostírá v půdě do hloubky 0,25 m, tedy v orníční vrstvě. Část kořenů sahá do hloubky 0,60 m a hlouběji se zakořeňuje jen ojedinělými kořínky. Na půdu je náročná především ve staré půdní síle (Kováč et al. 1998). Jak uvádějí Zimolka et al. (2005) vhodné půdy jsou strukturní, hlubší, hlinité a jílovitohlinité s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí, ideálně v rozmezí pH 6,2 – 7. Naopak nevhodné jsou půdy extrémní, písčité, kyselé a trvale zamokřené.

Z hlediska průběhu počasí vycházejí požadavky pšenice z té skutečnosti, že je plodinou mírného podnebného pásu a pěstuje se tedy především v teplejších, či podhorských oblastech. Tomuto klimatickému regionu odpovídají i požadavky pšenice v jednotlivých fázích fenologického vývoje. V první fázi po setí, tedy v období vzcházení a odnožování, je za ideální denní teplotu považováno rozmezí mezi 10 a 14 °C s tím, že noční teploty by neměly klesnout pod bod mrazu. S příchodem zimy již mohou noční teploty klesat i pod bod mrazu a denní teploty by se měly držet okolo 10 °C. Na jaře pak pšenice vyžaduje teploty do 25 °C, při metání a kvetení pak ještě o 5 °C nižší. Při tvorbě zrna samotného je limitní teplotou teplota 30 °C, nad tuto teplotu již dochází k nadměrnému vysychání zrna (zrna jsou malá a tvrdá) a poklesu výnosu (Špaldon 1986). Vysoké teploty je možné částečně kompenzovat dostatečnou vláhou. Zejména v době dozrávání je dostatečná vlaha klíčovým faktorem pro tvorbu hektolitrové hmotnosti, a tedy výnosu samotného (Altenbach et al. 2003). Obecné požadavky pšenice z hlediska vláhy jsou okolo 450 – 650 mm srážek za rok (nároky jednotlivých odrůd jsou odlišné). Nezáleží však pouze na úhrnu samotném, ale zejména na distribuci srážek v průběhu roku. Zejména v době po přezimování je pšenice vysoce citlivá na vodní deficit a nedostatek vláhy způsobuje nevratné odumírání odnoží a pokles ve výnosech.

Nedostatek vláhy nepůsobí pouze přímo na usychání rostlin, ale ovlivňuje také přijímání živin z půdy, a to zejména příjem dusíku a fosforu, jejichž nedostatek pak ve výsledku přispívá například k tvorbě menšího množství klásků a kvítků či k předčasnému dozrávání (Clarke et al. 1990).

### 3.1.2 Požadavky cukrovky

Kvalitní řepařská půda má mít optimální strukturu, pórovitost, nízkou objemovou hmotnost a nízký penetrační odpor, příznivý vzdušný a vodní režim, neutrální až slabě alkalickou reakci s hodnotami pH 6,8 – 7,3, obsah kvalitního humusu nejlépe nad 2,5 %. Těmto požadavkům odpovídají víceméně výlučně podmínky řepařské výrobní oblasti. Z bonitačních produkčních parametrů pro cukrovou řepu vyjádřených výnosem bulev a utříděných podle hlavních půdně klimatických jednotek (HPJ) vyplývá, že nejvyšších výnosů se dosahuje v 15 klimaregionech: **T3** (teplý, mírně vlhký) a **T2** (teplý, mírně suchý), na půdních typech hnědozem (HM) černozem (CE), luvizem (LU) a fluvizem (FL) (Pulkrábek et al. 2007).

Cukrovka jakožto velice citlivá plodina výrazně reaguje na nepříznivé počasí (mráz, úžeh, vodní deficit, atp.). Veškeré tyto stresory mají vliv na konečný výnos (Pechková 2012).

Významný vliv na cukernatost má délka vegetační doby a průměrná teplota (8 – 9 °C). Roční úhrn srážek se pak výrazně neliší od pšenice (550 – 650 mm), a i zde je velmi podstatná jejich distribuce. Naproti tomu ale umí cukrová řepa v pozdějších fázích vývoje velmi dobře přečkat i delší období sucha, to z toho důvodu, že umí lépe hospodařit s vodou než pšenice, a také díky většímu kořenovému systému (Hřivna et al. 2014).

## 3.2 Agrotechnika

### 3.2.1 Zařazení v osevním postupu

**Pšenice ozimá** je ze všech plodin nejnáročnější na předplodinu, neboť ta podstatně mění půdní prostředí a vlastnosti důležité jak pro růst rostlin, tak pro tvorbu výnosu i jeho kvalitu. Při výběru předplodiny je nutno zohlednit podmínky výrobní oblasti, požadavky odrůd a konečné využití produkce (Zimolka 2005).

Jak uvádí Faměra (1993), vhodnými předplodinami jsou luskoviny, olejninny a včas sklizené okopaniny. Zařazení po obilnině zvyšuje nebezpečí vyššího výskytu chorob a škůdců a zhoršuje výnosovou stabilitu pšenice. Zcela nevhodný je sled pšenice po pšenici.

Při zařazení **cukrové řepy** do osevního postupu je nutné mít na zřeteli, že nelze uplatňovat „volné“ osevní sledy. Nejvhodnějšími předplodinami jsou ozimé obilniny, zcela nevhodnými předplodinami jsou jetel, vojtěška a kukuřice. Do osevních sledů s cukrovkou není vhodné zařazovat řepku a hořčici (hostitelé háďátka). Špatnou předplodinou je samozřejmě cukrová řepa (4 – 5 let) pro nárůst chorob, škůdců a jednostranné čerpání živin (Pulkrábek et al. 2007).

### 3.2.2 Zpracování půdy

Zpracování půdy ovlivňuje fyzikální vlastnosti a tepelnou vodivost v půdní struktuře. Má příznivý vliv na distribuci vody, pórovitost půdy, pohyb vzduchu, kořenovou distribuci a výnos plodin (Saber et al. 2006).

Podle Zimolky et al. (2005) má způsob a kvalita předset'ového zpracování významný vliv na následné založení porostů **ozimé pšenice**. Včasné a vhodně zvolené způsoby zpracování půdy rozhodujícím způsobem ovlivňují počet rostlin po vzejití, ale také po přezimování, a rozhodují i o zaplevelení a výskytu chorob. Jak uvádí Petr (2001) orba je stále ještě nejčastějším hlavním zpracováním půdy, avšak stále větší oblibu mezi pěstiteli mají minimalizační technologie.

Archad a Gill (1997) vyhodnocovali vliv tří způsobů zpracování půdy (konvenční zpracování s orbou, setí do nezpracované půdy a alternativní postup se zeleným hnojením a mělkým zpracováním) na výnosy ozimé pšenice. Nejvyšší výnosy byly dosaženy u zeleného hnojení a mělkého zpracování. Také Strong et al. (1996) uvádí vyšší výnosy u mělkého zpracování půdy u ozimých obilnin.

**Cukrovka** patří do skupiny okopanin, které jsou typické svými nároky na hluboko prokypřenou půdu, což má umožnit hluboké zakořenění a snadné čerpání živin a vláhy. Bez hluboké orby (někdy až do 50 cm) dochází pro cukrovku k nepříznivému zhutnění a následné deformaci bulv ústící ve snížení množství i kvality sklizené hmoty (Špička et al. 1961). Lüdecke (1960) uvádí jako vhodné půdy pro cukrovku střední i lehčí půdy s dobrou zásobou vody a se zásobou živin. Dobrá jímavost půdy a dobré provzdušnění je také její prioritou.

Při základní přípravě půdy na podzim musíme pro růst kořene provést hluboké zpracování půdy a při jarní přípravě zajistit podmínky pro dobrou přípravu seťového lůžka tím, že bude zajištěn přístup vody z půdy k semenu. Rychlému klíčení pak výrazně napomáhá jarní oteplení půdy spojené s mobilizací živin potřebných k naklíčení a počátečnímu růstu. Je tedy dobré, aby bylo osivo v půdě, jakmile to půdní podmínky umožní. Při časnějším termínu setí se sice prodlužuje doba klíčení kvůli nižším teplotám, na druhou stranu je větší pravděpodobnost, že pro klíčení bude dostatek vláhy a nebude docházet k poklesu vzešlosti. (Špaldon 1986).

### 3.3 Tvorba výnosu

Potenciál výnosu **ozimé pšenice** je určen třemi faktory: počtem plodných stébel na jednotku plochy, počtem zrn v klasu a hmotností tisíce zrn (Černý et al. 2014).

Počet plodných stébel závisí na počtu rostlin na ploše a na produktivním odnožování, tj. počtu plodných, klasy nesoucích odnoží u jedné rostliny. Počet rostlin na jednotce plochy (m<sup>2</sup>, ha) závisí především na výsevku. Počet rostlin na počátku vegetace je ovlivněn kvalitou setí (doba, hloubka a způsob setí) a vzcházivostí (Diviš et al. 2010). Nejdůležitějším faktorem v době vzcházení je vláha (Karabínová et al. 1999).

Tvorba generativních orgánů u pšenice je podmíněna geneticky a vnějšími podmínkami ovlivňujícími diferenciaci vzrostného vrcholu (Diviš et al. 2010). Za hlavní faktory ovlivňující vývoj rostliny jsou považovány teplota a délka dne. U ozimé pšenice je geneticky fixován požadavek na nízké teploty v počátečním období vegetace, který se nazývá jarovizace. Nejčastější rozpětí jarovizačních teplot je 0 – 6 °C a délka jarovizace 20 – 60 dní. Délka dne je tedy významným faktorem podmiňujícím přechod pšenice (také všech obilnin) do generativního období.

Hmotnost obilek je geneticky velmi podmíněný znak, je však ovlivněna i prostředím. Během fáze rychlého růstu obilky (15 – 35 dní po kvetení) se nejvíce zvětšuje její objem a hmotnost. Čím delší je období plnění obilek, tím větší hmotnosti mohou dosáhnout. Hmotnost obilek se nejčastěji pohybuje mezi 30 – 55 gramy (Diviš et al. 2010). 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 (Karabínová et al. 1999).

**Cukrovka** poskytuje v příznivých podmínkách a při řízené agrotechnice vysoký výnos biomasy. Jako okopanina však silně reaguje na nepříznivé podmínky prostředí, chyby v agrotechnice a výživě kolísáním výnosu i poklesem cukernatosti (Pulkrábek et al. 2007). Strukturu výnosu u cukrové řepy tvoří počet rostlin na jednotce plochy, průměrná hmotnost bulvy a průměrný obsah cukru v bulvě (cukernatost) (Pulkrábek et al. 2007). Rozhodující pro výnos je zajištění potřebného počtu bulev a jejich rovnoměrné rozmístění na ploše (Pulkrábek et al. 1993). Za optimální lze považovat porost s 90 000 až 100 000 rostlinami na hektar s mezerovitostí do 5 % a shluky do 2 – 3 %. Hmotnost bulev v době sklizně dosahuje průměrně 550 – 800 gramů, cukernatost 16 – 18 % a v bulvě je 80 – 130 g cukru (Pulkrábek et al. 2007).

Dále potenciální výnos řepy určují přírodní a pěstební podmínky, zejména délka vegetace a rychlost růstu (Bittner 2008). Důležitým faktorem určujícím výnos cukrové řepy je počasí. Boyd et al. (1957) na základě pokusů zjistili rozdíly mezi výnosy, které byly úzce spjaty s množstvím srážek v podzimních měsících. Vyšších výnosů bylo dosaženo v letech, jimž předcházely vlhčí zimy. Pro tvorbu výnosu je také důležitý vztah mezi počasím a dávkami aplikovaných živin (Freckleton et al. 1999).

### 3.4 Půdní úrodnost

Podle Vaňka et al. (2016) půdní úrodností rozumíme komplex příznivých fyzikálních, chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů a vlastností půd určitého stanoviště, které se vzájemně kombinují a ovlivňují a s vnějšími vlivy (klíma, povětrnost) vytvářejí podmínky pro růst rostlin. Nejlepším ukazatelem půdní úrodnosti je výnos a kvalita produkce. Je tvořena souborem stabilních (konzervativních) složek (matečná hornina, zrnitost, vodní poměry, celkový obsah živin aj.), daných určitým stanovištěm, které lze velmi obtížně ovlivňovat, a složek snadněji ovlivnitelných, kam patří živinné poměry, obsah přijatelných forem živin, obsah organických látek aj. Jak uvádí Balík (2010) na základě dlouholetých pokusů, lze dlouholetým hnojením ovlivnit dokonce i konzervativní prvky půdní úrodnosti. Z pokusů vyplývá, že z hlediska půdní úrodnosti je nejvýhodnější kombinace organického hnojení doplněná o vyrovnanou dávku minerálního hnojení. Naopak dlouhodobé a jednostranné hnojení může významně snížit půdní úrodnost.

#### 3.4.1 Sorpce živin

Sorpce v obecném pojetí je schopnost půdy zadržovat látky rozpuštěné, případně dispergované ve vodě. Do půdy se dostávají živiny hlavně mineralizací organických látek a atmosférickým spadem. Díky sorpci nedochází k rychlému pohybu živin v půdním profilu a ztrátám vyplavením. S touto proměnnou vlastností půdy musíme počítat při vstupech hnojiv a plánovat tyto vstupy dle podmínek stanoviště. Je důležité dle sorpčních podmínek stanoviště upravit celkovou dávku, druh i dobu aplikace hnojiva. Pro hnojení rostlin jsou nejvýznamnějšími sorpce biologická, chemická a výměnná (Vaněk et al. 2016). Jak uvádí Pavlů (2018), mechanismus sorpce má několik podob. **Mechanická sorpce** je vlastně mechanické zadržení hrubě disperzních částic, agregátů, sraženin nebo molekul v pórech a dutinách. **Fyzikální sorpce** je dána povrchovými jevy na fázovém rozhraní (vodíkové můstky, van der Waalovy síly) a týká se především molekul. **Fyzikálně – chemická sorpce** je vlastně iontovou výměnou mezi povrchem částic a roztokem. Je z kvantitativního hlediska

nejvýznamnější a nejvíce souvisí s koloidní frakcí půd. **Chemická sorpce** je řízena produkty rozpustnosti a zahrnuje tvorbu málo rozpustných nebo nerozpustných sloučenin. **Biologická sorpce** je výrazně selektivní. Jedná se o poutání zejména živin v tělech rostlin a mikroorganismů.

**Maximální výměnná kapacita půdy** (výměnná kapacita půdy) charakterizuje celkovou schopnost půdy poutat kationty. Závisí na množství koloidního podílu a na vlastnostech jednotlivých druhů koloidů. Vysokou hodnotu mají organické koloidy. Hodnota je spojena s obsahem humusu a zrnitostí. Čím je maximální výměnná kapacita vyšší, tím jsou živiny ve formě kationtů lépe chráněny před ztrátami vyplavením. Naopak příjem živin rostlinami je obtížnější, zvláště je-li hodnota tvořena převážně minerálními koloidy v půdě, jejichž desorpce živin je obvykle méně pružná než na částicích humusových. Hlavními výměnnými kationty v půdách humidního klimatu mírného pásma jsou vápník, hořčík, sodík a hliník. Tyto kationty jsou provázeny v menší míře ionty draslíku, sodíku, manganu, železa a dalšími ve stopových množstvích. V orných půdách převažuje vápník, jehož bývá přes 50 % sumy všech výměnných kationtů. Hořčíku je zpravidla méně. Poměr výměnných Ca : Mg se pohybuje průměrně kolem 4. Při silném vyluhování půd klesá rychleji obsah vápníku, takže hořčík může nad ním i převládnout (Ledvina et al. 2000).

### 3.4.2 Živiny v půdě

Živinou se u rostlin nazývají takové prvky, které jsou nezbytné k běžnému fungování organismu a projevu všech jeho životních funkcí. Aby mohl být prvek nazván živinou, musí splňovat tři podmínky: nezbytnost (při nedostatku neprobíhají správně základní fyziologické procesy), nezastupitelnost (živina nemůže být nahrazena živinou jinou a v rostlině vykonává specifickou funkci) a přímé zapojení do metabolismu (tvorba bílkovin, nukleových kyselin...) (Vaněk et al. 2016).

Půdu, vztahujeme-li ji k výživě rostlin, lze charakterizovat jako třífázový polyfunkční polydisperzní systém, který se skládá z pevné, kapalné a plynné složky. Všechny tyto tři složky zapříčiňují to, že půda tvoří dynamický systém, který je závislý na podmínkách jejího vzniku a dále na neustálých fyzikálních, chemických a biologických procesech. Tyto zmíněné děje značně ovlivňují výživu rostlin, a to přímo či nepřímo (Altiery 1995). Lehké, především písčité půdy jsou charakterizovány velkou propustností pro vodu a vzduch, a proto mají nižší vodní kapacitu a lépe vysychají. Dále se vyznačují nízkou sorpční schopností, a tím dochází ke snadnému proplavování živin půdním profilem. Opačným typem půd jsou půdy těžké, které mají malou propustnost pro vodu a vzduch. Mají vysokou sorpční schopnost a obsahují více živin než půdy lehčí, ale pro rostliny je jejich přístupnost v mnoha případech omezena (Hůla et al. 2010).

Hlavní příjem živin rostlinami se děje kořeny ve formě iontů z půdního roztoku. Příjem kořeny je podmíněn přítomností vody a v ní přítomných kationtů ( $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) a aniontů ( $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ). Ty se dostávají do půdního roztoku ze sorpčního komplexu, kde jsou poutány v krystalické mřížce jílových minerálů nebo v pevných organických látkách a v těžko rozpustných solích. Ionty v půdním roztoku udržují rovnováhu s ionty poutanými pevnou půdní složkou, proto při jejich odběru rostlinami je jejich množství v roztoku vyrovnáváno. Nemá-li však půda dostatečné množství živin schopných doplňovat půdní roztok (není-li půda dosycena živinami v přístupné formě),

snižuje se zdroj výživy rostlin z půdního roztoku (Baier et Baierová 1985). Vyšší teploty jsou za optimálních podmínek schopny zvýšit intenzitu průběhu cyklů živin v systému půda – rostlina. Se zvyšující se teplotou probíhají rychleji mikrobiální procesy v půdě. Touto činností se uvolňuje např. uhlík z půdy ve formě CO<sub>2</sub>, urychlují se nitrifikační aktivity nebo mineralizace fosforu a dusíku z půdy (Rustad et al. 2001).

#### 3.4.2.1 Dusík

Dusík je základním mikroelementem, který je potřebný pro výživu rostlin. Dusík patří k nejvíce zastoupeným prvkům vůbec. Prvotním zdrojem je atmosféra. Obsah dusíku v atmosféře kolísá. Je uváděno přibližně 77,5 objemových % (Jalloh et al. 2009). Balík et al. (2012) uvádí, že obsah dusíku v orné půdě kolísá v rozmezí 0,03 – 0,5 %. Převážná část dusíku (98 – 99 %) je obsažena v organických sloučeninách (Richter et Hlušek 2003). Zbývající část představuje anorganický dusík. Obě tyto formy podléhají v půdě nepřetržitým změnám (Li et al. 2009). Na způsobu, jakým bude dusík v půdách distribuován, se podílejí zejména dva procesy, a to nitrifikační a denitrifikační.

Při nitrifikaci se oxiduje amoniak na nitráty za vzniku energie, která je důležitá pro půdní organismy. Největší vliv na nitrifikační procesy v půdě má teplota (při teplotách pod 5 °C ustává) a také, protože se jedná o oxidační proces, dostatek vzdušného kyslíku. V případě dlouhodobého zamokření půd a nedostatku kyslíku nitrifikace neprobíhá (Vaněk et al. 1997).

Opačným procesem je denitrifikace, při které se půdní formy nitrátového dusíku redukují zpět na oxidy dusíku, případně elementární vzdušný dusík. Tento proces je pro rostlinnou výrobu nežádoucí, protože může docházet ke ztrátám dodaného dusíku ve formě hnojiv. K tomuto jevu dochází zejména brzy na jaře, kdy jsou spodní vrstvy půdy ještě zmrzlé a vrchní nasáklé vodou, která se nemůže vsakovat (Vaněk et al. 1997).

Nedostatek dusíku se tedy běžně projevuje světlejší barvou rostlin, pomalejším růstem a porosty jsou často nevyrovnané. Jeho nadbytek je méně častým jevem a projevuje se tmavší barvou rostlin, nadměrným větvením kořenů a intenzivnějším růstem. Rostliny přechází později do generativního stádia, a zejména u obilnin může docházet k poléhání v důsledku příliš dlouhých stébel a následným problémům při sklizni (Vaněk et al. 2016).

#### 3.4.2.2 Fosfor

Fosfor je jednou ze základních živin majících vliv na správný růst rostliny. Bez dostatečné zásoby fosforu v půdě nemohou rostliny dosáhnout dostatečných ekonomicky návratných výnosů. Celkový obsah fosforu je v půdách velmi proměnlivý. Jeho množství kolísá od 0,01 až do 0,15 %. Rozmístění fosforu v půdním profilu ovlivňuje geneze půdy. V povrchových částech půd je fosfor obvykle zastoupen v procenticky větších množstvích než v hlubších vrstvách (Waraich et al. 2011).

Fosfor je v rostlinách součástí zejména fosfolipidů (složky buněčných membrán), nukleových kyselin a také sloučenin ATP a ADP, v rostlině plní také stavební funkci, kdy spolu s ribózou vytváří fosforečné estery heteroglykosidů. Dále se fosfor podílí na tvorbě květů, kdy je jeho dostatek předpokladem pro tvorbu většího počtu semen (Richter et Hlušek 1994). Převážná část fosforu v půdách je pro rostliny nepřijatelná. Sloučeniny sloužící jako potenciální zdroj pro výživu rostlin jsou minerální i organické, přičemž v obou případech jde hlavně o sloučeniny kyseliny fosforečné H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, v menší míře

kyseliny difosforečné  $H_4P_2O_7$ . Rostlina přijímá fosfor především ve formě aniontů  $H_2PO_4^-$  nebo  $HPO_4^{2-}$ . Intenzita příjmu jednotlivých forem je závislá na pH půdy. Čím zásaditější půda, tím je příjem  $H_2PO_4^-$  nižší a naopak (Vaněk et al. 2016).

Nedostatek fosforu se u rostlin běžně nevyskytuje a na rostlinách nejsou zřejmě žádné viditelné příznaky. Pokud je ale obsah fosforu v rostlině nižší, tak se jeho deficit projeví latentně tím, že nemusí probíhat všechny biochemické reakce, což vede ke snížení vitality a následně výnosu. Při extrémním nedostatku fosforu, zejména u obilnin, může dojít k červenofialovému zbarvení listů a zkrácení stébel (Richter et Hlušek 1994). Výraznější nadbytek fosforu v rostlinách se u nás téměř nevyskytuje. Je to způsobeno tím, že fosfor je velmi dobře sorbován půdou a jeho obsah zatím zdaleka nedosahuje kritických hodnot, kdy by přecházel ve vyšších koncentracích do půdního roztoku (Vaněk et al. 2016).

### 3.4.2.3 Draslík

Většina půd obsahuje 0,5 – 3,2 % celkového draslíku. Pro rostliny je významný draslík vázaný v anorganických sloučeninách, jen zanedbatelné množství je v organickém materiálu. Draslík se vyskytuje v primárních a sekundárních křemičitanech a rozděluje se na 3 formy – nevýměnný, výměnný a vodorozpustný (Vaněk et al. 2012). Výměnný draslík se vyskytuje ve formě kationtu  $K^+$  vázaného na půdní sorpční komplex a může být nahrazen kationtem jiným. Jedná se o hlavní formu draslíku, kterou přijímají rostliny. Nevýměnný draslík se nachází v mezivrstvách jílových primárních a sekundárních minerálů. Za vlhčího období může být vyplavován a přecházet tak do výměnné formy. Vodorozpustný draslík je okamžitě přijatelný rostlinami a jeho množství by nemělo být vyšší než 10 % draslíku výměnného, aby nepůsobil antagonisticky na ostatní kationty (Vaněk et al. 2016).

Draslík je nezbytný pro množství fyziologických procesů. Jako příklad lze uvést fotosyntézu nebo transport živin. Dále se draslík koncentruje v buněčných tekutinách a aktivuje enzymy (Mengel et Kirkby 2001). V rostlině se draslík podílí na udržování osmotického tlaku a otevírání průduchů, čímž výrazně ovlivňuje transpiraci a dobře zásobené rostliny pak lépe využívají vodu na produkci sušiny. V rostlinách je velmi dobře pohyblivý a jeho koncentrace v rostlině se po dobu vegetace výrazně mění. Vysokou koncentraci vykazují mladé rostliny a v průběhu stárnutí se jeho koncentrace snižuje (Richter et Hlušek 1994).

Nadbytek draslíku se vyskytuje hlavně na místech, kde se skladují organická hnojiva. Na takových místech se daří některým ruderalním plevelům. Rostliny s nadbytkem draslíku jsou sytě zelené, bujně rostou a pozvolněji jim zasychají a odumírají starší listy (např. u cukrovky při současném nadbytku dusíku). Porosty s nedostatkem draslíku jsou snadněji poškozovány mrazem. Charakteristickými symptomy nedostatku jsou zasychající a nekrotizující spodní listy (Vaněk et al. 2016).

### 3.4.2.4 Hořčík

Půdy obsahují v průměru 0,4 – 0,6 % hořčíku. Celkový obsah v půdách je určován minerálním složením matečných hornin. Do přijatelných forem se dostává v procesu zvětrávání. Vysoký obsah vykazují minerály serpentín a olivín. Vedle těchto minerálů jsou významnými sloučeninami uhličitany – magnezit a dolomity, v půdě je přítomen i ve formě solí – síranů, fosforečnanů, chloridů, dusičnanů. Tyto soli jsou dobře rozpustné ve vodě a tím



se stávají hlavní dostupnou formou pro rostliny (Vaněk et al. 2016). Hlavní zásoba přijatelného hořčíku v půdě je představována kationtem  $Mg^{2+}$  výměně sorbovaným na pevné fázi půdy (Matula, 2007). Příjem je značně ovlivňován koncentrací jednotlivých iontů v půdním roztoku. Výrazně antagonisticky působí  $K^+$ . Také amonný iont omezuje příjem hořčíku, a naopak nitrátový aniont podporuje příjem všech kationtů, včetně Mg. Nutnou podmínkou pro zajištění dobrého příjmu hořčíku je úprava acidních podmínek vápněním, a tím odstranění antagonistického působení  $H^+$  (Vaněk et al. 2016).

Hořčík je důležitým biogenním prvkem pro rostliny, poněvadž zelené listové barvivo neboli chlorofyl je porfyrový komplex hořčíku. Hořčík se účastní fyziologických a biochemických procesů v rostlinách, čímž ovlivňuje jejich dynamiku růstu a vývoj (Schaul 2002).

Nedostatek hořčíku se většinou projevuje v latentní formě. Jsou však již narušeny významné procesy, jako je fotosyntéza, biosyntéza bílkovin a dalších látek. Dojde ke snížení kvality produktů. Nadbytek hořčíku se u nás v přirozených podmínkách v podstatě nevyskytuje. Je to proto, že ke hnojení se používá velmi omezené množství hořečnatých hnojiv, a ani organickými hnojivy není přísun Mg vysoký (Vaněk et al. 2016).

#### 3.4.2.5 Vápník

Celkový obsah vápníku v půdách má poměrně velké rozpětí od 0,15 % do 10 %, je to dáno fyzikálně-chemickými a biologickými procesy v půdě. Většina je ho v těžko rozpustných formách v podobě uhličitanů, křemičitanů, hlinitokřemičitanů a síranů. Vápence a dolomity, které vápník obsahují, jej uvolňují do půdy chemickou reakcí, při níž vzniká hydrogenuhličitan. Ten je dobře rozpustný ve vodě, vzniká tím přístupná forma pro rostliny a může se pohybovat v půdním profilu. Přítomnost vápence a hydrogenuhličitanu vápenatého v půdě zajišťuje stabilitu neutrální reakce a vysokou schopnost odolávat výkyvům pH (pufrovitost) (Vaněk et al. 2012).

Vápník jako živina je přijímán ve formě  $Ca^{2+}$  z půdního roztoku, kde je většinou převažujícím kationtem. Jeho příjem je převážně, tj. při vyšších koncentracích v půdě, přijímán pasivně kořenovými špičkami. Nedostatek vápníku se projevuje hlavně nepřímo – ovlivněním půdních vlastností. Nadbytek v půdě většinou rostlinám nevádí (Vaněk et al. 2016).

#### 3.4.2.6 Síra

Obsah síry v půdě je 50 – 500 mg S/kg, což ukazuje na vysokou variabilitu u různých půd. Až 98 % síry je v organických sloučeninách vázáno v oxidované nebo redukované formě. Síra je uvolňována ve složitém procesu mineralizace (Tisdale et al. 1993). V dobře provzdušněných půdách je nejběžnější síranová forma. Síraný se v půdách vyskytují jako vodorozpustné soli, síraný adsorbované na půdní koloidy nebo nerozpustné formy síranů (Barber 1995).

Síra je přijímána rostlinami převážně jako aniont  $SO_4^{2-}$  z půdy. Vlastní příjem je poměrně málo ovlivňován ostatními ionty. Síra v rostlinách se významně podílí na kvalitě rostlinných produktů. Na druhé straně může být příčinou různých nežádoucích pachů a příchutí, které se snadno přenáší z rostlin až do potravinářských výrobků. Typickým projevem

nedostatku síry na rostlinách je žloutnutí listů, která začíná od nejmladších listů. Charakteristické je také to, že rostliny špatně rostou, jsou slabé a nízké (Vaněk et al. 2016).

### **3.4.3 Vztah mezi pH a příjmem živin rostlinami**

Půdní reakce je velmi důležitá charakteristika nejen pro děje v půdě, ale také pro adsorpci a desorpci iontů rostlinných živin, použití různých hnojiv a řadu dalších vlastností (Vráblíková et Vráblík 2006). Reakce půdy, respektive půdního roztoku, je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností půdy, jelikož řada chemických a biologických procesů v půdě závisí na koncentraci vodíkových kationtů  $H^+$  (Šimek 2007).

Reakce půdy působí na příjem živin přímo i nepřímo. Nepřímé působení vyplývá z rozpustnosti sloučenin, sorpce, koncentrace iontů v půdním roztoku a biologické činnosti. V kyselém prostředí jsou pro většinu rostlin méně vhodné podmínky pro růst, které se promítají do metabolických procesů a do celkového růstu. Je to i důsledek omezeného množství vápníku v prostředí, je tak snížena osvojovací a příjmová kapacita pro vodu a živiny (Vaněk et al. 2016).

V rozpětí pH 5 – 6 je optimální zpřístupnění živin pro rostliny, snížena je rozpustnost těžkých kovů (olovo, hliník, chrom, kadmium,...). Pozitivní vliv má toto pH na půdní organismy a jejich aktivitu. Zvyšuje se počet druhů užitečných půdních bakterií a omezeny jsou choroboplodné mikroskopické houby a plísňe. Zásadní vliv má na přítomnost žížal. V kyselých půdách se téměř nevyskytují (Čuhel et Malý 2013).

Řada prvků je v kyselém prostředí mobilizována – hliník, železo, mangan nebo zinek. Jiné prvky jako vápník, hořčík nebo molybden jsou hojněji zastoupené v přístupných podobách v půdách mírně alkalických. Základní živiny jako dusík, fosfor a draslík jsou obecně méně dostupné v kyselých půdách, což částečně souvisí s nižší biologickou aktivitou takových půd. V případě fosforu je situace složitější. V kyselém prostředí tvoří nerozpustné komplexy s hliníkem, železem i manganem a v alkalickém prostředí s vápníkem a hořčíkem. Relativně dostupný pro rostliny je tedy pouze v úzkém rozmezí pH, a je tedy velice limitující živinou (Brady et Weil 2008).

## **3.5 Hnojiva**

Hnojiva jsou sloučeniny a látky, které poskytují rostlinám živiny, mohou zlepšit jejich výživu, půdní vlastnosti a půdní úrodnost, a tím i příznivě ovlivnit růst, výnos a kvalitu rostlinné produkce. Podle původu a obsahu rozlišujeme hnojiva organická (statková) a minerální (Vaněk et al. 2016).

### **3.5.1 Organická hnojiva**

Organická hnojiva jsou látky rostlinného a živočišného původu, která do půdy dodávají všechny živiny a také zlepšují fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti půdy. Jsou schopna kompenzovat jednostranný účinek průmyslových hnojiv a zvýšit jejich agrochemickou účinnost (Moudrý et Jůza 1998). Mají poměrně vysokou hnojivou hodnotu, je v nich soustředěno velké množství živin krmiva a steliva. Představují univerzální hnojiva, jejichž působení je většinou pozvolnější a dlouhodobé. Dodávají do půdy kromě živin i velké množství organických látek, které jsou využívány mikroorganismy a výrazně přispívají k udržení či zvýšení půdní úrodnosti (Vaněk et al. 2016). Dále také zvyšují dlouhodobou produktivitu půdy a také slouží jako velký zásobník oxidu uhličitého (Sticklen 2006).

Jsou nenahraditelným článkem koloběhu látek v přírodě a zemědělství. Nahrazují každoročně 40 % mineralizovaných organických látek v půdě (Škarda 1978). Organická hnojiva ale při aplikaci na pozemek musí obsahovat také dostatečné množství živin (dusík, draslík, síra...), aby nedošlo ke snížení úrodnosti. Na rozdíl od hnojiv minerálních obsahují organická hnojiva živiny vázané v komplexních organických sloučeninách (Sticklen 2006). Jak uvádějí Miura et al. (1999), u organických hnojiv je obvyklé, že rozpustnost a obsah živin je u nich nižší než u hnojiv minerálních. Tento aspekt nemusí být ale vždy pouze negativní vlastností. U dusíku díky tomu dochází k pozvolnějšimu uvolňování v půdě, a nehrozí tedy tak velké riziko přehnojení při jednorázové aplikaci vyšší dávky.

Při dlouhodobém používání organických hnojiv lze tedy do půdy dodat stejné živiny a stejně efektivně jako v případě hnojiv minerálních. Před aplikací je ale vhodné nevycházet pouze z daných normativů, ale provádět pravidelné rozbory, aby bylo možné aplikační dávku určit s větší přesností (Miura et al. 1999).

Organická hnojiva můžeme z hlediska původu rozdělit do tří skupin, na hnojiva stájová (chlévkový hnůj, močůvka, kejda), komposty a hnojiva rostlinného původu (zbytky sklizně a zelené hnojivo) (Kováčik 2009).

Při pěstování **ozimé pšenice** udržují organická hnojiva úrodnost půdy, působí fyto-sanitárně při vyšším podílu obilovin a také zvyšují účinnost průmyslových hnojiv. Pro pšenici se běžně aplikuje 5 – 20 t hnoje (v případě, že podnik disponuje i živočišnou výrobou) na hektar v kombinaci se zeleným hnojením (Kováčik 2009).

**Cukrovka** má vysoké nároky na živiny, a proto jsou stájová hnojiva základem hnojení. Nejvýhodnější je použití chlévkého hnoje v dávce 30 – 40 t/ha. Lze použít i jiná organická hnojiva, zejména kejdu, zelené hnojení, slámu, nejlépe v kombinacích s močůvkou, kejdou a zeleným hnojením (Vaněk et al. 2016).

### 3.5.2 Minerální hnojiva

Minerální hnojiva se vyznačují vyšším obsahem živin, snadnou rozpustností a mohou být buď jednosložková nebo vícesložková. Jsou vyráběna z přírodních surovin, jako jsou fosfáty, draselné minerály a vápence. Zdrojem dusíkatých hnojiv je přímá syntéza amoniaku z dusíku a vodíku (Vaněk et al. 2016). Vedle příznivého vlivu v roce aplikace působí i následně ve druhém a třetím roce. Jejich následné působení je závislé na sorpční schopnosti půdy a na obsahu organických látek podmiňujících biologickou sorpci. Tak mohou živiny z průmyslových hnojiv přecházet do staré půdní síly, z níž mohou být postupně pro následně pěstované plodiny uvolňovány do půdního roztoku a sloužit pro výživu rostlin (Richter et Hlušek 1996).

Účinek minerálních hnojiv spočívá i v působení na rozvoj mikroorganismů a mikrobiálních procesů. Množství mikroorganismů se zvyšuje v případě, že je v půdě dostatek organických látek, v opačném případě pak ale může dojít k jejich poklesu. Tento jev může nastat proto, že mnoho minerálních hnojiv snižuje pH půdy a zvyšuje koncentraci půdního roztoku. Tento fakt působí na uvolňování prvků (například hliníku), které jsou pro půdní mikroorganismy (zejména nitrifikační bakterie) škodlivé. Udržet optimální hodnoty pH půdy je tedy zásadním aspektem při aplikaci minerálních hnojiv. V případě kyselých půd je vhodné pH zvyšovat přidáním vápníku a naopak v půdách zásaditých je možné zvýšit kyselost aplikací elementární síry (Oettler 2005).

V přísunu živin v minerálních hnojivech činí téměř z 90 % dusík a na fosfor a draslík připadá jen zbývajících 10 %. Efekt aplikace dusíkatých hnojiv na výnos plodin je větší v méně příznivých výrobních oblastech s horšími půdně-klimatickými podmínkami v porovnání s úrodnějšími oblastmi. Dlouhodobé a jednostranné hnojení může významně snížit půdní úrodnost. Zejména používání samotného dusíkatého hnojení má negativní dopad na půdní úrodnost (pokles hodnoty pH, snížení sorpční kapacity apod.) (Černý et al. 2010).

## 3.6 Hnojení

Podle Černého et al. (2007) je správné a efektivní používání hnojiv jedním z rozhodujících prvků zvyšování půdní úrodnosti, a tím i následného působení celé řady faktorů ovlivňující stabilitu daného ekosystému.

### 3.6.1 Hnojení ozimé pšenice

Pšenice ozimá se řadí mezi plodiny se střední potřebou živin. Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá v průměru 25 kg dusíku, 5 kg fosforu, 20 kg draslíku, 2,4 kg hořčíku, 4 kg síry (Zimolka et al. 2005). Dle Vaňka et al. (2016) je podíl v zrnu na celkovém odběru u hlavních živin cca 70 % N, 70 % P, 25 % K, 65 % Mg a 15 % S. V pěstitelské technologii obilnin patří výživa a hnojení k nejvýznamnějším a zároveň k nejnákladnějším faktorům ovlivňující výnos pšenice (zrna), proto je hlavní úlohou maximální minimalizace a optimalizace dávek (Ložek 1998). Rostliny ozimé pšenice kořenovým systémem na dobrých strukturních půdách do zimy dosahují hloubky kolem 0,7 – 1,0 m. Podstatná část kořenového systému se však rozprostírá ve vrstvě do 0,4 m. Z tohoto důvodu má významnou úlohu pro optimální růst a vývoj pšenice v podzimním období obsah živin v půdě. Nedostatek živin se zvláště výrazně projevuje omezením metabolických procesů, jejichž výsledkem jsou slabé a špatně odnožené rostliny, které při silnějších zimách často vymrzají. Pro kvalitní přezimování porostů ozimé pšenice je nezbytné zajistit, aby rostliny během podzimní vegetace přijaly dostatek živin a vytvořily si energetické zásoby pro zimní období. Významnou roli zde sehrává termín setí, který limituje délku podzimní vegetace. Časné výsevy přispívají při optimálním průběhu povětrnosti k vyšší tvorbě sušiny rostlin během podzimu, což by mělo přispět i k vyšší vitalitě a schopnosti rostlin přečkat mrazivé období (Hřivna et al. 2012).

Dle Aignera et al. (1971) dochází k nejnižšímu příjmu živin v období sloupkování až kvetení (tedy v období metání), kdy také dochází k největšímu nárůstu biomasy. V této době je pro pšenici tedy důležité mít nejenom dostatek živin v půdě, ale také dostatek vláhy, aby mohly být potřebné prvky distribuovány půdním tokem. Po odkvětu se již příjem živin nezvyšuje a naopak se zejména obsah přijatého draslíku rostlinou snižuje.

#### 3.6.1.1 Hnojení dusíkem

Jak uvádějí Theago et al. (2014) výživa dusíkem má nejvýznamnější vliv na výnosotvorné a kvalitativní ukazatele pšenice. Také Nielsen et Halvorson (1991) ve svých pokusech uvádějí vliv aplikace dusíkatých hnojiv na zvýšení výnosů. Naopak nadbytečné hnojení dusíkem může vést k inhibici růstu kořenů, a tím snížit využití hlouběji se nacházejících rezerv (Ali et al. 2012). Efektivita dusíkatého hnojení je silně závislá na povětrnostních podmínkách, jako jsou teplota a množství srážek (Turner et Asseng 2005). Ozimou pšenici hnojíme

dusíkatými hnojivy tak, aby byl vždy dostatek dusíku pro příjem rostlinami po celé vegetační období (Špaldon 1986), protože pšenice ozimá přijímá dusík v průběhu celé vegetace (Hřivna et al. 2012). Pro optimalizaci výživy pšenice dusíkem je nutné zohlednit biologické vlastnosti odrůd, půdní úrodnost, stav porostu (Vaněk et al. 2007) a interakce mezi dešťovými srážkami, stanovištěm a vlastnostmi půdy (Basso et al. 2013). Při hnojení ozimé pšenice musí být celková dávka rozdělena do základní a dodávky, která je aplikována během vegetace. Tyto dávky jsou označovány jako regenerační (v době, kdy se obnovuje jarní vegetace), produkční (v době, kdy se vyvíjí stéblo pšenice) a kvalitativní (kdy jsou již stéblo i klas pšenice plně vyvinuty) (Trávník 2011).

### **Základní hnojení**

Základní hnojení se provádí nejpozději do období setí (Vaněk et al. 2007). Účelnost základní podzimní dávky dusíku je stále diskutována, protože rostliny přijímají v počátečních fázích vývoje jen minimální množství živin. Příjem je omezen zejména slabým a málo kvalitním kořenovým systémem (Moudrý et Jůza 1998). V suchých oblastech, kde nedochází během zimy k jeho vyplavení, to znamená na půdách s dobrou sorpční kapacitou, se doporučuje aplikovat na podzim 50 % celkové dávky dusíku. V ostatních pouze 30 – 40 kg N/ha (Vostal 1994). Dusíkem se před založením porostů nehnojí, pokud je stanovený obsah minerálního dusíku v půdě vyšší než 10 mg/kg zeminy nebo když v osevním postupu následuje pšenice po hnojem hnojené předplodině či jetelovinách (Zimolka et al. 2005).

### **Hnojení na podzim**

V případě zjištěného akutního nedostatku je možné pšenici přihnojit nižší dávkou dusíku (20 – 30 kg/ha) i během podzimu. Tento stav může obecně nastat, když je pšenice velmi brzo zasetá a podzim velmi suchý (Zimolka et al. 2005). Druhý případ může nastat, když je opět velmi brzo zasetá pšenice a podzim je vláhově a teplotně příznivý. Takovéto porosty mohou vytvořit již velké množství biomasy v průběhu podzimu a přihnojení je možné (Roberts et Slaton 2014). Podle Vaňka et al. (2016) je ale tento způsob přihnojování neefektivní a vede k velkým ztrátám způsobených imobilizací dodaného dusíku.

### **Regenerační hnojení**

Regenerační hnojení má většinou nezastupitelný význam při obnově jarní vegetace a tvorbě odnoží (Vostal 1994). Aplikace dusíkatých hnojiv se provádí, jakmile to půdní a povětrnostní podmínky dovolí, a dusík by měl být pro rostliny přístupný nejlépe těsně před obnovou růstu po zimě (Roberts et Slaton 2014). Regenerační hnojení spolu s produkčním hnojením nejvíce ovlivňuje výnos dosažený v daném roce (Vaněk et al. 2007).

Regenerační dávka se obvykle pohybuje od 30 do 40 kg N/ha, při pozdním otevření jara až 60 kg, vyšší dávky jsou většinou neúčelné a mohou působit naopak negativně a zvyšovat náchylnost rostlin na poškození mrazem (Vostal et Mezulianik 1995).

Nedostatek dusíku v půdě se projevuje zejména na snížení počtu odnoží, naproti tomu nadměrný (luxusní) příjem může být rostlinami využit pro tvorbu nadzemních částí namísto dostatečné tvorby kořenového systému. V pozdějších fázích vývoje pak jsou rostliny náchylnější na sucho a hůře přijímají dodané živiny (Černý 2020).

Pokud je dusík dodán v dostatečné dávce a včas, tak působí pozitivně i na příjem fosforu, a následně tedy na stabilnější růst rostlin (Trávník 2011).

### **Produkční hnojení**

Křen et al. (1998) uvádějí, že produkční hnojení ovlivňuje diferenciaci stébel, a mělo by být tedy prováděno na začátku sloupkování. Pozitivně působí na hustotu porostu, počet kvítků v kláscích a tedy i produktivitu klasů. V tomto období dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu (Vaněk et al. 2016) a k utváření některých výnosotvorných prvků (Roberts et Slaton 2014). Termín aplikace je tedy velmi důležitý. Jak uvádí Roberts et Slaton (2014), opožděné produkční hnojení vede k poklesu vytvořených výnosotvorných prvků. Dávku dusíku volíme podle stavu porostu, výše regenerační dávky, předplodiny a odrůdy v rozmezí 30 – 60 kg N/ha, v případě vyšších dávek je účelné dávku rozdělit a aplikovat v rozmezí

2 – 3 týdnů po sobě. Ve výjimečných případech, kdy je obsah dusíku optimální, není nutné dusíkaté hnojivo aplikovat vůbec (Křen et al. 1998).

O množství výnosotvorných prvků (počet zrn) rozhoduje nejen dostatek dusíku, ale také průběh počasí. Teplé počasí obecně zkracuje dobu, po kterou se mohou klásky vytvářet, kdežto počasí chladnější působí přesně naopak (Černý 2020).

### **Kvalitativní hnojení**

Kvalitativním hnojením ovlivňujeme především kvalitu zrna a HTS (Vaněk et al. 2016). Provádíme jej od konce sloupkování až do počátku metání (aplikaci je možné provést i po kvetení). Předpokladem vysoké efektivity pozdního přihnojení dusíkem je dostatek srážek a dobrý zdravotní stav rostlin. Celková dávka dusíku v této fázi růstu činí 30 – 40 (při zjištěném nedostatku až 60) kg/ha (Štípek et al. 2007).

Kvalitativní hnojení již většinou nemá vliv na finální výnos, ale výrazně ovlivňuje kvalitu (Vaněk et al. 2007). Menší význam má aplikace této dávky v suchých letech, kdy bude využití dodaného dusíku rostlinami již velmi nízké. Také v době nadměrného zamokření pozemků se hnojení nezdá jako efektivní, protože zvyšuje výskyt houbových chorob a finální snížení produkce (Vaněk et al. 2016).

V ročnicích, kdy byl dostatek vláhy před metáním (obvykle květen), je možné kvalitativní hnojení posunout až do období po kvetení, a tím prodloužit dobu pro translokaci látek z orgánů vegetativních do orgánů generativních. Tato aplikace však funguje pouze u rostlin pšenice, které jsou morfologicky regulovány, a nehrozí tedy nebezpečí nadměrné tvorby slámy a následného polehání (Černý 2020).

Jak uvádí Růžek (2011), posunutím termínu kvalitativního hnojení se již méně působí na HTS, ale zvyšuje se obsah dusíkatých látek v zru.

#### **3.6.1.2 Hnojení ostatními živinami**

Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem vychází z jejich přístupných obsahů v půdách a zásadou musí být udržení či vytvoření takového stavu, aby byl výnos zrna zajišťován především živinami z půdy a hnojením byly doplňovány z půdy odebrané živiny. Vhodným obdobím ke hnojení je podzim a hnojiva by měla být aplikována nejpozději při předseťové přípravě. Přihnojování během vegetace není účelné. Pouze u nedostatku Mg lze doporučit přihnojení během vegetace (Vaněk et al. 2016). Hnojení fosforem má významný

vliv na výnos, může produkci zrna navýšit až o 13 % (Rastija et al. 2014). Také hnojení draslíkem do jisté míry ovlivňuje pozitivně výnos. Příliš vysoké dávky mohou inhibovat růst rostlin v raných fázích růstu (Bushong et al. 2014).

Hnojení sírou má význam hlavně pro pekařskou kvalitu, protože síra ovlivňuje složení lepkových bílkovinných frakcí. Při jejím nedostatku tedy dochází spíše k poklesu kvality sklizené produkce než k poklesu výnosu. Vliv na výnos je u síry patrný až při výraznějším nedostatku. Pod pojmem pekařská kvalita pak rozumíme zejména tažnost a elasticitu těsta, tedy výsledný objem pečiva. Při nedostatku síry je tedy nebezpečí, že pšenice nebude vhodná pro potravinářské využití, čímž bude docházet k ekonomickým ztrátám. Obecně by se obsah síry v pšeničné mouce měl pohybovat okolo 0,15 % a poměr N:S pak do 15, při vyšší hodnotě výrazně klesá schopnost pečiva nakynout a udržet si svůj objem (Byers et al. 1987). V rámci mikroprvků se doporučuje dodávat i bór, který působí pozitivně na růstový vrchol. Při jeho nedostatku dochází k nadměrnému růstu odnoží, které následně odumírají. Naproti tomu nadměrný obsah bóru u obilnin působí toxicky a způsobuje až nekrózy listů (Hřivna 2002).

### 3.6.2 Hnojení cukrové řepy

Výživa a hnojení cukrové řepy patří k nejvýznamnějším intenzifikačním faktorům v pěstování. Na řepářských půdách s dobrou sorpční schopností se v minulosti využívalo předzásobního hnojení fosforem a draslíkem pro následující osevní sled. Dnes je základní hnojení často opomíjeno a na řadě honů se to již projevuje nižšími výnosy. U dusíku a mikroelementů se hnojení orientuje přímo k cukrové řepě a vzhledem k vysokým nárokům na množství i dynamiku příjmu je zde technika hnojení velmi specifická (Pulkrábek et al. 2007). Dávky živin k cukrovce jsou určovány v systému založeném na analýzách půdy a na operativním stanovení jarní zásoby dusíku v půdě a na rozborech rostlin (Pulkrábek et Šroller 1993). Mezi hospodářským výnosem a dávkami použitých hnojiv je kladný vztah. Podle Merkesse (1999) je cukrová řepa rostlina s vysokou produkcí sušiny a patří tedy k plodinám s významnými nároky na živiny. Z hektaru odčerpá cukrovka při výnosu 10 t bulev 40 kg N, 7 kg P, 50 kg K, 10 kg Ca, 8 kg Mg a 9 kg Na (Špaldon 1986).

Většinu živin však cukrovka nepřijímá z přímého hnojení, ale z půdní zásoby. Při jejím pěstování je toto tedy nutné mít na paměti a pozemky na pěstování cukrovky systematicky připravovat, a to nejenom z hlediska hnojení, ale i přípravy půdy a osevního plánu (Chochola 2010).

#### 3.6.2.1 Organické hnojení

Pro cukrovku je hnojení organickými hnojivy jedním ze základních faktorů, jak dosahovat vysokých výnosů. Organické hnojení dodává do půdy nejenom živiny, ale udržuje také půdní úrodnost a zdravé životní prostředí (Rybáček et al. 1985). Nejvhodnější hnojiva jsou hnůj a kompost, zelené hnojení získává na popularitě až v poslední dekádě. Při aplikaci hnoje (cca 40 t/ha) je zásadním faktorem termín zaorávky. Jako optimální je uváděno září (Pulkrábek et al. 2007). Jak uvádí Richter et al. (2000) pravidelné hnojení statkovými hnojivy je nezbytné pro udržení půdní úrodnosti. Podle Pulkrábka et al. (2007) je kejda vhodným organickým hnojivem, pokud ji aplikujeme rovnoměrně ve stejných termínech jako hnůj a je-li spojena se zaorávkou slámy. Aplikace kejdy v předjaří ohrožuje výsledek v pěstování cukrové řepy jak ve výnosu, tak v jakosti. Dávka kejdy by neměla překročit dávku 50 m<sup>3</sup>/ha,

jinak dochází k výraznému poškození cukrové řepy dusíkem. Slamka et al. (2006) uvádí, na základě pokusů, že využívání biokalu jako hnojiva snižuje nároky cukrovky na hnojení průmyslovými hnojivy, vylepšuje bilanci organické hmoty v půdě a výrazně redukuje požadavky na pesticidy.

### 3.6.2.2 Minerální hnojení

Výše dávek minerálního hnojení by měla vycházet vždy z analýz půdy a rozborů rostlin. Hnojení je pochopitelně možné provádět i paušálně na základě tabulkových údajů, ale výsledky budou pravděpodobně horší než při komplexnějším přístupu (Pulkrábek et al. 2007).

#### **Hnojení dusíkem**

Dusík má zásadní vliv na tvorbu chrástu a je nejvíce limitujícím prvkem výnosu (Malnou et al. 2006). Jak uvádí Bajči et al. (1997), dusík rostliny odebírají především v prvních dvou třetinách vegetace. Nedostatky dusíku se nejprve projevují světláním listů, které přechází až do žluté barvy a v extrémních případech dochází k odumření listu celého. Příznaky jsou dříve pozorovatelné na listech starších. Obecně se ale nedostatek dusíku v porostech cukrovky vyskytuje pouze výjimečně na málo úrodných písčitých půdách (Bittner 2012).

Protože cukrovka přijímá dusík ve formě nitrátů, které jsou snadno a rychle rostlinou transportovány do listů, je naopak velmi citlivá na přehnojení dusíkem, což může způsobit pokles cukernatosti a snížení výnosů. Při hnojení cukrovky dusíkem je tedy nutné vzít v potaz jak požadované výnosy, tak i kvalitu a zvolit vhodný kompromis v aplikované dávce (Žák et al. 2002).

Dusík je zapravován do půdy před setím, druhá dávka dusíku se aplikuje ve fázi čtyř listů. (Jůzl et al. 2000). V prvních fázích vývoje odebere cukrovka jen velmi malé množství dusíku, a to z hloubky 0 – 30 cm. Tento dusík by měl být použit pro tvorbu prvních listů. Při přehnojení v této první fázi vývoje hrozí proplavení do nižších vrstev půdy a následný „nadbytečný“ příjem dusíku ve druhé fázi. Tento nadbytek i nadále stimuluje růst listů před tvorbou bulev a může tedy, jak již bylo zmíněno, snižovat výnosy a kvalitu produkce. Dávka dusíku v průmyslových hnojivech je podle stanoviště a hnojení organickými hnojivy většinou mezi 60 – 120 kg N/ha (Vaněk et al. 2007). Řepa odebere pro maximální výnos až 250 kg N/ha (Draycott et Christenson 2003).

#### **Hnojení fosforem**

Na počátku růstu řepa potřebuje dostatek pohotového fosforu, který zabezpečuje urychlení látkové výměny zvýšenou asimilací a v dalších obdobích možnost plného využití přijatého dusíku po celou dobu vegetace (Škopík et Bezděk 1961). Podle Bajči et al. (1997) je odběr fosforu rovnoměrný v průběhu celé vegetace. Na začátku vegetace je ale pro jeho příjem kritické období vzhledem k tomu, že ještě není dostatečně vytvořená celá kořenová soustava. V této fázi také dochází k akumulaci fosforu i v nadzemních částech rostliny, kdežto v pozdějších fázích vývoje je už většina akumulována pouze v kořenu (Bittner 2012).

I v případě cukrovky platí, že fosforem se hnojí půda a nikoliv plodina, jeho aplikaci je tedy vhodné provést ještě před zimou a orbou, aby následně na jaře před setím nedocházelo



k dalšímu zbytečnému utužování půdy. Hnojení na jaře je však také možné, ale systémem hnojení „pod patu“, kdy k aplikaci dochází přímo při setí a nedochází tedy k dalším přejezdům techniky přes pozemek. Fosfor je zde ukládán také do bezprostředního okolí osiva a může být jednodušeji a lépe využit (Hřivna et al. 2014).

Průměrná dávka fosforu se pohybuje v rozmezí 40 – 45 kg P/ha (Bould 1983).

### **Hnojení draslíkem**

Největší nároky klade cukrovka na dostatek draslíku v půdě, který je nutný po celou dobu vegetace (Hřivna et al. 2014). Draslík hraje důležitou úlohu v látkové výměně, tvorbě, transportu a akumulaci cukrů v kořeni (Urban et al. 2003). Cukrovka má na draslík vysoké nároky, dovede však využívat i méně přijatelné formy této živiny z půdy. Příjem draslíku do rostliny probíhá aktivním i pasivním způsobem a jeho příjem působí antagonisticky k příjmu prvků ostatních ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ), a naopak působí pozitivně na příjem aniontů ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) (Draycott 1972). Draslík v rostlině příznivě působí na cukernatost a výnos bulev, protože se podílí na látkové výměně sacharidů, dýchání, fotosyntéze a ovlivňuje celý vodní režim rostliny a turgor v pletivech. Na druhé straně může jeho nadbytek působit negativně při cukrovarnickém zpracování, protože se díky draslíku v rostlině tvoří větší množství rozpustného popela (Hřivna et al. 2014). Nedostatek je pak charakterizován typickými světlými skvrnami na listech ve tvaru trojúhelníku (Pulkrábek et al. 2007).

Obecně se používají dávky 135 – 165 kg kg/ha (Ivanič et al. 1984).

### **Hnojení ostatními živinami**

Jak uvádí Vaněk et al. (2016) cukrovka odebírá poměrně velké množství hořčíku a sodíku. Pravidelným hnojením draselnou solí je dodáváno určité množství sodíku, které cukrovce postačuje. Hořčík je dodáván hlavně organickými, popř. vápenatými hnojivými a jakožto centrální atom chlorofylu působí pozitivně na tvorbu výnosu. Z mikroelementů má cukrovka vysoké nároky na bór. Nedostatek bóru je často indikován převápněním a vyskytuje se na půdách s vysokým obsahem uhličitanu vápenatého (Ivanič et al. 1984).

Významným opatřením je vápnění, kterým zajišťujeme cukrovce příznivou hodnotu pH půdy, ale i vápník pro rostliny, který zvyšuje technologickou kvalitu cukrovky. Dávky vápenatých hnojiv se určí podle pH půdy a půdního druhu (Vaněk et al. 2016).

Nezastupitelnou roli hrají v hnojení cukrovky i mikroelementy, zejména pak Fe, Mn, B a Zn. Jejich nadbytek ale může působit toxicky a ovlivňovat jakost rostlin (Ryant et al. 2007).

Z mikroelementů je pro výživu cukrovky nejdůležitější bór, který se podílí na metabolismu cukrů a jeho nedostatek tedy výrazně snižuje jak výnos, tak výslednou cukernatost. Jeho nedostatek se projevuje u cukrovky také srdéčkovou hnílohou a praskáním řapíků (Hřivna et al. 2014).

Výrazný nárůst odběru zejména draslíku a dusíku je možné pozorovat v letních měsících (červenec, srpen), kdy je u cukrovky již dostatečně zapojený porost a dochází k nejintenzivnějšímu nárůstu biomasy. Odběr ostatních živin je spíše pozvolný po celou dobu vegetace (Pulkrábek 2007).

### 3.7 Vliv počasí na hnojení dusíkem

Jak již bylo dříve uvedeno, pro tvorbu výnosu je zásadní hnojení dusíkem. Při stanovení dodaného množství je nutné brát v potaz nejenom množství dodaného dusíku, ale také podmínky počasí, které mají výrazný vliv jak na příjem dodané živiny rostlinami, tak na přeměny dusíku v půdě. V průběhu roku se významně, v závislosti na teplotě a vlhkosti, mění obsah anorganického dusíku. Při jarním oteplování se díky oteplování půdy zvyšuje činnost půdních mikroorganismů, a tím i obsah minerálního dusíku, který dosahuje v květnu svého maxima, a hovoříme o tzv. jarním maximu. Poté se kvůli rychlejšímu odběru rostlinami i poklesu mineralizace v půdě obsah snižuje až k „letnímu minimu“ dosaženému zpravidla před sklizní. Podobný nárůst a následný pokles lze pozorovat i na podzim, kdy hovoříme o podzimním maximu, které je dosaženo pouze v případě příznivých vlhkostních a teplotních podmínek, kdy se mineralizuje výrazná část posklizňových zbytků. Mineralizace poté klesá spolu s poklesem teplot a nástupem zimy (Černý et al. 2011).

#### Mineralizace

Mineralizací je zpravidla označován proces rozkladu organických sloučenin na amoniak (obecně se jedná o rozklad organických látek na živiny, které mohou být využity rostlinami). Z organických látek se uvolňuje  $\text{NH}_3$ , který přijímá z přítomné molekuly vody iont vodíku a mění se na  $\text{NH}_4^+$ . Mineralizace probíhá nejintenzivněji při teplotě okolo 30 °C a při teplotě na bodu mrazu se prakticky zastavuje. Změna vlhkosti pak mineralizaci ovlivňuje méně než změna teploty. Obsah kyslíku pak na mineralizaci vliv nemá, a probíhá tedy jak při anaerobních, tak aerobních podmínkách.

Ve vlhčím a teplejším počasí je tedy možné snížit dávky dodaného dusíku, který je nahrazený dostatečně rychlou mineralizací, na druhou stranu v případě chladnějšího suššího počasí je nutné dusík do půdy dodávat, a to ideálně ve formě LAV (Černý et al. 2011).

#### Nitrifikace

Procesem nitrifikace se přeměňuje relativně nepohyblivá dusíkatá forma amonná (vzniklá mineralizací) na pohyblivou formu nitrátovou. Tím je dusík lépe přístupný pro rostliny, ale vzniká vyšší riziko ztrát (vyplavení, těkání). Optimální teplota pro nitrifikaci je 25 – 30 °C, zcela ustává při teplotách pod 5 °C. Nejrychleji probíhá nitrifikace při vlhkosti půdy 70 %, za sucha se pak zastavuje. Jedná se o proces obligátně aerobní, a probíhá tedy rychleji v dobře provzdušněných půdách.

Nitrifikace dusíku dodaného v hnojivech probíhá rozdílně vzhledem k jeho formě. Velmi rychle probíhá nitrifikace močoviny (proto jsou při aplikaci používány inhibitory nitrifikace), naproti tomu pomalu v hnojivech síranu amonného (Černý et al. 2011).

#### Denitrifikace

Denitrifikace je redukční proces, kdy jsou nitráty redukovány až na elementární dusík. Nejčastěji probíhá denitrifikace za přítomnosti fakultativně anaerobních mikroorganismů, které během rozkladu využívají kyslík z nitrátů. Vzhledem k vlhkosti jsou optimální podmínky podobné podmínkám pro nitrifikaci, tedy 25 – 30 °C, s tím že při teplotě pod 10 °C

proces prakticky ustává. Nejrychleji pak probíhá denitrifikace při vlhkosti 60 – 100 % MVK při anaerobních podmínkách.

Při vyšším zamokření půd a zároveň vysokém obsahu nitrátů tedy hrozí ztráty vyplavováním. Pro jejich zamezení je vhodné využívat zelené hnojení. Pouhá zaorávka slámy je neúčinná, protože rozklad nitrátů je pro mikroorganismy příliš energeticky náročný a volí jako zdroj dusíku spíše formy amonné. Ztráty se ještě zvyšují při použití nitrátové formy hnojiva, kdy se v půdním roztoku ještě zvýší obsah  $\text{NO}_3^-$ , a tedy celý proces denitrifikace urychlí. Ztráty v tomto případě mohou dosahovat až 40 % (Černý et al. 2011).

### **Volatilizace**

Volatilizace je proces ztrát amoniaku z půdy jeho těkáním do vzduchu. Při běžných podmínkách se tyto ztráty pohybují do 5 %, ale v závislosti na okolnostech (hnojivo, půda, klima) mohou dosáhnout až 25 %. Těkání roste s rostoucí teplotou a snižující se vlhkostí (zejména vrchních vrstev půdy).

Nejvyšší volatilizace probíhá při aplikaci hnojiv na povrch půdy (obvykle tedy statková hnojiva) a rychlé zapravení do půdního profilu je tedy nejdůležitějším agrotechnickým zásahem, který volatilizaci předchází. Podobně může docházet k volatilizaci při aplikaci minerálních hnojiv, ve kterých je obsažen amoniak (močovina) (Černý et al. 2011).

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Charakteristika podniku

Společnost Farnes, spol. s r. o. je rodinnou firmou specializující se zejména na rostlinnou výrobu v úrodné řepařské oblasti okresu Praha - východ.

Z hlediska kvality půd se jedná většinou o úrodné černozemě.

Strojní vybavení společnosti umožňuje celkovou soběstačnost a pouze v sezóně jsou využívány služby (žně, hnojení), a to pouze z důvodů dodržení správných agrotechnických termínů.

Průměrná roční teplota je v oblasti dle ČHMÚ 8,6 °C a roční úhrn srážek 587 mm. Obě hodnoty představují průměrné hodnoty pro celou Českou republiku a oblast tedy nelze hodnotit z hlediska podnebí jako jakkoliv vyčnávající v rámci celé republiky.

Pro hodnocení půdních vlastností si podnik nechává zpracovávat každý rok rozborů půd od společnosti ZKULAB s. r. o. V rámci těchto rozborů prováděných na vybraných honech pak dostane nejenom výsledky, ale i doporučení pro případné další hnojení atd.

### 4.2 Struktura plodin a osevní postup

Společnost Farnes se zaměřuje na intenzivní rostlinnou produkci a tomu je přizpůsoben i osevní postup, kde je kladen důraz na čtyři hlavní plodiny, a to ozimou pšenici, jarní ječmen, ozimou řepku a cukrovku. Jako doplňková plodina je využíván hrách, který ale nemá v osevním postupu své pevné místo, pouze lze konstatovat, že je vždy zařazován před ozimou pšenici.

Stávající osevní postup je tedy ze své podstaty pevný a vypadá následovně: *jarní ječmen, ozimá pšenice, ozimá řepka, ozimá pšenice, jarní ječmen, cukrovka.*

V tomto osevním postupu lze konstatovat nedostatečné střídání jarních a ozimých plodin a také nízkou variabilitu celkového plodinového složení.

Naproti tomu je zde dodrženo alespoň střídání jednotlivých plodin a dostatečné odstupy mezi cukrovkou, což lze považovat za vhodné řešení z hlediska výskytu háďátek a plevelné řepy. Jedná se tedy o osevní postup zaměřený na dosahování co nejlepších ekonomických výsledků podniku, avšak stále respektující základní agrotechnické požadavky.

Již dříve bylo uvedeno, že v roce 2014/2015 byl také pěstován hrách, a to na výměře 13 ha, což ale představuje tak nízkou výměru, že nemá racionální smysl ho v osevním postupu zmiňovat a dále se jím zaobírat.

Do osevního postupu by se určitě vyšší zastoupení luskovin či jiných přerušovačů obilných sledů hodilo.

Výnosy hlavních plodin v podniku za sledované období jsou v následujících tabulkách č. 1 a č. 2 porovnány s průměrnými výnosy ve Středočeském kraji. Z uvedeného je zřejmé, že podnik dosahuje nadprůměrných výnosů u všech pěstovaných plodin. Nejvýraznější rozdíl je u ozimé pšenice, kde byly výnosy o 21 % vyšší, než je průměr v kraji.

Výnosy cukrovky byly porovnávány s průměrem celé republiky, protože je zde nutné porovnávat nejen pouze výnosy samotné, ale přepočtené na 16% obsah cukru. Tato statistika se pak za jednotlivé regiony nevede a porovnávání výnosů bez přihlédnutí k cukernatosti

by potřebný přehled nepřineslo (v době zpracování této práce nebyly ještě známé výsledky sklizně za hospodářský rok 2018/2019).

Tabulka č. 1: Výnosy pšenice ve společnosti Farmes a ve Středočeském kraji

Výnosy (t/ha)	Ozimá pšenice			Jarní ječmen		
	Farmes	Středočeský kraj		Farmes	Středočeský kraj	
2018/2019	6,29	5,89	107%	5,49	5,17	106%
<b>2017/2018</b>	<b>5,54</b>	<b>5,54</b>	<b>100%</b>	<b>3,78</b>	<b>4,94</b>	<b>76%</b>
2016/2017	7,78	6,04	129%	6,42	5,15	125%
2015/2016	8,95	6,75	133%	6,79	5,66	120%
2014/2015	9,10	6,75	135%	7,41	5,75	129%
<b>Průměr</b>	<b>7,53</b>	<b>6,19</b>	<b>121%</b>	<b>5,98</b>	<b>5,33</b>	<b>111%</b>

Zdroj: Vlastní výzkum, Český statistický úřad

Tabulka č. 2: Výnosy cukrovky ve společnosti Farmes a České republice

Výnosy (t/ha)	Ozimá řepka			Cukrovka		
	Farmes	Středočeský kraj		Farmes	Česká republika	%
2018/2019	3,79	3,06	124%	75,39		
<b>2017/2018</b>	<b>3,37</b>	<b>3,42</b>	<b>99%</b>	<b>72,40</b>	<b>80,78</b>	<b>90%</b>
2016/2017	3,66	2,96	124%	101,05	81,02	125%
2015/2016	3,89	3,50	111%	84,75	69,32	122%
2014/2015	4,26	3,48	122%	79,80	77,67	103%
<b>Průměr</b>	<b>3,79</b>	<b>3,28</b>	<b>116%</b>	<b>82,68</b>	<b>77,20</b>	<b>110%</b>

Zdroj: Vlastní výzkum, Český statistický úřad

V hodnoceném období vykazuje oproti ostatním rokům výrazně odlišné hodnoty rok 2017/2018, kde jako v jediném roce nebylo dosaženo nadprůměrných výnosů. Tyto propady ve výnosech byly způsobené velmi suchým počasím v jarních měsících. Každá ze sledovaných plodin na tento vodní stres reagovala jiným způsobem. U pšenice došlo k výraznému zaschnutí odnoží a poklesu HTS. Jarní ječmen měl problémy se vzházením samotným a odnože prakticky nevytvořil. Řepka pak byla vodní stres schopna částečně kompenzovat prokořeněním do hlubších vrstev půdy, a byla tedy schopna částečně využít vodu ze spodních vrstev, došlo zde ale zejména k zaschnutí semen, nižší výsledné HTS, a tedy nižšímu finálnímu výnosu. U cukrovky byl propad ve výnosech alespoň částečně kompenzován vysokou cukernatostí (okolo 20 %).

Samotné výnosy ale ještě nic neříkají o účelnosti a kvalitě využívání hnojení a přípravků pro ochranu rostlin. Problému hnojení se budou věnovat následující kapitoly.

### 4.3 Stanovení kvantitativních a kvalitativních parametrů

Výnosy ozimé pšenice v jednotlivých hospodářských letech byly získány z vnitropodnikové evidence, ve které jsou vedeny výnosy jednotlivých polí spolu s vlhkostí a hmotností jednotlivých vozů. Vážení jednotlivých vozů bylo provedeno přímo v podniku na vlastní mostové váze.

Kvalitativní parametry byly stanoveny na základě odběrů již sklizeného obilí ve skladu pomocí vpichovacích sond a získané hodnoty byly následně zprůměrovány. Kvalitativní rozborů byly provedeny společností Prowena, kterou bylo sklizené obilí vykoupeno. Společnost Prowena hodnotila u pšenice vlhkost, obsah dusíkatých látek, HTS a číslo poklesu. Pro účely diplomové práce byly použity výsledky obsahu dusíkatých látek.

Výnosy a cukernatost u cukrovky byly stanoveny již přímo v cukrovaru, kam byla sklizená cukrovka dovezena. Opět byla použita vnitropodniková evidence po jednotlivých polích.

#### **4.4 Průběh počasí**

Průběh počasí byl stanoven na základě dvou evidencí, a to evidence průměrných denních teplot pocházejících z meteorologické stanice v Praze Kbelích, která se nachází ve stejné oblasti, ve které jsou i hodnocené pozemky. Druhá evidence srážek byla použita z vnitropodnikového měření v areálu společnosti v Radonicích pomocí jednoduchého srážkoměru.

Celkové srážky představují prostou sumu srážek za zvolený hospodářský rok. Maximální denní srážky zobrazují hodnotu maximálních srážkových úhrnů zaznamenaných za jeden den. Počet srážkových dnů je počítán jako prostý součet dnů, ve kterých byly zaznamenány srážky, a průměrná srážka pak odpovídá podílu celkových srážek a počtu srážkových dnů.

Pro potravinářskou pšenici byl stanovený hospodářský rok od 1.8. do 31.7. a pro cukrovku od 1.1. do 31.12. Ze získaných dat byla následně vypočtena maxima, minima a roční průměry.

#### **4.5 Agrotechnika ozimé pšenice**

Z osevního postupu je patrné, že ozimá pšenice je v podniku pěstována po řepce a jarním ječmenu. V hodnoceném období nebyly tyto rozdíly v mezplodinách nijak zohledněny a použítá hnojiva i dávky byly stejné u všech pšenic.

Určité rozdíly lze ale pozorovat u předseťové přípravy.

U porostů zakládáných po řepce byla podmítka provedena radličkovým kypřičem Horsch 3MT do hloubky cca 12 cm a výdrol byl následně chemicky zlikvidován glyphosatem (většinou Clinic v dávce 2 l/ha). Likvidace výdrolů byla v závislosti na počasí prováděna jednou až dvakrát na přelomu srpna a září. Před setím byla pak již půda připravena pouze kombinátorem Bednar. Setí samotné bylo pak prováděno sečkou Kuhn Moduliner s aktivní předseťovou přípravou. Půda byla po setí ihned uválena válci typu cambridge.

Příprava po jarním ječmeni byla náročnější a pro co nejlepší předseťovou přípravu bylo zařazeno ještě diskování do hloubky cca 10 cm a až poté následovala finální příprava kombinátorem a setí. Výdrol byl pak likvidován pouze jednou na konci srpna. Ostatní operace zůstaly stejné jako v případě řepky.

Každý rok byly pěstovány alespoň dvě odrůdy pšenice. Vybírány byly pouze odrůdy typu E (výjimečně typu A) s důrazem na co nejvyšší produkční potenciál, schopnost přezimovat i bez sněhové pokrývky a v poslední době se jako jedna z nejdůležitějších vlastností jevila schopnost odolávat jarnímu suchu. Při výběru odrůd bylo také částečně přihlíženo k tomu, aby všechny dozrávaly ve stejný čas, byly tedy vybírány středně rané odrůdy.

Obecný systém hnojení pšenice v podniku lze popsat následovně: Základní hnojení P a K, regenerační hnojení N brzy na jaře, produkční a kvalitativní hnojení N často rozdělené do více

dílčích dávek a hnojení mikroprvky většinou ve formě dodaného B pro podporu kvetení. Detailní dávky a aplikace jsou popsány v následujících kapitolách práce.

## 4.6 Agrotechnika cukrovky

Cukrovka byla v podniku pěstována vždy po jarním ječmeni s tím, že byla snaha připravit pozemek kompletně již před zimou, aby se co nejvíce šetřila jarní vlaha.

Předplodina byla po sklizni co nejdříve podmítnuta diskovým podmítačem do hloubky cca 12 cm a vzešlý výdrol chemicky zlikvidován (Clinic 2 l/ha) na přelomu srpna a září.

Před cukrovku byly ještě nasety meziplodiny, které sloužily ke splnění požadavku na greening, jednalo se většinou o směs svazenky (14 kg/ha) a hořčice (10 kg/ha). Meziplodiny byly dle vzrůstu buď mechanicky posekané, nebo rovnou zapravené do půdního profilu, a to radličkovým kypřičem Horsch 3 MT. Kypření probíhalo od hloubky cca 35 cm v první polovině listopadu.

Ihned po kypření byla půda upravena kombinátorem. Druhá příprava kombinátorem probíhala po jarním hnojení před setím (začátek března).

Setí bylo pak prováděno přesným secím strojem Kverneland Monopil s meziřádkovou vzdáleností 45 cm a vzdáleností semen v řádku 18 cm.

Pěstovány byly odrůdy s vysokým výnosovým potenciálem s vysokou cukernatostí a rezistencí k nematodům, cercosporióze a rizománii.

Hnojení cukrovky většinou probíhá ve dvou dávkách, a to předset'ové dodáním N, P, K, Ca a Mg a následně hnojení dusíkem v průběhu vegetace. Detailní dávky a termíny jsou opět popsány dále v práci.

## 4.7 Odběrové normativy

Odběrové normativy pro ozimou pšenici s cukrovku byly stanoveny dle Vaňka et al. (2016) a jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Celková bilance pak byla vypočtena jako rozdíl skutečně dodaných živin a potřeby stanovené dle normativu.

Tabulka č. 3: Odběrové normativy

Živina	N	P	K	S	Mg
<b>Pšenice</b>					
<i>Odběr kg/t výnosu</i>	24	5	18	4,3	2
<i>Hospodářský odběr % z normativu</i>	70	70	25	15	65
<b>Cukrovka</b>					
<i>Odběr kg/t výnosu</i>	4,5	0,8	6,5	1	0,9
<i>Hospodářský odběr % z normativu</i>	45	45	35	30	50

Zdroj: Vaněk et al. (2016)

## 4.8 BPEJ a hodnocení obsahu živin v půdě

Hodnoty BPEJ byly stanoveny na základě evidence LPIS a následně vypočítány vážené průměrné hodnoty pro jednotlivé odrůdy.

Obsah živin v půdách pak vychází opět z evidence LPIS a provedených AZPP v roce 2017.

Kritéria pro hodnocení obsahů jednotlivých živin jsou stanovena dle tabulky č. 4 pro ornou půdu a střední půdy.

**Tabulka č. 4: Kritéria hodnocení výsledků rozborů půd pro střední orné půdy**

<b>Obsah</b>	<b>Fosfor (mg/kg)</b>	<b>Draslík (mg/kg)</b>	<b>Hořčík (mg/kg)</b>	<b>Vápník (mg/kg)</b>
<i>nízký</i>	< 50	< 105	< 105	< 1100
<i>vyhovující</i>	51 - 80	106 - 170	106 - 160	1101 - 2000
<i>dobrý</i>	81 - 115	171 - 310	161 - 265	2001 - 3300
<i>vysoký</i>	116 - 185	311 - 420	266 - 330	3301 - 5400
<i>velmi vysoký</i>	> 185	> 420	> 330	> 5400

Zdroj: Vaněk et al. (2016)

## 4.9 Statistické vyhodnocení

V rámci statistického vyhodnocení byla provedena regresní analýza závislosti sumy srážek, sumy teplot a dodaného N, P a K na výsledném výnosu.

Nejprve byla vypočtena matice korelačních koeficientů, na základě kterých byla zhodnocena statistická závislost a také odstraněny proměnné, které by způsobovaly multikolinearitu. Poté byla sestavena regresní rovnice a vypočteny regresní a korelační koeficienty.

Analýza byla provedena v programu Statistica 12.



## 5 Výsledky

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, pouze celkové výnosy se nedají považovat za ukazatel pro hodnocení kvality hnojení. Pro detailnější analýzu je potřeba brát v úvahu i počasí, zejména průběh srážek a teplot v jednotlivých letech, a porovnávat je s termínem aplikace dávek hnojení.

V následujících kapitolách tedy bude rozebrán vliv počasí v korelaci k aplikaci dávek hnojení a popsány pravděpodobné důsledky této aplikace na rostliny. Bude porovnán rozdíl v případě pšenice a cukrovky.

Aby hodnocení průběhu počasí lépe odpovídalo produkčnímu roku u zkoumaných plodin, bylo pro pšenici zvoleno období od 1.8. do 31.7. roku následujícího, což odpovídá době od sklizně do další sklizně, a u cukrovky období od 1.1. do 31.12.

### 5.1 Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2014/2015

#### 5.1.1 Hnojení pšenice v hospodářském roce 2014/2015

Z hlediska výnosů se jednalo o nejlepší hospodářský rok ve sledovaném období. Výnosy pšenice dosáhly 9,1 t/ha.

V tomto roce byly pěstovány tři odrůdy, a to Genius (79,66 ha), Sailor (42,76 ha) a Fakir (81,36 ha), celkově byla tedy pšenice pěstována na 203,77 ha. Všechny tři odrůdy jsou odrůdy s vysokým výnosovým potenciálem a vysokou potravinářskou kvalitou. Jak je patrné z tabulky č. 5, nejvyšších výnosů dosáhla odrůda Fakir a naopak nejnižších odrůda Genius.

Tabulka č. 5: Hnojení pšenice v roce 2014/2015

OBDOBÍ		2014/2015		Dodané živiny (kg/ha)					
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	S	Mg	Ostatní
26. - 28.9.	Hnojení před setím	Superfostáf	200		15,8				
		Kamex	100			33,2		3,48	
29.-30.9.	Setí	Výsevek: 190 kg/ha							
18.2.	Regenerační hnojení	YaraSulfan	300	72			18		15 Ca
26.3.	Produkční hnojení I.	DAM 390	200	60					
21.4.	Mikroprvky	Nutrimix	1,5	0,12			0,22		0,06 Mn, 0,045 Cu, 0,045 Zn, 0,0006 Mo
		Folit Bór	0,2						0,022 B
		MgSO <sub>4</sub>	3				0,99	0,37	
25.4.	Produkční hnojení II.	DAM 390	200	60					
18.5.	Kvalitativní hnojení	DAM 390	100	30					
18.7.	Sklizeň	Průměrný výnos Genius: 8,64 t/ha		Průměrný výnos celkem: 9,1 t/ha					
21.7.		Průměrný výnos Sailor: 9,01 t/ha							
22.7.		Průměrný výnos Fakir: 9,61 t/ha							
Celkem dodaných živin				222,1	15,8	33,2	19,2	0,4	15 Ca, 0,06 Mn, 0,045 Cu, 0,045 Zn, 0,022 B, 0,006 Mo
Celkem odebraných živin dle normativů				218,4	45,5	163,8	39,1	18,2	
<b>Celková bilance za hospodářský rok</b>				<b>69,2</b>	<b>-16</b>	<b>-7,7</b>	<b>13,3</b>	<b>-11,5</b>	

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Dle použitých normativů a se započítáním odběru zrnem je patrné, že po sklizni a zaorání slámy se zvýšil obsah N a S, naopak P, K a Mg byly z pozemku v zrně odebrány. Dle uskutečněných AZP ale pozemky netrpí výraznějšími nedostatky v těchto živinách, byť obsahy P jsou u dvou hodnocených odrůd pouze vyhovující. Pro detailnější hodnocení celkové bilance živin by bylo nutné hodnotit jeden pozemek více let po sobě.

Pro předset'ové hnojení bylo použito hnojivo Superfosfát, kterým byl dodán fosfor, a také Kamex pro doplnění obsahu draslíku a hořčíku. Pro regenerační hnojení a doplnění dusíku byl použit Yarasulfan, tedy hnojivo s obsahem nitrátového i amonného dusíku a také síry. Následné hnojení dusíkem již proběhlo ve formě DAM 390, tedy opět hnojivem s více formami dusíku (1/2 amidická, 1/4 nitrátová a 1/4 amonná). I přes uspokojivé (dle normativů) hodnoty dodaného dusíku byla hodnota dusíkatých látek v zrně na spodní hranici nutné k tomu, aby byla pšenice akceptována jako potravinářská.

Na list byly 21. 4. (počátek sloupkování) dodány mikroprvky (B, Mn, Cu, Zn a Mo).

Jak již bylo uvedeno dříve, rozdíly ve výnosech nelze připisovat rozdílnému hnojení či ochraně rostlin, to bylo na všech polích obdobné. Je tedy možné tuto změnu připsat vlivu odrůdy a stanoviště. Zejména odrůda Genius byla pěstována na méně úrodných půdách v porovnání s odrůdou Fakir.

Pro porovnání byl zvolen ukazatel bodové výnosnosti, který se pohybuje na škále 6–100 (čím vyšší číslo, tím lepší) a váženým průměrem byla pak vypočítána průměrná bodová výnosnost pro odrůdu.

Z hlediska pH pak bylo naměřena slabě kyselá reakce (6,26) na honech s odrůdou Genius. Nižší, avšak stále vyhovující obsahy živin byly naměřeny u odrůdy Sailor, a to v případě Mg a P a u odrůdy Genius v případě P.

Tabulka č. 6: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2014/2015

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZPP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
<b>Fakir</b>	87	7,08	4651,62	194,63	117,77	243,88	9,61
<b>Genius</b>	60,52	6,26	2652,05	160,37	56,48	304,91	8,64
<b>Sailor</b>	76	6,95	4453,50	142,68	78,39	196,39	9,01

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

### 5.1.2 Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2014/2015

Cukrovka byla v hospodářském roce 2014/2015 pěstována na 117 ha ve dvou odrůdách (65,96 ha Panorama, 51,04 ha Apel).

Obě odrůdy byly nasety v množství 1,2 VJ na hektar.

Základním hnojením před setím byly dodány všechny základní živiny (51 kg N, 45,8 kg P, 33,2 kg K, 20 kg Ca, 18,5 kg Mg a 20 kg síry na hektar. V průběhu vegetace už bylo hnojeno pouze jednou, a to cca 6 týdnů po zasetí ve formě 150 kg LAV.

Dle použitých normativů byl hospodářský odběr výrazně vyšší zejména u draslíku (114,7 kg/ha), kde ale AZP ukazují dostatečné množství v půdě, a není tedy nutné ho dodávat v takovém množství, aby byly odběry pokryté zcela. Dále i zde platí, že pro komplexní bilanci jednotlivých honů by bylo nutné hodnotit konkrétní hon po více let.

Průměrný výnos v tomto roce byl 65,02 t/ha při cukernatosti 18,84 %. Výnos přepočtený na 16% cukernatost byl tedy 76,58 t/ha.

Tabulka č. 7: Hnojení cukrovky v roce 2014/2015

OBDOBÍ		2014/2015		Dodané živiny (kg/ha)						
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ostatní	
12.3.	Hnojení před setím	Amofos	200	24	45,8					
		Kamex	100			33,2		3,48		
		Kieserit	100					15	S 20	
		LAV	100	27			8			
24.-28.3.	Setí	Výsevok: 1,2 VJ								
18.5.	Hnojení I.	LAV	150	40,5			12			
24.10.-20.11.	Sklizeň	Průměrný výnos Panorama: 71,28 (85,01) t/ha			Průměrný výnos celkem: 65,02 (76,58) t/ha					
		Průměrný výnos Apel: 56,92 (65,57) t/ha								
Celkem dodaných živin				91,5	45,8	33,2	20,0	18,5	S 20	
Celkem odebraných živin dle normativů				292,6	52,0	422,6	65,0	58,5		
Celková bilance za hospodářský rok				-40,2	22,4	-114,7	0,5	-10,8		

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Tabulka č. 8: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy cukrovky v roce 2014/2015

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZZP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
Panorama	87	6,68	4434,71	176,92	63,97	252,16	85,01 (cukernatost 19,1 %)
Apel	88	7,06	4793,33	156,00	76,44	296,89	65,57 (cukernatost 18,48 %)

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

Z porovnání odrůd a jejich výnosů dle BPEJ se dá usuzovat, že rozdíl ve výnosech je pravděpodobně způsoben vlivem odrůdy. Dle BPEJ byly obě odrůdy pěstované na půdách srovnatelně kvalitních, ale rozdíly ve výnosech jsou značné. Nižší výnos u odrůdy Apel není ani kompenzován vyšší cukernatostí, která byla 18,48 %, kdežto u odrůdy Panorama 19,1 %. Vezmeme-li v potaz přepočtené výnosy, pak je rozdíl 30 %. Odrůda Apel byla tedy z pěstovaných odrůd vyřazena.

Z hlediska živin byl opět naměřen nižší obsah P, a to u obou pěstovaných odrůd. Pro odrůdu Apel pak i nižší obsah Mg. Stále se však jedná o obsahy vyhovující.

### 5.1.3 Srážky

Suma srážek pro pšenici a cukrovku se v tomto roce nikterak výrazně nelišila, pro pšenici bylo naměřeno 398 mm a pro cukrovku 380 mm. U obou plodin byly nejvyšší denní souhrny zaznamenány 9. 6., a to 32 mm. Počet dní se zaznamenanými srážkami byl opět vyšší u pšenice, a to 63 dní, u cukrovky pak 58 dní. Průměrné srážky byly také velmi podobné, a to 6,3 mm u pšenice a 6,6 mm u cukrovky.

Pro pšenici se jednalo o nejsušší rok ve zkoumaném období, a to jak hlediska celkového úhrnu srážek, tak z hlediska denní průměrné srážky (6,3 mm), ale také o rok s nejvyššími výnosy. Výnosy u cukrovky byly naopak nejnižší.

Pšenice byla naseta do vlhké půdy díky dostatku deště v průběhu září (97 mm). Další výraznější srážky byly zaznamenány v polovině října (45 mm) a poté následovaly čtyři

velmi suché měsíce s celkovým souhrnem srážek pouhých 66 mm a významnější srážky lze pozorovat až na přelomu března a dubna (36 mm), které následovaly po zasetí cukrovky a prvním produkčním hnojení pšenice.

Do sklizně pšenice už lze hovořit pouze o srážkách 9. 6. (32 mm), ostatní srážky již nebyly nijak významné ani z hlediska množství, ani trvání. Zejména regenerační dávka dusíku ve formě 300 kg Yarasulfanu na hektar pro pšenici byla provedena ve velmi suchém období.

První výraznější srážky z konce března přišly po zasetí a hnojení cukrovky a po prvním produkčním hnojení pšenice DAM 390.

Ostatní hnojení, jak u pšenice, tak u cukrovky již byly prováděny v období s dostatečnými srážkami.

Pro cukrovku, která je sklízena až později, lze zaznamenat ještě srážky v polovině srpna (64 mm) a 40 mm v polovině října, což už bylo velmi krátkou dobu před sklizní samotnou. Mezi těmito termíny bylo ale pozorováno období naopak velmi suché s úhrnem srážek pouze 6 mm (od 14. 8. do 6. 10.).

Obecně lze srážky v průběhu roku 2015 hodnotit jako velmi nízké a nerovnoměrně rozprostřené, zejména se jedná o velmi suchou zimu a léto.

#### **5.1.4 Teplota**

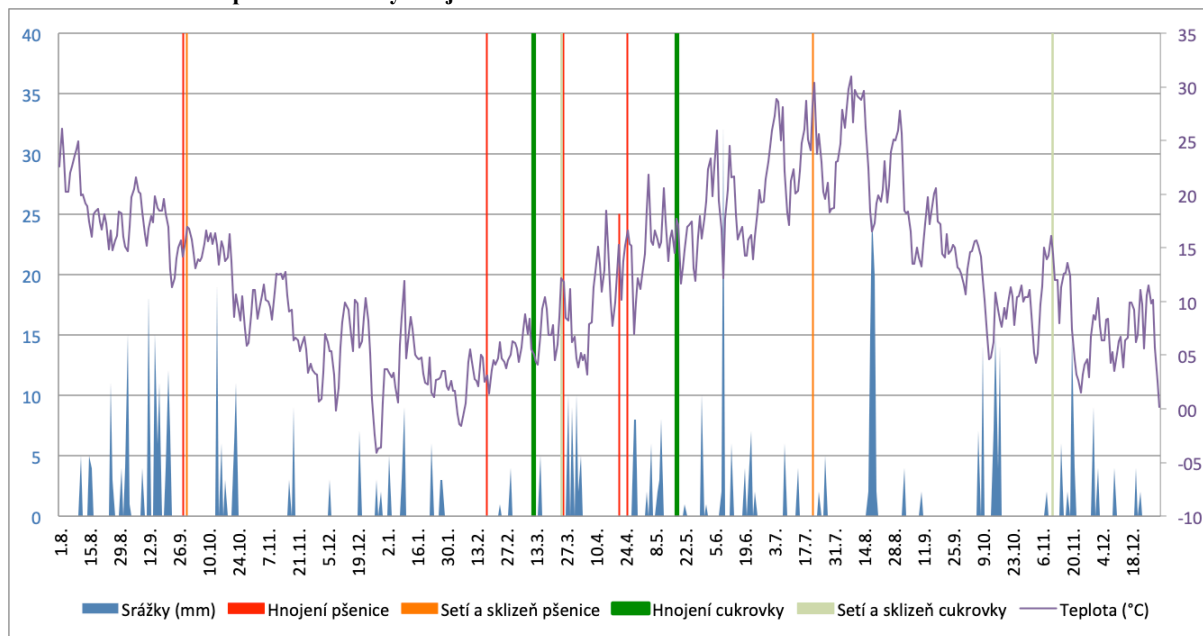
Celková naměřená průměrná denní suma teplot u pšenice byla 4443 °C a u cukrovky 4596 °C, ani v jednom případě se tedy nejednalo o extrém v zkoumaném období.

Pro obě plodiny se ale jednalo o rok s nejmírnější zimou, kde se průměrné denní teploty pohybovaly pod bodem mrazu pouze 11 dní v případě pšenice a 4 dny v případě cukrovky. I minimální denní teploty toto potvrzují (-4,1 °C u pšenice a -1,6 °C u cukrovky). Naopak u cukrovky můžeme pozorovat maximální počet dní s průměrnou denní teplotou nad 25 °C, a to 28.

Významnější extrémy lze pozorovat na konci prosince, kdy se teploty z hodnoty okolo 8 °C propadly až k nejnižším hodnotám za dané období naměřeným (-4 °C). O další výraznější změně v trendu teplot lze mluvit na přelomu března a dubna, kdy došlo za přítomnosti srážek k poklesu průměrných teplot cca o 7 °C na zhruba dva týdny. Stejně výkyvy lze pozorovat od poloviny června v zhruba dvoutýdenních intervalech až do poloviny září. Jednalo se vždy o přibližně týden s teplotním poklesem o cca 7 °C a poté opět návrat na normální hodnotu.

Co do termínu setí a hnojení se nejednalo o rok, který by nějak vybočoval z běžných termínů v hodnoceném období.

**Graf č. 1: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2014/2015**



Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

Legenda: Kratší svislé rovnoběžně znázorňují hnojení mikropřevky, delší rovnoběžky ostatní hnojení

## 5.2 Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2015/2016

### 5.2.1 Hnojení pšenice v hospodářském roce 2015/2016

I v tomto roce byly pěstovány stejné tři odrůdy pšenice jako v roce předcházejícím, a to Genius na 66,02 ha, Fakir na 114,41 ha a Sailor na 101,47 ha. Celkem tedy bylo pšenicí oseto 281,9 ha. Nejvyšších (prakticky srovnatelných výnosů) dosáhly odrůdy Fakir a Genius. Odrůda Sailor pak dopadla z hlediska výnosů již výrazněji hůře.

Na rozdíl od minulého období byl dusík dodán už před setím spolu s fosforem a draslíkem.

Regenerační hnojení bylo opět ve formě Yarasulfanu. Další rozdíl v porovnání s předchozím obdobím lze pozorovat u hnojení kvalitativního. V tomto roce byl použit roztok močoviny.

Hnojení Polidapem ještě před setím bylo zvoleno, aby se lépe distribuoval dodaný dusík v průběhu celé vegetace a nebylo nutné dodávat více jako 200 kg pouze na jaře, kdy mají rostliny jen omezený čas k jeho účelnému využití, a i když je bilance dle normativů kladná, výsledný obsah v zrna byl nízký. S tímto problémem pak ještě více souvisí hnojení močovinou jako kvalitativní hnojení. Močovina byla zvolena právě z důvodu rychlé vstřebatelnosti rostlinami. Toto rozdělení dávek opravdu vedlo k vylepšení obsahu dusíkatých látek v zrna a postup se tedy zdá jako správný.

Celková bilance dodaných živin je v tomto roce kladná u všech hodnocených živin.

Tabulka č. 9: Hnojení pšenice v roce 2015/2016

OBDOBÍ		2015/2016		Dodané živiny (kg/ha)					
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	S	Mg	Ostatní
23.9.	Hnojení před setím	Polidap	200	36	40,4				
		Kamex	200			66,4		6,96	
		Kieserit	100				20	15	
3.-5.10.	Setí	Výsevok: 190 kg/ha							
17.2.	Regenerační hnojení	YaraSulfan	300	72			18		15 Ca
30.3.	Produkční hnojení I.	DAM 390	200	60					
13.4.	Mikroprvky	Folit Bór	0,2						0,022 B
27.4.	Mikroprvky	Basfoliar Combi-stipp	2	0,18					0,152 Ca, 0,008 Mn, 0,004 B
		MgSO <sub>4</sub>	3				0,99	0,37	
10.5.	Produkční hnojení II.	DAM 390	100	30					
31.5.	Kvalitativní hnojení	Močovina	30	13,8					
8.6.	Mikroprvky	Nutrimix	1,5	0,12			0,22		0,06 Mn, 0,045 Cu, 0,045 Zn, 0,0006 Mo
		Folit Bór	0,2						0,022 B
		MgSO <sub>4</sub>	3				0,99	0,37	
21.7.	Sklizeň	Průměrný výnos Genius: 9,4 t/ha			Průměrný výnos celkem: 8,95 t/ha				
26.7.		Průměrný výnos Fakir: 9,44 t/ha							
25.7.		Průměrný výnos Sailor: 8,09 t/ha							
Celkem dodaných živin				212,1	40,4	66,4	40,2	22,7	15 Ca, 0,152 Ca, 0,068 Mn, 0,045 Cu, 0,045 Zn, 0,0444 B, 0,0006 Mo
Celkem odebraných živin dle normativů				214,8	44,8	161,1	38,5	17,9	
<b>Celková bilance za hospodářský rok</b>				<b>61,7</b>	<b>9,1</b>	<b>26,1</b>	<b>34,4</b>	<b>11,1</b>	

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Dle tabulky č. 10 lze konstatovat, že odrůda Sailor byla pěstována na nejhorších půdách, a to jak z hlediska pH (slabě kyselá reakce), tak z hlediska obsahu živin, kdy byly nižší hodnoty zaznamenány u Mg i P. Tak jako v předchozích letech se stále jednalo o obsahy vyhovující.

Tabulka č. 10: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2015/2016

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZZP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
<b>Fakir</b>	87	6,62	3851,04	202,71	57,69	286,06	9,44
<b>Genius</b>	87	6,72	3957,22	176,00	77,56	236,82	9,4
<b>Sailor</b>	72,6	6,38	3310,01	151,18	75,62	202,08	8,09

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

## 5.2.2 Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2015/2016

V roce 2015/2016 byla cukrovka pěstována pouze v jedné odrůdě, a to Panorama na 131,25 ha.

Výnos byl oproti minulému roku vyšší, a to 82,05 t/ha (přepočteno na 16% cukernatost), avšak výnos pouze odrůdy Panorama byl ve srovnání s rokem 2014/2015 naopak nižší.

Průměrná cukernatost byla v tomto roce 18,65 %, tedy opět vyšší průměrná cukernatost, ale nižší v porovnání s odrůdou Panorama.

Tabulka č. 11: Hnojení cukrovky v roce 2015/2016

OBDOBÍ		2015/2016		Dodané živiny (kg/ha)					
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ostatní
20.3.	Hnojení před setím	Amofos	200	24	45,8				
		Kamex	100			33,2		3,48	
		Kieserit	100					15	S 20
		LAV	100	27			8		
6.-10.4.	Setí	Výsvek: 1,3 VJ							
11.5.	Hnojení I.	LAV	150	40,5			12		
30.5.	Hnojení II.	LAV	150	40,5			12		
25.8.	Mikroprvky	Basfoliar Aktiv	1	0,03	0,12	0,15			Cu, Fe 0,002, Mn, B, Zn 0,001, Mo 0,0001
13.-30.11.	Sklizeň	Průměrný výnos Panorama: 70,39 (82,05) t/ha							
Celkem dodaných živin				132,0	45,9	33,3	32,0	18,5	S 20, Cu, Fe 0,002, Mn, B, Zn 0,001, Mo 0,0001
Celkem odebraných živin dle normativů				316,8	56,3	457,5	70,4	63,4	
Celková bilance za hospodářský rok				-10,5	20,6	-126,8	10,9	-13,2	

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Hnojení před setím bylo stejné jako v předchozím roce. V průběhu vegetace byla navýšena dávka dusíku a vápníku, když se opakovalo hnojení 150 kg LAV. Na rozdíl od roku předcházejícího byly porostu dodané i mikroprvky, a to v podobně 1 l hnojiva Basfoliar Aktiv.

Hospodářský odběr byl opět výrazně vyšší u draslíku (-126,8 kg/ ha).

## 5.2.3 Srážky

Suma srážek pro pšenici a cukrovku se v tomto roce opět výrazně nelišila, pro pšenici bylo naměřeno 3436 mm a pro cukrovku 419 mm. Maximální denní souhrn srážek pro pšenici 27 mm byl naměřen 14. 7. Vzhledem k termínu byl zaznamenán tedy cca týden před sklizní a dá se předpokládat, že na výnos již neměl výraznější vliv. Maximální denní souhrn pro cukrovku 36 mm byl naměřen 17. 9.

Počet dní se zaznamenanými srážkami byl vyšší u cukrovky, a to 68 dní, u pšenice pak 67 dní. Průměrné denní srážky byly také velmi podobné, a to 6,5 mm u pšenice a 6,2 mm u cukrovky, kde se jednalo o nejnižší hodnotu za hodnocené období.

Výnosy v tomto roce byly opět velmi rozdílné, u pšenice se jedná o druhý nejvýnosnější rok, kdežto u cukrovky o druhý nejhorší.

V porovnání s rokem předcházejícím se zdají srážky lépe rozprostřené v průběhu roku s menšími extrémy.

Pšenice byla zasetá v suchém období (23. 9.), které bylo ale následováno srážkami ihned po zasetí, kdy bylo v průběhu 10 dní (7. – 17. 10) naměřeno úhrnně 61 mm srážek.

Od poloviny října pak nebyly významnější deště až do konce května, na druhou stranu v tomto období nebylo zaznamenáno žádné delší období úplně bez dešťů, byť většina srážek byla do 5 mm v souhrnu. Velmi deštivým měsícem byl až červenec s celkovým úhrnem 107 mm. Období výraznějších srážek lze pozorovat i od poloviny září do poloviny října (91 mm).

Regenerační hnojení pšenice bylo, na rozdíl od roku předchozího, následováno srážkami. Na druhou stranu neprodleně po zasetí cukrovky bylo naměřeno srážek podstatně méně než v roce předchozím, také první hnojení cukrovky v průběhu vegetace 150 kg LAV bylo provedeno v třítydenním období bez deště. Druhé produkční hnojení pšenice (DAM 390) spolu s dodáním mikroprvků bylo provedeno na konci měsíčního období, kdy nebyly zaznamenány srážky žádné.

Zatímco sklizeň pšenice tedy probíhala v poměrně vlhkém červenci, tak u sklizně cukrovky tomu bylo naopak a od poloviny října až do konce roku nebyly výraznější srážky zaznamenány.

#### **5.2.4 Teplota**

Celková naměřená průměrná denní suma teplot u pšenice byla 4581 °C a u cukrovky 4302 °C. U cukrovky se jedná o nejnižší sumu za pětileté období, a to zejména kvůli chladnému podzimu.

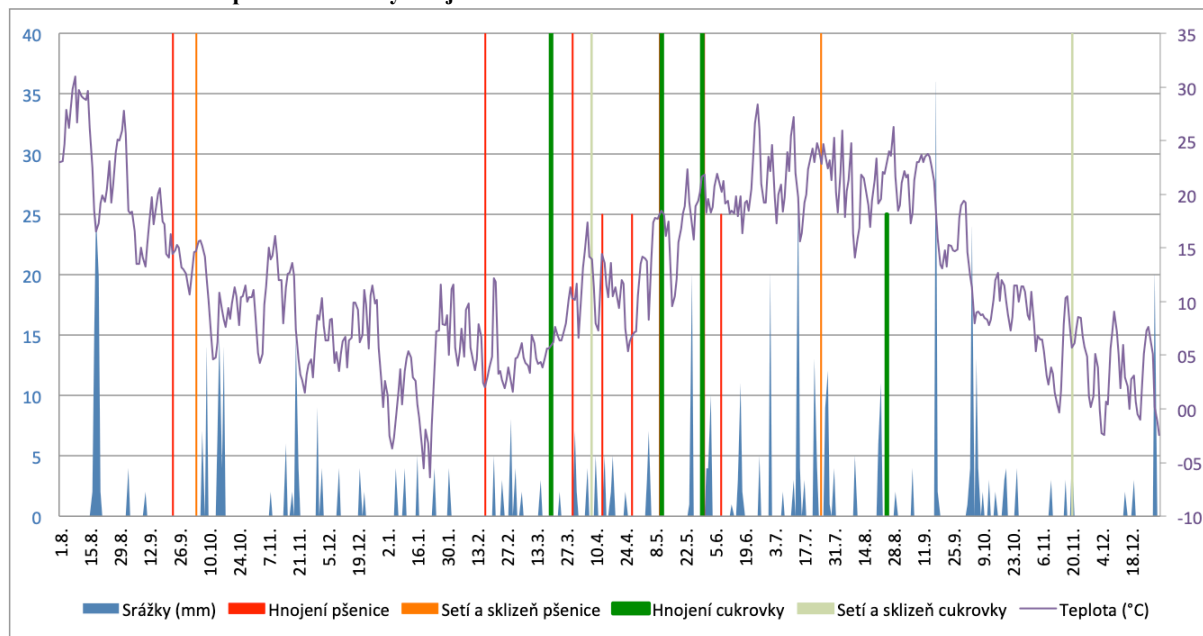
Z hlediska maximálních teplot se jednalo u cukrovky o rok s nejnižší maximální denní teplotou (28,4 °C). To samé platí o počtu dní, kdy byla průměrná denní teplota nad 25 °C (8 dní). V porovnání s předchozím rokem, kdy těchto dnů bylo 28, se jedná o výrazný pokles. Vzhledem k sumě teplot ale také značí menší extrém v průběhu roku.

Ani v druhém směru, tedy počtu dní s teplotou pod bodem mrazu, nebyly pozorovány žádné extrém a jednalo se o rok s mírnou zimou. V případě pšenice bylo naměřeno takových dnů 11 a v případě cukrovky 19. Minimální denní teploty byly u obou plodin stejné, a to -6,4 °C naměřené 22. 1. V tomto období lze také pozorovat nejvyšší výkyvy teplot, kde teploty z 12 °C ve druhé polovině prosince velmi prudce klesly až k -5 °C na začátku ledna, zde setrvaly zhruba tři týdny a od začátku února se pohybovaly zase již stabilně nad nulou a nevykazovaly významné extrém.

Termíny setí a hnojení opět nijak nevybočovaly z běžných let, pouze u cukrovky se jednalo tedy o mírně posunutý termín setí až na konec prvního dubnového týdne.



Graf č. 2: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2015/2016



Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

Legenda: Kratší svislé rovnoběžně znázorňují hnojení mikroprvky, delší rovnoběžky ostatní hnojení

## 5.3 Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2016/2017

### 5.3.1 Hnojení pšenice v hospodářském roce 2016/2017

I v tomto roce pokračoval trend pěstování tří odrůd pšenice. Odrůda Sailor byla ale vyměněna za odrůdu Patras. Celkově se pšenice pěstovala na 271,35 ha (Genius – 110,71 ha, Fakir – 137,31 ha a Patras – 23,33 ha).

Výnosy byly v tomto roce podstatně horší než v rocích předcházejících, a to 7,78 t/ha.

Z hlediska hnojení se jednalo o velmi podobný rok jako rok předcházející. Opět bylo dusíkem hnojeno i před setím. V tomto roce se jednalo o hnojivo NPK. Pro regenerační hnojení byla zvolena DASA místo Yarasulfanu, kterou byla opět dodána i síra. Vzhledem k nižšímu obsahu dusíku v první regenerační dávce byla tato dávka doplněna o dávku druhou následující po 5 dnech, a to ve formě 150 kg LAV, čímž bylo doplněno dalších 40 kg dusíku.

I produkční a kvalitativní hnojení bylo rozděleno na dvě dávky. Produkční hnojení bylo provedeno opět formou DAM 390 a kvalitativní ve formě močoviny jako tank-mix spolu s přípravou na ochranu rostlin.

I v tomto roce se podařilo zvýšit obsahy dusíkatých látek ve sklizeném zrna cca na 14,5 %, avšak s přihlédnutím k výnosům nelze jednoznačně tvrdit, že to bylo způsobené rozdělením dávek dusíkatých hnojiv.

Nízké výnosy jsou patrné zejména z přebytku dodaného dusíku, kde dle normativů bylo rostlinou nevyčerpáno a zůstalo na pozemku 121, tedy 1/2 roční dávky. Množství dodaného dusíku, které bylo nejvyšší ze sledovaných období, bylo zvoleno s cílem dosáhnout opět výnosů okolo 9 t/ha, ale zpětně viděno se takové množství zdá jako neúčelné.

Tabulka č. 13 opět ukazuje, že odrůda Sailor byla pěstována na nejhorsších půdách, které byly slabě kyselé a jen s vyhovujícím obsahem Mg, P a K.

Tabulka č. 12: Hnojení pšenice v roce 2016/2017

OBDOBÍ		2016/2017		Dodané živiny (kg/ha)						
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	S	Mg	Ostatní	
23.9.	Hnojení před setím	NPK	200	30	13,2	25				
28.-30.9.	Setí	Výsevek: 190 kg/ha								
28.2.	Regenerační hnojení I.	DASA	200	52			26			
4.3.	Regenerační hnojení II.	LAV	150	40,5	3,24				12 Ca	
2.4.	Produkční hnojení I.	DAM 390	200	60						
11.4.	Mikroprvky	Folit Bór	0,2						0,022 B	
1.5.	Produkční hnojení II.	DAM 390	200	60						
4.5.	Kvalitativní hnojení I.	Močovina	10	4,6						
4.6.	Kvalitativní hnojení II.	Močovina	10	4,6						
21.-26.7.	Sklizeň	Průměrný výnos Genius: 7,72 t/ha			Průměrný výnos celkem: 7,78 t/ha					
		Průměrný výnos Fakir: 7,92 t/ha								
		Průměrný výnos Patras: 7,17 t/ha								
Celkem dodaných živin				251,7	16,4	25,0	26,0	0,0	12 Ca, 0,022 B	
Celkem odebraných živin dle normativů				186,7	38,9	140,0	33,5	15,6		
Celková bilance za hospodářský rok				121,0	-10,8	-10,0	21,0	-10,1		

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Tabulka č. 13: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2016/2017

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZZP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
Fakir	70,47	6,63	3411,82	163,38	98,90	246,11	7,92
Genius	87,46	6,82	4538,89	167,06	71,97	274,58	7,72
Patras	60	6,20	2635,00	119,00	469,50	149,50	7,17

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

### 5.3.2 Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2016/2017

Hospodářský rok 2016/2017 byl, co se týká výnosů cukrovky, rekordní, a to nejen za sledované období, ale za celou historii podniku.

Byla pěstována opět pouze odrůda Panorama na výměře 139,32 ha, která dosáhla výnosu 101,05 t/ha při cukernatosti 18,74 %. Výnos přepočtený na 16% cukernatost byl tedy 118,34 t/ha.

Z hlediska celkové sumy dodaných živin se tento rok nelišil od roku přecházejícího, pouze nebylo hnojeno mikroprvky.

Z pohledu rozdělní dávek byla celá dávka hnojení dusíkem v průběhu vegetace aplikována najednou ve formě 300 kg LAV na hektar, čímž bylo jednorázově dodáno 81 kg dusíku a 24 kg vápníku.

V tomto roce lze konstatovat, že hospodářský odběr byl u sledovaných prvků výrazně vyšší (až na fosfor a vápník), a to zejména z důvodu vysokého výnosu.

Tabulka č. 14: Hnojení cukrovky v roce 2016/2017

OBDOBÍ		2016/2017		Dodané živiny (kg/ha)					
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ostatní
15.3.	Hnojení před setím	Amofos	200	24	45,8				
		Kamex	100			33,2		3,48	
		Kieserit	100					15	S 20
		LAV	100	27			8		
27.-31.3.	Setí	Výševek: 1,2 VJ							
11.5.	Hnojení I.	LAV	300	81			24		
6.10.-1.12.	Sklizeň	Průměrný výnos Panorama: 101,05 (118,34) t/ha							
Celkem dodaných živin				132,0	45,8	33,2	32,0	18,5	S 20
Celkem odebraných živin dle normativů				454,7	80,8	656,8	101,1	90,9	
Celková bilance za hospodářský rok				-72,6	9,4	-196,7	1,7	-27,0	

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

### 5.3.3 Srážky

Suma srážek pro pšenici a cukrovku v tomto roce vykazovala nejvýraznější rozdíly a byla pro obě plodiny sumou maximální za hodnocené období, pro pšenici bylo naměřeno 479 mm a pro cukrovku 549 mm. Rozdíl v celkovém souhrnu lze připisovat vlhkému podzimu, který již není započítáván pro pšenici do tohoto hospodářského roku.

Maximální denní úhrny byly zaznamenány pro pšenici 17. 9. (36 mm) a pro cukrovku 34 mm (30. 6. a 12. 8.). Nejenom celková suma srážek, ale i počet srážkových dní byl v tomto roce nejvyšší, pro pšenici to bylo 71 dní s deštěm a pro cukrovku 76 dní. Průměrné denní srážky nebyly nijak výjimečné a to 6,7 mm v případě pšenice a 7,2 mm v případě cukrovky.

Při pohledu na průběh srážek v celém roce je patrná velmi suchá zima, kdy bylo naměřeno od 15. 10. do 31. 3. pouze 113 mm, s tím, že 20 mm spadlo v jeden den a to 29. 12., ostatní srážky byly jen výjimečné a do 5 mm denního souhrnu. Naproti tomuto suchému období lze postavit následujících 5,5 měsíce od 1. 4. do 15. 9., kdy za stejné období napadlo 361 mm, tedy více jak 3x více.

Nejvýraznější deště byly zaznamenány 26. a 30. 6., kdy za tyto dva dny napadlo 66 mm (32 a 34 mm).

Setí pšenice bylo následováno výraznějšími dešti na začátku září, ale poté následovalo, již zmiňované, velmi suché období. Od začátku dubna pak již žádné delší období bez dešťů či naopak s výraznými dešti v krátký čas zaznamenáno nebylo.

Všechna hnojení pšenice (až na kvalitativní) a hnojení a setí cukrovky byla tedy provedena na suchou půdu. Až kvalitativní hnojení močovinou bylo následováno větším množstvím dešťů.

Sklizeň pšenice probíhala v období bez extrémů. Sklizeň cukrovky probíhala za vlhkého počasí a byla, co do výnosů, v tomto roce nejvyšší (118,34 t/ha).

### 5.3.4 Teplota

Celková naměřená průměrná denní suma teplot u pšenice byla 4257 °C a u cukrovky 4315 °C. U pšenice se jedná o nejnižší sumu za pětileté období, a to zejména kvůli chladnému podzimu, který se již projevil na celkové sumě teplot u cukrovky v roce předcházejícím.

U obou plodin se jedná o rok s nejvyšším počtem průměrných denní teplot pod bodem mrazu, a to 35 dní v případě pšenice a 28 dní v případě cukrovky, naopak počet dní s teplotami nad 25 °C byl velmi nízký u cukrovky (13 dní) a nejnižší ve sledovaném období u pšenice (11 dní).

Minimální denní teploty byly u obou plodin -7,5 °C naměřeny 19. 1., u obou plodin se jedná o druhý nejstudenejší rok. Maximální průměrné denní teploty byly v tomto roce pro pšenici opět nejnižší za celé období, a to 26,9 °C (31. 7.) a u cukrovky druhé nejnižší (28,8 °C naměřeno 1. 8.).

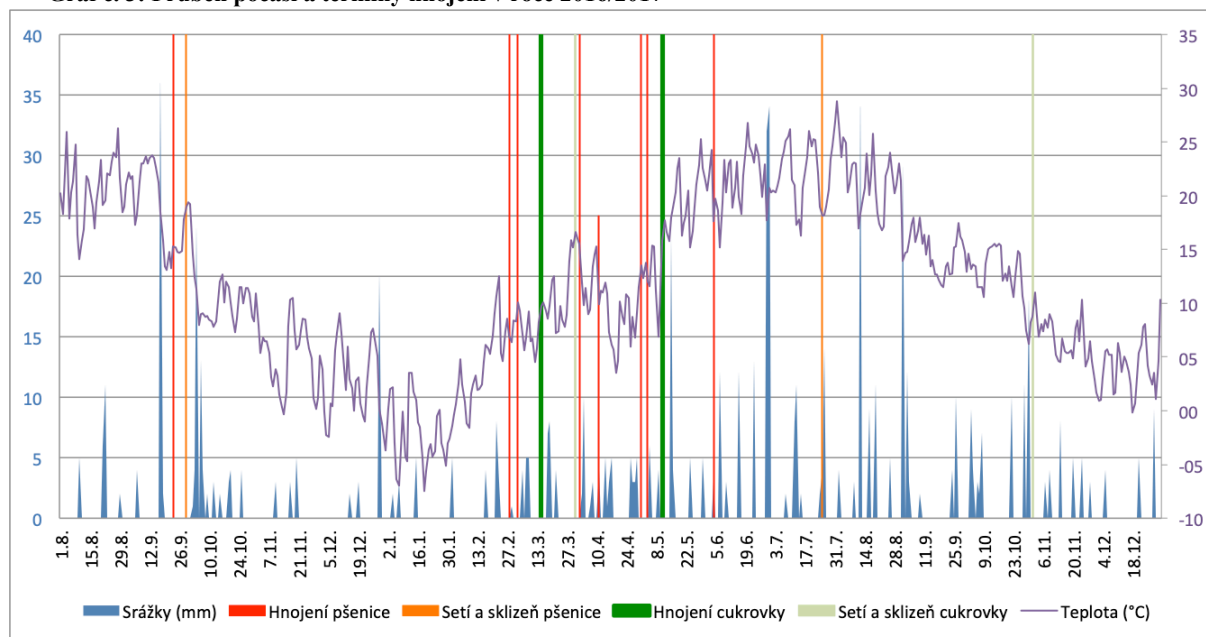
Z hlediska teplot se tedy jednalo o nejstudenejší rok s delší suchou zimou a relativně studeným létem s dostatkem srážek. Výrazný pokles teplot, kdy se denní teploty přiblížily bodu mrazu, můžeme pozorovat již na začátku listopadu a stabilní oteplení nad bod mrazu přišlo až po polovině února, jednalo se tedy o nejdelší zimu z hodnocených let.

Také po setí pšenice (konec září) lze pozorovat poměrně prudký pokles teplot (z 23°C na 14°C), tento pokles byla ale způsoben zejména nezvykle vysokými teplotami na konci září a poklesem se teploty pouze srovnaly s normálem.

Výraznější výkyv v teplotách lze pozorovat ještě uprostřed dubna, kdy se z 15,3 °C naměřených 10. 4. za týden ochladilo až na 3,5. °C. Tyto nižší teploty vydržely až do 28. 4. a poté již žádné výraznější změny pozorovány nebyly.

Z hlediska agrotechnických termínů se jedná o rok s nejpozdější aplikací regenerační dávky dusíkatého hnojení pro pšenici (28. 2.). Ostatní termíny byly běžné v ostatních letech.

**Graf č. 3: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2016/2017**



**Zdroj:** Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

**Legenda:** Kratší svíslé rovnoběžně znázorňují hnojení mikroprvky, delší rovnoběžky ostatní hnojení

## 5.4 Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2017/2018

### 5.4.1 Hnojení pšenice v hospodářském roce 2017/2018

Ročník 2017/2018 byl nejhorším z hlediska výnosů za hodnocené období. Průměrný výnos dvou pěstovaných odrůd (Genius – 112,39 ha, Fakir – 148,23 ha) na celkových 260,62 ha byl pouze 5,54 t/ha, což například v porovnání s ročníkem 2014/2015 představuje pouze 61 % výnosu.

Tabulka č. 15: Hnojení pšenice v roce 2017/2018

OBDOBÍ		2017/2018		Dodané živiny (kg/ha)						
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	S	Mg	Ostatní	
26.9.	Hnojení před setím	NPK	100	15	6,6	12,5				
30.9.-4.10.	Setí	Výsevok: 190 kg/ha								
15.2.	Regenerační hnojení I.	Hydrosulfan	200	48			11,2		10 Ca	
18.3.	Regenerační hnojení II.	LAV	150	40,5					12 Ca	
16.4.	Produkční hnojení I.	DAM 390	200	60						
29.4.	Produkční hnojení II.	DAM 390	200	60						
1.6.	Kvalitativní hnojení	Močovina	10	4,6						
7.-10.7.	Sklizeň	Průměrný výnos Genius: 5,84 t/ha			Průměrný výnos celkem: 5,54 t/ha					
		Průměrný výnos Fakir: 5,32 t/ha								
Celkem dodaných živin				228,1	9,8	12,5	11,2	0,0	22 Ca	
Celkem odebraných živin dle normativů				133,0	27,7	99,7	23,8	11,1		
Celková bilance za hospodářský rok				135,0	-9,6	-12,4	7,6	-7,2		

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Z hlediska hnojení se jednalo o ročník ničím nevybočující a pokračující v tendenci z let minulých. Základní dávka dusíku byla spolu s fosforem a draslíkem dodána před setím ve formě NPK a zbytek na celkových 228 kg byl dodán v dělených dávkách v průběhu jara. Celková dávka byla v porovnání s předcházejícím rokem snížena o cca 22 kg N/ha, avšak vzhledem k nízkým výnosům nebyla ani tato dávka vyčerpána. Ostatních živin bylo dodáno pouze malé množství a jejich bilance je tedy záporná.

Obsah dusíkatých látek v zrně byl dostačující, ale produkce nedosahovala požadované objemové hmotnosti a část byla prodána jako krmná pšenice.

Mikroprvky v tomto roce žádné dodány nebyly.

Obě odrůdy byly pěstovány na půdách s mírně kyselým pH (6,21 s případě odrůdy Fakir a 6,46 v případě odrůdy Genius). U odrůdy Fakir byly opět zaznamenány pouze vyhovující obsahy Mg, P a K.

Tabulka č. 16: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2017/2018

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZPP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
Fakir	78,64	6,21	2468,82	150,88	63,04	213,31	5,32
Genius	77,63	6,46	3410,06	160,95	81,83	255,75	5,84

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

## 5.4.2 Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2017/2018

V roce 2017/2018 byla opět pěstována pouze odrůda Panorama na 169,62 ha, která dosáhla výnosu 72,4 t/ha při cukernatosti 19,46 %, přepočtený výnos byl tedy 88,06 t/ha.

Jestliže v minulém období byly rekordní výnosy, tak v tomto roce byla rekordní cukernatost, díky které se výrazně zlepšil výnos po přepočtení na 16% cukernatost.

Tabulka č. 17: Hnojení cukrovky v roce 2017/2018

OBDOBÍ		2017/2018		Dodané živiny (kg/ha)					
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ostatní
3.4.	Hnojení před setím	Amofos	200	24	45,8				
		Kamex	100			33,2		3,48	
		Kieserit	100					15	S 20
		LAV	100	27			8		
5.-9.4.	Setí	Výsevek: 1,3 VJ							
3.-4.5.	Hnojení I.	LAV	300	81			24		
10.11.-6.12.	Sklizeň	Průměrný výnos Panorama: 72,4 (88,06) t/ha							
Celkem dodaných živin				132,0	45,8	33,2	32,0	18,5	S 20
Celkem odebraných živin dle normativů				325,8	57,9	470,6	72,4	65,2	
Celková bilance za hospodářský rok				-14,6	19,7	-131,5	10,3	-14,1	

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Hnojení bylo srovnatelné s přechozím rokem. Rozdíly lze pozorovat v termínech aplikace. Zatímco základní hnojení bylo v tomto roce provedeno o cca 3 týdny později než v roce předcházejícím, tak hnojení v průběhu vegetace naopak o týden dříve, celkové dávky se ale nijak nezměnily.

Z důvodu pozdějšího termínu setí cca o 10 dní byl navýšen výsevek na 1,3 VJ v porovnání s rokem předcházejícím.

Hospodářské odběry kvůli nižšímu výnosu nebyly tak výrazně v záporu jako v roce předcházejícím.

## 5.4.3 Srážky

Suma srážek pro cukrovku byla v tomto roce nejnižší (357 mm) a pro pšenici druhá nejnižší (409 mm).

Maximální denní úhrny byly zaznamenány pro pšenici 34 mm (12. 8.) a pro cukrovku 55 mm (8. 8.), kdy se jednalo o lokální bouřky doprovázené místním „tornádem“, které poničilo střechy v areálu společnosti (skladovací haly, dílna, garáže) a také střechy na Němcově selské mlékárně, která je vlastnicky se společností Farmes propojená. Vzhledem k lokálnosti těchto srážek lze předpokládat, že celkové úhrny na celé výměře se mohou lišit, ale pro zachování metodiky je počítáno s touto hodnotou.

Nejenom celková suma srážek, ale i počet srážkových dní (48) byl v tomto roce pro cukrovku nejnižší. V porovnání s rokem předcházejícím se jedná o pokles o 28 dní (37 %). U pšenice pak 58 dní představuje druhou nejnižší hodnotu za 5 let. Průměrné srážky byly spíše vyšší a to 7,1 mm v případě pšenice a 7,4 mm v případě cukrovky. Vzhledem k nízkému celkovému ročnímu souhrnu to značí, že se v daném roce jednalo spíše o výjimečné, zato větší deště než v letech ostatních. Předchozí tvrzení je velmi dobře patrné i z grafu č. 4.

Setí a hnojení pšenice bylo následováno, jako i v předchozích dvou letech, srážkami v první polovině října (25 mm). Na konci října, kdy bylo naměřeno dalších 39 mm srážek, se jednalo o poslední významnější deště až do poloviny června (11. – 14. 6.: 58 mm). Za tuto dobu (1. 11. – 10. 6.) napadlo pouze 143 mm, srážky nad 10 mm pak byly za tuto dobu naměřeny pouze jednou (4. 1.). Suchem tedy trpěla po zasetí i cukrovka.

Veškeré agrotechnické operace, ať již hnojení pšenice či setí a hnojení cukrovky, tedy probíhaly za velmi suchého počasí a první významnější srážky byly zaznamenány až po aplikaci poslední kvalitativní dávky dusíku ve formě 10 kg močoviny na hektar.

Ani léto a podzim nepředstavovaly z hlediska srážek nadprůměrné období a opět se jednalo spíše o výjimečné deště, kdy napršelo větší množství vody v jeden okamžik (55 mm 8. 8., 24 mm 1. – 3. 9. a 22 mm 28. – 29. 10.). Sklizeň cukrovky tedy probíhala opět ve velmi suchém období.

Výnosy pšenice klesly oproti minulému roku o 29 % a v porovnání s rokem 2014/2015 dokonce o 40 %, přepočtené výnosy cukrovky byly průměrné.

#### **5.4.4 Teploty**

Celková naměřená průměrná denní suma teplot u pšenice byla 4543 °C a u cukrovky 4699 °C, což představuje nejvyšší hodnotu v hodnocených letech.

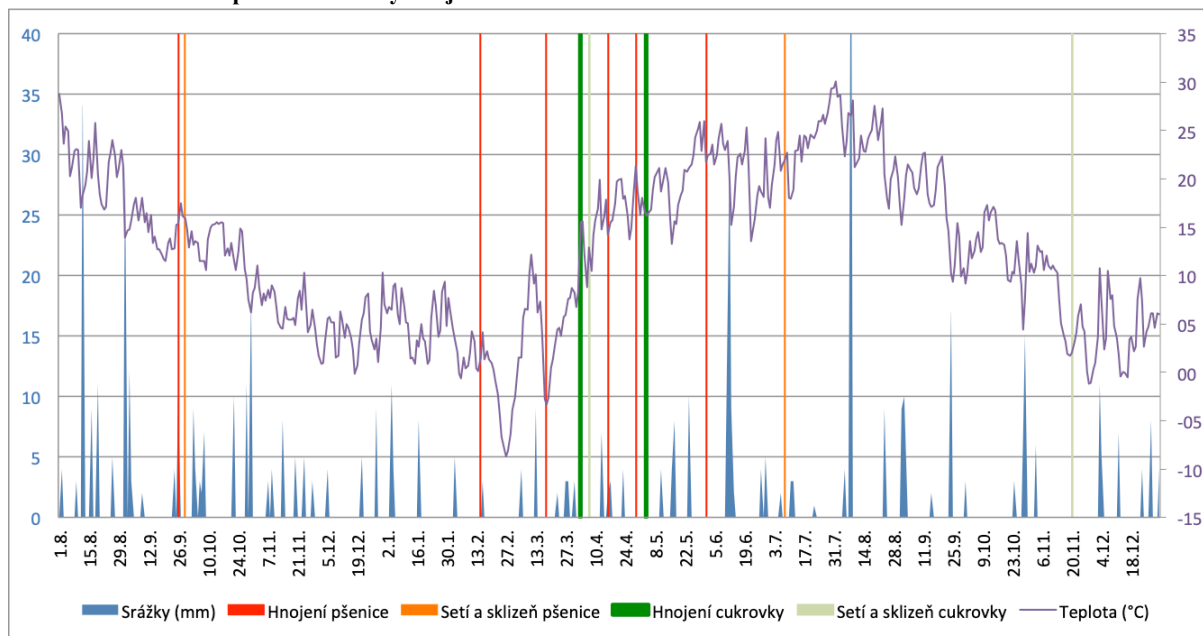
Naproti tomu byla v tomto roce naměřená nejnižší průměrná denní teplota a to -8,7 °C (27. 2.). Maximální průměrné denní teploty byly v tomto roce pro pšenici 29,4 °C (31. 7.) a u cukrovky 30,1 °C (1. 8.). Maxima pro daný rok byla tedy naměřena ve stejné dny v roce jako v roce předcházejícím.

V tomto roce lze pozorovat nejvýraznější výkyv teplot v celém hodnoceném období, a to na přelomu února a března, kdy se teploty z hodnoty okolo 3 °C v polovině února propadly na teploty okolo -7 °C, kde setrvaly týden a poté se za další týden vyšplhaly až na 12 °C, aby po týdnu opět spadly na hodnoty okolo -3 °C. Poté již následoval setrvalý růst teplot k hodnotám okolo 30 °C na přelomu července a srpna.

Celkově lze zimu hodnotit jako mírnou až na zmiňovaný dvojitý pokles teplot, kde zejména pokles první byl představován náhlými prudkými holomrazy. Léto bylo spíše teplejší a nástup podzimu pozvolný.

Regenerační hnojení pšenice bylo provedeno standardně v polovině února, avšak následovaly již zmiňované poklesy teplot. Po zasetí cukrovky nepřišlo tradiční ochlazení na začátku května jako v letech předcházejících.

**Graf č. 4: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2017/2018**



Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

Legenda: Kratší svislé rovnoběžně znázorňují hnojení mikroprvky, delší rovnoběžky ostatní hnojení

## 5.5 Hodnocení vlivu počasí na výnos v korelaci s termíny hnojení v hospodářském roce 2018/2019

### 5.5.1 Hnojení pšenice v hospodářském roce 2018/2019

V ročníku 2018/2019 byla zařazena nová odrůda Ponticus, která byla pěstována na výměře 50,64 ha, stabilní odrůdy Genius (114,14 ha) a Fakir (109,74 ha) byly pěstovány i nadále. Celkově bylo oseto ozimou pšenicí 274,52 ha a dosaženo průměrného výnosu 6,29 t/ha.

V tomto roce jsou bohužel výnosy výrazně zkreslené kroupami, které částečně poničily většinu obhospodařovaných pozemků a jejich porovnání s roky minulými není tak vypovídající, protože není možné přesně určit poškození na jednotlivých pozemcích. Zhruba polovina obhospodařovaných pozemků byla kroupami poničena 20. 6. a druhá polovina 1. 7. Z celkové obhospodařované výměry 856,24 ha bylo kroupami poškozeno 625 ha, tedy 73 % výměry.

Před setím hnojeno nebylo, a to zejména z důvodu nízkých výnosů všech plodin v roce minulém, kdy nebylo nutné dodávat ani dusík.

Jarní hnojení dusíkem pak již bylo standardní a celková dávka dusíku dodaná na hektar činila 240,9 kg.

Druhá dávka regeneračního hnojení byla provedena formou 150 kg/ha LAD, na rozdíl od minulých let, kdy byl používán LAV. Použitím LAD byl tedy dodán i hořčík, byť pouze 4,5 kg/ha.



Tabulka č. 18: Hnojení pšenice v roce 2018/2019

OBDOBÍ		2018/2019		Dodané živiny (kg/ha)						
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	S	Mg	Ostatní	
29.9.-3.10.	Setí	Výsevек: 195 kg/ha								
22.2.	Regenerační hnojení I.	Yarasulfan	210	50,4			11,76		10 Ca	
19.3.	Regenerační hnojení II.	LAD	150	40,5				4,5	6 Ca	
3.4.	Produkční hnojení I.	DAM 390	200	60						
3.5.	Produkční hnojení II.	DAM 390	200	60						
6.6.	Kvalitativní hnojení	DAM 390	100	30						
18.-22.7.	Sklizeň	Průměrný výnos Genius: 6,98 t/ha			Průměrný výnos celkem: 6,29 t/ha					
		Průměrný výnos Fakir: 5,75 t/ha								
		Průměrný výnos Ponticus: 5,9 t/ha								
Celkem dodaných živin				240,9	0,0	0,0	11,8	4,5	16 Ca	
Celkem odebraných živin dle normativů				151,0	31,5	113,2	27,0	12,6		
<b>Celková bilance za hospodářský rok</b>				<b>135,2</b>	<b>-22,0</b>	<b>-28,3</b>	<b>7,7</b>	<b>-3,7</b>		

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

Z tabulky č. 19 je patrné, že byt byla dle BPEJ odrůda Ponticus pěstována na nejlepších půdách, z hlediska obsahu živin nedosahovala nejlepších výsledků a i v případě Mg a P se jednalo opět o obsah pouze vyhovující.

Tabulka č. 19: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2018/2019

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZZP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
Fakir	87	7,30	5589,42	206,15	72,54	279,19	5,75
Genius	87,05	6,85	4946,75	162,03	69,85	257,60	6,98
Ponticus	88	7,06	4793,33	156,00	76,44	296,89	5,9

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

### 5.5.2 Hnojení cukrovky v hospodářském roce 2018/2019

V posledním hodnoceném roce došlo k výměně odrůdy Panorama, která již přestala být šlechtiteli nabízena, za odrůdy Eliška a Toleranza, které by měly být odrůdění Panorama velmi podobné.

Celkově bylo cukrovkou oseto 134,85 ha (Toleranza 41,53 ha a Eliška 93,32 ha). Průměrný dosažený výnos byl 75,39 t/ha při cukernatosti 18,2 %, přepočtený výnos na 16% cukernatost byl tedy 85,75 t/ha.

V obou pěstovaných odrůdách nebyly výrazné rozdíly ani ve výnosech (Toleranza 73,8 t/ha, Eliška 76,09 t/ha) ani v cukernatosti (Toleranza 18,3 %, Eliška 18,15 %). Tento výsledek byl očekávaný, protože se jedná o náhrady odrůdy Panorama a byly vybrány s důrazem na co největší podobnost.

Tabulka č. 20: Hnojení cukrovky v roce 2018/2019

OBDOBÍ		2018/2019		Dodané živiny (kg/ha)						
Datum	Operace	Hnojivo	Množství (kg/ha, l/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ostatní	
9.3.	Hnojení před setím	LAD	150	40,5			6	4,5		
		Amofos	100	12	22,9					
		Kamex	100			33,2		3,48		
23.-28.3.	Setí	Výsevok: 1,3 VJ								
2.5.	Hnojení I.	LAD	300	81			12	9		
21.6.	Hnojení pro kroupách	Hořká sůl	5					0,5		
		Basfoliar Boro	1						B 0,15	
1.10.-4.12.	Sklizeň	Průměrný výnos Toleranza: 73,80 (84,4) t/ha			Průměrný výnos celkem: 75,39 (85,74) t/ha					
		Průměrný výnos Eliška: 76,09 (86,33) t/ha								
Celkem dodaných živin				133,5	22,9	33,2	18,0	17,5	B 0,15	
Celkem odebraných živin dle normativů				339,3	60,3	490,0	75,4	67,9		
Celková bilance za hospodářský rok				-19,2	-4,2	-138,3	-4,6	-16,4		

Zdroj: Vlastní výzkum, obsah živin v hnojivech: eagri.cz

V hnojení před setím došlo ke změně LAV na LAD, díky čemuž byl v tomto hnojivu dodán také hořčík, a proto nebyl použit Kieserit, kterým byl v předchozích letech hořčík před setím dodáván. Dále byla o polovinu snížena dávka Amofosu, a to ze stejného důvodu, jako byly v tomto roce sníženy dávky u pšenice – výnosy v roce 2017/2018 byly velmi nízké a byl předpoklad, že živiny zůstaly v půdě, dále bylo přihlíženo i k ekonomické situaci.

Hnojení v průběhu vegetace bylo opět provedeno v podobně 300 kg LAD, místo LAV, čímž se celkové množství dodaného hořčíku (17,5 kg/ha) vyrovnalo roků předcházejícím (18,5 kg/ha).

Opět byly dodány i mikroprvky, a to z důvodu již zmiňovaného poškození kroupami, aby se zlepšila regenerace poškozených listů. Dodán byl tedy hořčík ve formě hořké soli a bór v Basfoliaru Boro.

Odrůda Toleranza, která dosáhla také nižšího výnosu (84,41 t/ha), byla dle tabulky č. 21 pěstována i na horších půdách, a to jak z hlediska pohledu bodové výnosnosti dle BPEJ (45), tak z hlediska obsahu živin, kdy byl zaznamenán vyhovující obsah Mg a P a také slabě kyselé pH.

Tabulka č. 21: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy cukrovky v roce 2018/2019

Odrůda	Bodová výnosnost dle BPEJ (6-100)	Obsah živin a pH dle AZPP (mg/kg)					Průměrný výnos (t/ha)
		pH	Ca	Mg	P	K	
Toleranza	45	6,17	2390,00	158,50	51,00	296,17	84,41 (cukernatost 18,3 %)
Eliška	75,21	6,70	3217,00	154,19	137,95	193,04	86,33 (cukernatost 18,15 %)

Zdroj: Vlastní výzkum, eKatalog BPEJ, eagri.cz

### 5.5.3 Srážky

Suma srážek pro pšenici a cukrovku v tomto roce byla spíše vyšší a nevykazovala výraznější rozdíly. Pro pšenici bylo naměřeno 475 mm a pro cukrovku 455 mm.

Maximální denní úhrny byly zaznamenány pro pšenici 8. 8. (55 mm), což byla již zmiňovaná bouřka, a pro cukrovku 42 mm (12. 6.). Pro pšenici bylo v tomto roce zaznamenáno nejméně dní s deštěm (50) a nejvyšší průměrné denní srážky (9,5 mm).

U cukrovky byly průměrné denní srážky také nejvyšší (7,7 mm), ale počet dnů s deštěm byl průměrný (59).

Distribuce srážek v průběhu roku je velmi podobná roku předcházejícímu, opět se jedná o méně četné srážky s větším úhrnem. Velmi suché období lze pozorovat od začátku září do konce prosince (116 mm) a následně od 4. 2. do 29. 4., kdy bylo naměřeno pouze 20 mm srážek, které spadly ve 4 dnech (11., 13., 16. 3. a 28. 4.). Za toto období můžeme tedy pozorovat dvě velmi dlouhá období sucha, a to od 4. 2. do 10. 3. (35 dní) a od 17. 3. do 26. 4. (41 dní), takto dlouhá období bez deště nebyla za celých pět hodnocených let zaznamenána.

Květen a červen již byl srážkově nadprůměrný (65 a 95 mm).

Jak již bylo zmíněno dříve, 20. 6. a 1. 7. poškodily většinu úrody kroupy.

V tomto roce poprvé nepřišly po zasetí pšenice výraznější srážky a sucho přetrvávalo až do začátku prosince. Velmi podobně na tom byla i cukrovka, který byla seta ve velmi suchém období a první větší srážky následovaly až cca po 5 týdnech od zasetí.

Regenerační hnojení bylo provedeno opět velmi brzy uprostřed „období sucha“, to samé platí i o jeho druhé dávce a o první dávce hnojení produkčního.

Výnosy byly jak u pšenice, tak u cukrovky spíše nižší, avšak protože byly poznamenány zmiňovanými kroupami, není je možné přímo porovnávat s ostatními roky.

#### **5.5.4 Teplota**

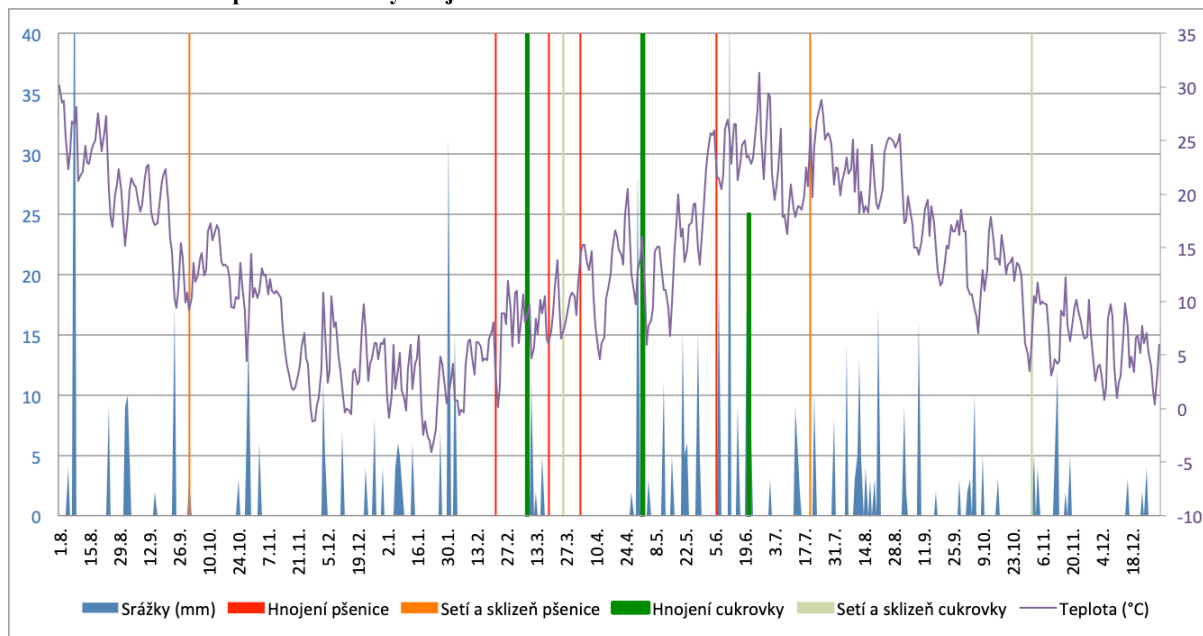
Celková naměřená průměrná denní suma teplot u pšenice byla 4665 °C a u cukrovky 4609 °C. U pšenice se jedná o nejvyšší sumu za pětileté období. Pro pšenici to je i rok s nejvyšším počtem dní s průměrnou teplotou nad 25 °C (33).

U obou plodin byla naměřena nejvyšší průměrná denní teplota 31,3 °C, která byla naměřena 26. 6. Maximální teplota byla naměřena cca o měsíc dříve než tomu bylo v minulých letech.

Minimální průměrná denní teplota -4,1 °C byla naměřena 23. 1. a jedná se pro pšenici o nejvyšší minimální teplotu ze sledovaného období (společně s rokem 2014/2015).

Významnější výkyv teplot byl zaznamenán v polovině dubna, kdy se teplota z hodnot okolo 15 °C propadla na týden o 10 °C na hodnoty okolo 5 °C, poté následoval již poměrně rychlý a stabilní růst průměrných denních teplot, který vrcholil na konci června. První polovina června vykazovala nezvykle dlouhý propad teplot z hodnot okolo 28 °C až na 15 °C, na konci července se již ale teploty opět pohybovaly nad hranicí 25 °C a poté již nevykazovaly výraznější abnormality.

Graf č. 5: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2018/2019



Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

Legenda: Kratší svislé rovnoběžně znázorňují hnojení mikroprvky, delší rovnoběžky ostatní hnojení

## 5.6 Kvalitativní parametry

Z pohledu kvality si podnik nevede detailní evidenci u hodnocených kvalitativních parametrů. U pšenice jsou tedy známy pouze průměrné hodnoty dusíkatých látek a hektolitrové hmotnosti a u cukrovky pak cukernatost.

S obsahem dusíkatých látek v zrně byl v podniku při vysokých výnosech dlouhodobě problém, protože se obsahy pohybovaly pouze na úrovni okolo 12 – 12,5 %. Problém byl částečně vyřešen rozdělením dávek hnojení na více dílčích, čímž se povedlo obsah dostat nad 13 %, respektive 14 % ve druhém hodnoceném roce.

V následujících třech letech již byly obsahy dusíkatých látek přes 14,5 %, ale také bylo v těchto letech dosaženo výrazně nižších výnosů, nejde tedy jednoznačně říci, zda byla změna hnojení tím hlavním důvodem.

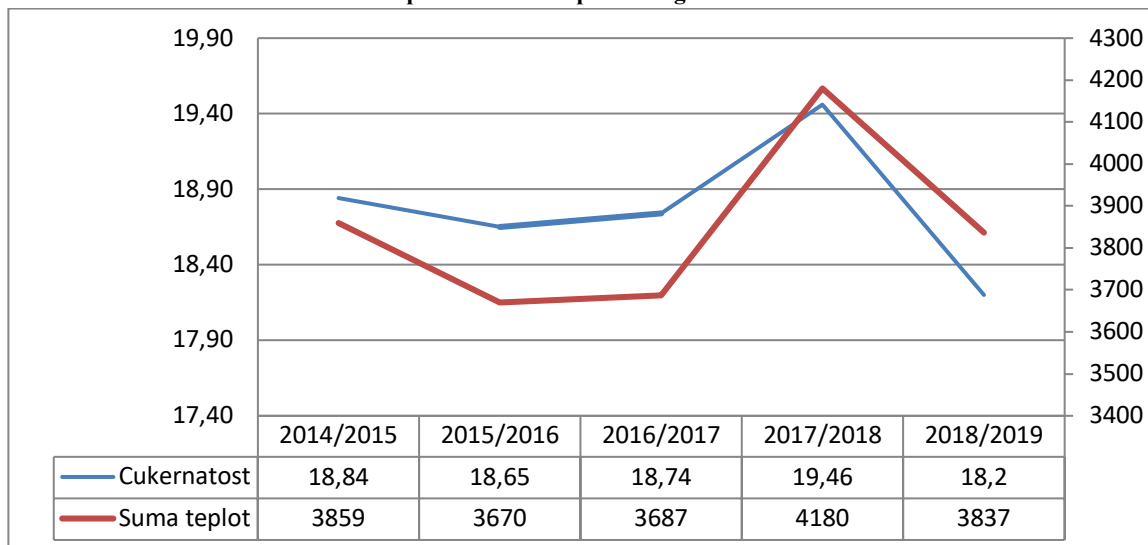
Hektolitrová hmotnost představovala problém zejména ve druhém hodnoceném roce, kdy se hodnoty pohybovaly okolo 750 g. A ještě výraznější propad byl naměřen v roce 2017/2018, kdy byla většina produkce prodána jako krmná pšenice s hektolitrovou hmotností do 720 g.

U cukrovky má podnik k dispozici hodnoty pro cukernatost, která ani v jednom roce neklesla pod hodnotu 18 %. Pokud se hodnoty cukernatosti vynesou do grafu (č. 6) spolu s roční sumou průměrných teplot, tak lze pozorovat částečnou závislost cukernatosti na této sumě.

Výraznější pokles cukernatosti než pokles sumy teplot je zaznamenán v poslední roce 2018/2019. Zde je ale opět potřeba zmínit kroupy, které mohly tento vztah narušit.

Nejvyšší cukernatosti bylo dosaženo v roce 2017/2018, čímž se částečně kompenzovaly i horší výnosy.

Graf č. 6: Porovnání cukernatosti spolu se sumou teplot za vegetační období



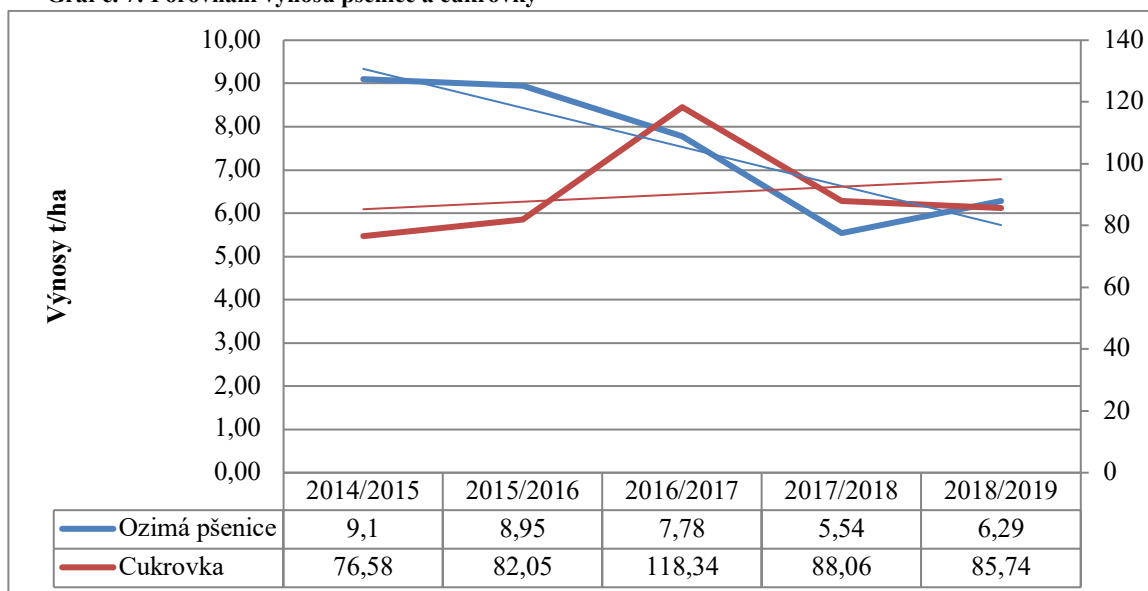
Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

## 5.7 Porovnání výnosů cukrovky a pšenice

Z grafu č. 7 porovnávajícího výnosy ozimé pšenice a cukrovky v hodnocených letech není patrný žádný společný trend. Zatímco výnosy pšenice vykazují klesající tendenci a nejlepších výsledků dosáhly v prvním sledovaném roce, tak u cukrovky platí pravý opak – tendence je spíše rostoucí a v prvním roce bylo dosaženo výnosů nejhorších.

Vzhledem k tomu, že způsoby hnojení se v hodnocených letech výrazně neměnily, tyto rozdíly budou pravděpodobně způsobeny vlivem počasí, čemuž se bude věnovat následující část práce.

Graf č. 7: Porovnání výnosů pšenice a cukrovky



Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

## 5.8 Statistické vyhodnocení

Výsledný regresní model pro pšenici ani cukrovku kvůli eliminaci multikolinearity neobsahuje dodaný K a P.

Regresní model pro pšenici vysvětluje variabilitu výnosů z 83,7 % a pro cukrovku z 69,8 %.

### **Pšenice:**

$$R = 0,915,$$

$$R^2 = 0,837$$

$$y = 91,40 + 0,032 * x_{srážky} - 0,013 * x_{sumateplot} - 0,175 * x_{dodanýN}$$

### **Cukrovka:**

$$R = 0,836,$$

$$R^2 = 0,698$$

$$y = -120,73 + 0,21 * x_{srážky} + 0,023 * x_{sumateplot} + 0,038 * x_{dodanýN}$$

Ani jedna z vysvětlujících proměnných není statisticky významná (p-hodnoty větší než 0,05).

Z provedené regresní analýzy (Příloha č. 1 a 2), vzhledem k omezenému časovému období, není patrná statisticky významná závislost zvolených proměnných na výsledných výnosech.

## 5.9 Shrnutí

V následující tabulce č. 22 jsou vypsány všechny již zmiňované hodnoty a zvýrazněna maxima a minima daného ukazatele v hodnoceném pětiletém období.

Z tabulky č. 22 je zřejmé, že pouhé celkové sumy a extrémy nestačí k detailnějšímu hodnocení průběhu počasí v roce a nelze z nich usuzovat žádné přímé vlivy na výnosy plodin.

Důležitější než tyto souhrnné informace se tedy zdají jednotlivá data v průběhu roku, která byla popsána v předchozích kapitolách.

Určitý trend lze pozorovat v distribuci srážek, kterých je stále méně a méně a jsou reprezentovány velmi často přívalovými dešti. Zejména u pšenice je tento trend potvrzen zcela, kdy v roce 2014/2015 byla průměrná hodnota výše srážek v dni s deštěm 6,3 mm, kdežto v roce 2018/2019 to bylo již 9,5 mm/den, jedná se tedy nárůst 50 %. Celkový úhrn ročních srážek v hospodářském roce se ale změnil jen o 20 %.

Tabulka č. 22: Shrnutí hodnot počasí a výnosů cukrovky a pšenice

	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
<b>PŠENICE</b>					
<b>Srážky</b>					
Celkové srážky za hospodářský rok dané plodiny (mm)	398	436	479	409	475
Maximální denní srážky (mm)	32	27	36	34	55
Počet srážkových dnů	63	67	71	58	50
Průměrná denní srážka (mm)	6,3	6,5	6,7	7,1	9,5
<b>Teplota</b>					
Roční suma průměrných denních teplot (°C)	4443	4581	4257	4543	4665
<b>Výnosy</b>					
Výnosy (t/ha)	9,1	8,95	7,78	5,54	6,29
<b>CUKROVKA</b>					
<b>Srážky</b>					
Celkové srážky za hospodářský rok dané plodiny (mm)	380	419	549	357	455
Maximální denní srážky (mm)	32	36	34	55	42
Počet srážkových dnů	58	68	76	48	59
Průměrná srážka (mm)	6,6	6,2	7,2	7,4	7,7
<b>Teplota</b>					
Roční suma průměrných denních teplot (°C)	4596	4302	4315	4699	4609
<b>Výnosy (přepočtené na 16% cukernatost)</b>					
Výnosy (t/ha)	76,58	82,05	118,34	88,06	85,74

Zdroj: Vlastní výzkum, Český hydrometeorologický ústav

## 6 Diskuze

### 6.1 Hospodářský rok 2014/2015

Ročník 2014/2015 byl z hlediska výnosů velmi rozporuplný. Zatímco výnosy pšenice byly v hodnoceném období nejvyšší, tak výnosy cukrovky byly naopak nejnižší. Suma teplot ani celkové srážky (které byly u pšenice nejnižší) tento rozpor nevysvětlují.

Pšenice byla zasetá včas, a to po období vydatných dešťů, půda byla tedy vlhká a spolu s relativně vysokou teplotou se jednalo o ideální podmínky pro její klíčení a následné odnožování. Dle Špaldona (1986) jsou ideální teploty pro odnožování pšenice mezi 10 a 14 °C, což bylo v daném roce splněno, s výjimkou jednoho týdne na přelomu roku, po celou zimu, lze tedy předpokládat, že nedošlo k odumírání odnoží v průběhu přezimování a naopak měla pšenice možnost růst víceméně přes celou zimu.

Problémy s výraznějším suchem byly zaznamenány až od konce ledna do začátku března, kdy bylo také provedeno regenerační hnojení ve formě 300 kg Yarasulfanu. Termín aplikace regenerační dávky hnojiva byl zvolen ihned poté, co teploty vystoupily stabilně nad bod mrazu, což doporučují i Roberts et Slaton (2014). Vzhledem k suchu je zde tedy pravděpodobné, že dávka zůstala až do prvních dešťů nedostatečně rozpuštěná na povrchu půdy a nemohla být pšenici kvalitně zcela využita. Vzhledem k teplotám v průběhu března nelze počítat ani s výraznou mineralizací (Černý et al. 2011). Jak ale uvádí Vaněk et al. (2016), v této době ještě nedochází k tak intenzivnímu růstu a potřeba dusíku ještě není tak výrazná jako v pozdějších fázích. Pozvolnější rozpouštění mohlo naopak působit pozitivně na tvorbu kořenového systému, který může být při nadměrných regeneračních dávkách dusíku slabší, jak uvádí Manzoni et Porporato (2009). První deště, které byly schopné dodat dusík dostat do půdního profilu, přišly až po produkčním hnojení na konci března. V tomto období zaschly slabší odnože, které pro svůj vývoj neměly dostatek vláhy, což odpovídá i výzkumu Ahmada et al. (2006). Od konce března již byl průběh počasí pro pšenici víceméně ideální a žádná deprivace, ať vzhledem k nedostatku živin či vláhy, nebyla pozorována. Pouze termín kvalitativního hnojení se zdá poměrně časný a jeho posunutí až na konec května či začátek června by pravděpodobně mělo lepší efekt pro obsah dusíkatých látek v zrně, se kterým byl v tomto roce problém. Tuto hypotézu potvrzují i Růžek et al. (2011), jež tvrdí, že pozdější aplikací se ovlivňuje spíše obsah dusíku v zrně, než samotná HTS. Na druhou stranu by tedy tato pozdější aplikace vedla ke snížení výnosu, a tím horšímu ekonomickému výsledku, protože i přes nižší obsahy dusíkatých látek byla stále pšenice akceptována jako potravinářská a obsah látek v zrně se neprojevil na finální prodejní ceně.

Z tabulky č. 6 je zřejmé, že rozdíly ve výnosech v daném roce odpovídají rozdílům v kvalitě půd, a dá se tedy předpokládat, že rozdílné výnosy jsou způsobeny především tímto faktorem. Ačkoliv z pohledu živin byly nejnižší obsahy naměřeny u odrůdy Sailor, nejedná se o výrazné nedostatky, které by měly mít na výnosy zásadní vliv, a obsah v půdě je dle Vaňka a kol. (2016) pro střední půdy stále dostačující. Nicméně z bilance živin je patrné, že její hodnoty jsou v případě Mg a P záporné, a do dalších let by tedy bylo vhodné se na hnojení těmito prvky více zaměřit.



Cukrovka byla zaseta v ideálním čase před příchodem větších jarních dešťů na konci března, který byl doprovázen ještě poklesem teplot, nehrozil tedy nadměrný výpar a naopak se jednalo o ideální podmínky pro správné vyklíčení semen, jak potvrzuje i Špaldon (1986). Také hnojení v průběhu vegetace v podobě 150 kg LAV bylo dodáno po deštích na vlhkou půdu a za 14 dní po aplikaci následovaly srážky další. Využití a rozpouštění do půdy bylo tedy velmi dobré. Časné hnojení během vegetace, kdy se cukrovka nachází zhruba ve fázi 4 listů, ve formě LAV, doporučuje i Jůzl (2000). U takto hnojených porostů by dusík neměl snižovat jak hmotnost, tak ani cukernatost u bulev.

Podle Pulkrábka et al. (2007) je velmi důležité i základní hnojení, které zde provedeno bylo. Pulkrábek et al. (2007) dokonce tvrdí, že je toto hnojení často opomíjeno, a jednoznačně konstatují, že to následně ústí k nižším výnosům. Naproti tomu Hřivna et al. (2014) doporučují hnojení fosforem již na podzim a jarní hnojení před setím je dle něj vhodné pouze „pod patu“, protože jinak dochází k nadměrnému utužování půdy. Vzhledem k tomu, že byl před setím aplikován již zmíněný dusík, u kterého by hnojení již na podzim bylo neúčelné, tak v tomto případě k utužování dalším přejezdem nedochází a sloučení hnojení do jedné aplikace se zdá účelné a správné. Freckelton et al. (1999) pak ještě doporučují volit dávky v závislosti na průběhu počasí, což lze ale dopředu velmi těžko předpovědět, a je tedy nutné vycházet spíše z dlouhodobějších znalostí klima v dané lokalitě.

Od začátku července až do konce září, kdy je příjem živin u cukrovky velmi vysoký, již bylo ale zaznamenáno pouze velmi málo srážek. Jedinou výjimku tvořily přívalové deště v polovině srpna. Tyto deště, kdy bylo dodáno velké množství srážek v jeden okamžik (60 mm za 3 dny), už nemohly vyrovnat vláhový deficit z minulých týdnů, zejména proto, že se jednalo o ojedinělý jev, který byl následován opět obdobím sucha a také výrazným poklesem teplot.

Z živin, které cukrovka dle Vaňka et al. (2016) vyžaduje, byl dodán hořčík a bór, které působí obecně na tvorbu výnosu.

Z porovnání odrůd a jejich výnosů dle tabulky č. 8 dle BPEJ se dá usuzovat, že rozdíl ve výnosech je pravděpodobně způsobený vlivem odrůdy. Dle BPEJ byly obě odrůdy pěstované na půdách srovnatelně kvalitních, ale rozdíly ve výnosech jsou značné, ani rozdíly v obsahu živin tento rozdíl ve výnosech dostatečně nevysvětlují. Nižší výnos u odrůdy Apel není ani kompenzován vyšší cukernatostí, která byla 18,48 %, kdežto u odrůdy Panorama 19,1 %, vezmeme-li v potaz přepočtené výnosy, tak je rozdíl 30 %. Odrůda Apel byla tedy z pěstovaných odrůd vyřazena.

Rozdíly ve výnosech u dvou hodnocených plodin lze tedy hledat ve velmi suchém létu, které již nemělo na výnos pšenice vliv, ale pro cukrovku se jedná o zásadní období, kdy narůstá jak biomasa (Vaněk et al. 2016), tak dochází k čerpání živin, a k tomu je vláha nezbytně nutná.

## 6.2 Hospodářský rok 2015/2016

Ve výnosech byl tento rok velmi podobný roku předcházejícímu, byť průběh počasí a způsob hnojení se lišil.

Pšenice byla v tomto roce seta do suché půdy, ale následné deště poskytly dostatek vláhy pro klíčení. Výraznější odstup můžeme pozorovat mezi aplikací základního hnojení (23. 9.) a setím (3. – 5.10.), kde by bylo účelnější sít dříve po aplikaci hnojiva, protože by vzhledem

k používané agrotechnice došlo také dle Dordase (2012) k zapravení hnojiva do půdního profilu. V tomto případě bylo hnojivo 14 dní ponecháno na suché půdě. Při rychlejším zapravení by mohl být amonný dusík z Polidapu dříve a lépe sorbován. Naopak v tomto případě mohlo docházet ze ztrátám volatilizací, jak uvádí Černý et al. (2011).

Po dávce regeneračního hnojení opět následovaly drobné deště a na rozdíl od roku předcházejícího lze předpokládat jeho účelné využití. Termín i zvolené hnojivo (300 kg/ha Yarasulfanu) byly stejné jako v předcházejícím roce. Yarasulfan poskytuje dusík ve dvou formách (nitrátový a amonný) a dle Vaňka et al. (2016) se tedy jedná o vhodné hnojivo jak k regeneračnímu, tak třeba i základnímu hnojení. Obsahuje také síru, která u potravinářské pšenice podle Byerse et al. (1987) pozitivně působí na potravinářské vlastnosti mouky.

V tomto roce bylo využito trojitě hnojení mikroprvky, které porostu dodaly zejména bór, který byl dodán, aby zlepšil kvalitu produkce a podpořil zejména růst klasu. Vzhledem k výnosům a porovnání s rokem předchozím se tři aplikace zdají nadbytečné. Požadavky pšenice na bór nejsou vysoké a jedna aplikace pro podporu kvetení se tedy v tomto případě zdá dostatečná a jeho nadbytek naopak může, jak uvádí Hřivna et al. (2002), způsobovat až nekrózy a působit tedy negativně. Tento problém ale u pšenice pozorován nebyl.

Kvalitativní hnojení bylo již posunuto na pozdější dobu a místo DAM byla použita močovina, což je řešení vhodné i podle Massima et al. (2020), protože se dá použít menších dávek, které rostlina přijme přes listy a je zde také vyšší procento využitého dusíku než při příjmu přes kořeny.

Sklizeň probíhala za nebyvale vlhkého počasí, které ale nemělo na kvalitu produkce významnější vliv a obsah škrobu byl v porovnání s minulým rokem na vyšší úrovni. Růžek et al. (2013) ještě při této aplikaci varují před rizikem ztrát výparem při aplikaci při slunečném suchém počasí, která ale v tomto případě provedena za těchto podmínek nebyla.

I v roce 2015/2016 byly všechny odrůdy hnojeny stejným způsobem a jako nejdůležitějším důvodem rozdílu ve výnosech mezi odrůdami se opět zdá kvalita půdy a také horší obsahy živin v půdě v případě odrůdy Sailor, byť rozdíly nejsou nikterak výrazné a obsahy živin stále dostačující, viz tabulka č. 10.

Setí cukrovky proběhlo do středně vlhké půdy a nebylo, jako v minulém roce, následováno silnějšími dešti. Z hlediska vláhy se ale toto období jako problémové nezdá. Setí samotné i základní hnojení pak bylo provedeno o cca 10 dní později než v roce předcházejícím. Termín setí lze zde hodnotit už jako hraniční a jeho posunutí na konec března by bylo určitě vhodnější, to samé pak platí o hnojení. Pozdějším termínem setí se, jak již bylo zmíněno, zvyšuje rychlost klíčení, ale hrozí riziko zasychání mladých klíčnicích rostlin. Také zde dle Pulkrábka (2020) dochází ke zkracování vegetační doby, což má nepříznivý vliv na konečnou cukernatost při sklizni.

Počáteční růst cukrovky byl v letošním roce pozvolnější vzhledem k nižším teplotám po zasetí, na druhou stranu nedocházelo k tak rychlému výparu a nehrozil tedy nedostatek vláhy.

Hnojení v průběhu vegetace bylo navýšeno o dalších 150 kg LAV na hektar, tato druhá dávka byla aplikována na konci května. Z výsledků výnosů let následujících je patrné, že účelnější je hnojit jednou dávkou a spíše dříve (polovina května). Termín konce května

je již hraniční a hrozí nebezpečí přílišného růstu listů na úkor růstu bulvy. Takto pozdní termín tedy nelze doporučit. I Bittner (2012) konstatuje, že byť jsou požadavky cukrovky na dusík vysoké, tak jeho nedostatek se vyskytuje pouze výjimečně, a tuto druhou pozdní aplikaci nedoporučují Jůzl et al. (2000).

Ačkoliv léto a podzim byly srážkově vydatnější než v roce minulém, tak z hlediska teploty se jednalo pro cukrovku o podprůměrný rok, který se ve výsledku podepsal na nižších výnosech i cukernatosti. Pulkrábek et al. (2007) pak tvrdí, že cukrovka má již v červenci vytvořenou 9/10 hmotnosti chrástu od v průběhu druhé poloviny srpna až září pak dochází převážně k tvorbě kořene a cukernatosti. Pokud v tomto období není teplota a sluneční svit dostatečně intenzivní, dochází k výrazným poklesům finální produkce, což můžeme pozorovat i v případě hodnoceného podniku.

Rozdílné výnosy plodin lze připisovat na vrub zejména dělené dávce přihnojení cukrovky během vegetace, která podpořila růst listů na úkor růstu bulev, a také chladnějším létu.

### **6.3 Hospodářský rok 2016/2017**

Výnosy rekordní rok pro cukrovku byl ve znamení vysokých celkových úhrnů srážek a také tuhé zimy.

Hnojení a setí pšenice proběhlo standardně do vlhké půdy a bylo následováno dalšími dešti, avšak průběh teplot již ke klíčení semen příznivý nebyl a teploty se dostaly pod bod mrazu již na začátku listopadu a tam setrvaly s přestávkami až do začátku února. Během tohoto období tedy nelze předpokládat, že by pšenice mohla odnožovat či že by docházelo k růstu kořenové hmoty, jako tomu bylo v letech předchozích. Pro počáteční růst a odnožování měly tedy rostliny pouze měsíc a dá se předpokládat, že k výraznějšímu odnožení a prokořenění nedošlo. Jak uvádí Petr (2001), při včasném setí a pozdějším nástupu zimy má pšenice delší čas pro využití světelného záření pro fotosyntézu a následnou tvorbu hospodářského výnosu. Naproti tomu uvádí ale i negativa, jakými jsou i nadměrný růst plevelů a také vyšší riziko napadení chorobami, které s sebou přináší vyšší náklady na následnou ochranu rostlin. Petr (2001) zároveň tvrdí, že pro kvalitní tvorbu výnosu a správné přezimování potřebuje pšenice od zasetí 50 – 60 vegetačních dnů, kdy teplota trvale neklesne pod 5 °C. Ve zkoumaném roce se teploty nad 5 °C pohybovaly pouze 40 dní od zasetí a rostliny neměly vytvořenou dostatečnou biomasu pro správné přezimování. Při hodnocení situace v podniku je také třeba se zaměřit na srážky v zimě, které byly opět velmi nízké, a v přihlídnutím k nízkému kořenovému aparátu se zcela jistě jednalo o další faktor, který způsobil pokles výnosů.

Regenerační hnojení bylo provedeno o dva týdny později, než je běžné (kvůli nízkým teplotám) a bylo rozděleno do dvou dávek (druhá dávka je na pomezí mezi regeneračním a produkčním hnojením). První dávka byla realizována prostřednictvím 200 kg hnojiva DASA, kterým bylo dodáno 52 kg dusíku a 26 kg síry, a druhá dávka ve formě 150 kg LAV, čímž bylo dodáno dalších 40 kg dusíku. Protože tyto dvě aplikace probíhaly v rozmezí pouze 1 týdne, zdá se to být neúčelné a množství dodaného dusíku v krátkém čase příliš vysoké, byť je dodáván ve správných formách. Tuto hypotézu potvrzuje i Vostal (1995), který jako maximální jednorázovou dávku uvádí 60 kg dusíku na hektar a vyšší dávky jsou dle něj pro pšenici škodlivé a mohou zvyšovat riziko náchylnosti k jarním mrazům, které tedy v hodnoceném roce zaznamenány nebyly a zmrznutí se neprojevílo.

Jako účelnější se tedy jeví jedna vyšší regenerační dávka dusíku ve formě sulfanu (cca 300 kg/ha), kterou je dodáno okolo 70 kg dusíku a 18 kg síry na hektar a vzhledem k obsahu vápníku pak nedochází k takovému okyselujícímu efektu jako v případě hnojiva DASA.

To samé platí o hnojení DAM (1.5.), které bylo hned 4. 5. následováno hnojením močovinou. Byť byla močovina dodávána spolu s morforegulátory a pesticidy, tak se tato dávka zdá jako zbytečná. Jako účelná se aplikace močoviny dá hodnotit až za začátku června, kde je její využití při listovém příjmu vysoké a působí, jak již bylo zmíněno, dle Růžka et al. (2011) na zvýšení obsahu dusíkatých látek ve sklizeném zru.

Mikroprvky byly dodány už pouze jednou 11. 4., což je postup správný i vzhledem k termínu dodání (začátek sloupkování), aby se podpořila tvorba klásků (Vergara-Diaz et al. 2020).

Rozdílly ve výnosech jednotlivých odrůd v tomto roce nebyly tak výrazné jako v letech předcházejících. Opět se dají přičítat rozdílné úrodnosti jednotlivých honů. Protože byla ale odrůda Patras pěstována pouze na jednom honu, nelze jednoznačně usoudit, zda je nízký výnos způsoben pouze daným honem, či i odrůdou samotnou. Na pozemcích, kde byla pěstována odrůda Patras lze pozorovat i slabě kyselou půdní reakci a velmi vysoký obsah P, který by ale dle Vaňka et al. (2016) neměl působit na rostliny negativně, protože je velmi dobře sorbován v půdě. Nižší obsahy Mg a K jsou pak opět stále vyhovující a nedá se tedy předpokládat, že by rostliny trpěly nedostatkem těchto prvků. Hodnota naměřeného pH 6,2 odpovídá již slabě kyselým půdám, ale dle Zimolky et al (2005) se stále jedná o hodnotu pro pšenici vhodnou.

I v tomto roce se zdá jako nejlepší odrůda Fakir (tabulka č. 13), která již potřetí za sebou dosáhla nejvyšších výnosů, a to i přesto, že v aktuálním roce dle BPEJ nebyla pěstována na nejlepších půdách.

U cukrovky se jednalo o rok bezmála ideální, a to se potvrdilo i na výnosech. Po předseťovém hnojení i setí následovaly dešťové srážky, které vytvořily dobré podmínky jak pro rozpuštění živin, tak pro klíčení osiva. Teploty pak stouply stabilně a celé jaro bylo dostatečně zásobované srážkami, nedocházelo tedy k žádné vláhové depřivaci.

Přihnojení během vegetace bylo provedeno včas 11. 5. a v jedné dávce 300 kg LAV, a bylo tedy dodrženo již dříve konstatované doporučení Jůzla et al. (2000). I po této aplikaci následovaly srážky a využitelnost a zapravení do půdního profilu tedy byly dobré. I léto lze hodnotit jako spíše vlhké bez delších období sucha a také bez výraznějších přívalových dešťů, tento trend víceméně pokračoval až do sklizně. Nástup zimy byl velmi pozvolný a teploty se držely až do sklizně okolo 7 °C, cukrovka tedy mohla až do poslední chvíle ukládat asimiláty do bulv a zvyšovat tím výnos. Dle Pulkrábka et al. (2007) totiž dochází k ukládání asimilátů cca do poloviny října a delší setrvání na pozemku již nemá na výnos výraznější pozitivní vliv. Naopak může působit negativně vzhledem k horší sklizni při nižších teplotách a také zkrácení času pro přípravu pro následnou plodinu.

Největší vliv na výnos pšenice měla tedy rychlá a dlouhá zima, která ovlivnila počáteční růst. Na jaře byly aplikovány až zbytečně vysoké dávky dusíkatých hnojiv, které pravděpodobně nepoškodily porost přímo, ale z hlediska ekonomického se zdají neúčelné. Naproti tomu počasí přálo cukrovce, dostatek srážek, včasné hnojení během vegetace a pozvolný nástup zimy znamenal ideální podmínky pro vysoké výnosy.

## 6.4 Hospodářský rok 2017/2018

Tento hospodářský rok je ve výnosech obou plodin opět velmi rozdílný, zatímco u pšenice bylo dosaženo výnosů nejnižších, tak u cukrovky druhých nejvyšších v hodnoceném pětiletém období.

Pšenice byla zasetá opět včas a následovaly dešťové srážky, které umožnily rozpuštění dodaného základního hnojení a jeho využití rostlinou. Nástup zimy byl pozvolný a do té doby měla pšenice dostatek času pro prvotní vývoj a využití dodaných živin a také pro odnožování. Na rozdíl od roku předcházejícího zde byl zaznamenán stálý pokles teplot pod 5 °C až na konci listopadu, a dle Petra (2001) měla tedy pšenice dostatek času pro tvorbu řádného kořenového systému.

V průběhu zimy pšenice stále rostla a zásadnější problém pro ni znamenaly až náhlé mrazy na konci února, které způsobily částečné odumření odnoží, protože přišly už relativně pozdě vzhledem k fyziologickému vývoji pšenice a nebyly doprovázeny sněhovou pokrývkou. Ačkoliv Prášilová (2002) tvrdí, že pšenice snese mráz blížící se -20 °C, v hodnoceném podniku způsobily škody i mrazy okolo -10 °C. S největší pravděpodobností tedy došlo k poškození porostů z toho důvodu, že mrazy přišly velmi náhle.

Regenerační hnojení bylo aplikováno správně, jakmile to dovolily vláhové a teplotní podmínky (Vaněk et al. 2016), nicméně následovaly již zmiňované mrazy beze srážek a aplikovaná dávka Hydrosulfanu zůstala pouze na povrchu půdy a nedostala se do spodních vrstev. I přes včasnou aplikaci nemohly tedy rostliny tuto regenerační dávku dusíku včas využít.

K uvolnění dusíku došlo až po výrazném oteplení na začátku března, kdy teploty vystoupaly k 12 °C a byly také zaznamenány srážky, v tomto období tedy pšenice začala i intenzivně růst a využívat dodaný dusík. V tomto období byla aplikována druhá regenerační dávka hnojiva ve formě 150 kg LAV. Volba LAV odpovídá doporučení Růžka et al. (2020), který ledkovou formu dusíku doporučuje pro porosty poškozené mrazem, protože dodaná forma dusíku působí na porosty rychleji než třeba v případě močoviny.

Vzhledem k poškození porostů mrazem a suchem se dvojitá aplikace DAM již nezdá jako účelné řešení. Na konci dubna již je možné odhadnout relativně přesně výnosy na základě počtu odnoží a vytvořených klasů, a vycházíme-li z normativů, které uvádí Vaněk et al. (2016), tak již v tu dobu bylo zřejmé, že druhá produkční dávka je nadbytečná a nepřinese požadovaný efekt.

Rozporuplná je i aplikace močoviny na začátku června, která dle Růžka et al. (2011) působí pozitivně na zvýšení dusíkatých látek v zrně. Je zde ale sporný termín aplikace, vzhledem k nedostatku vláhy doporučují Černý et al. (2020) provést aplikaci před kvetením, protože se tím u dostatečně vlhkých porostů prodlouží translokace látek z vegetativních orgánů do generativních.

Sklizeň proběhla už na začátku července, protože porosty byly velmi postižené suchem v předchozích měsících. Dusíkaté látky v zrně dosáhly opravdu dostatečných hodnot (dle rozborů okolo 14,5 %), aby byla pšenice akceptována jako potravinářská.

Byť bylo tedy dodáno celkově 228 kg dusíku na hektar, tak o jeho efektivním využití lze s úspěchem pochybovat (při použití normativů dle Vaňka et al. (2016), byla využita pouze polovina dodaného množství, viz tabulka č. 15) a způsob hnojení měl být již v průběhu

vegetace podmínkám počasí přizpůsoben, což uvádí i Basso et al. (2013). Ali et al. (2012) dokonce tvrdí, že nadbytečné dávky dusíku působí negativně pro tvorbu kořenů a zejména v suchém počasí vedou ve výsledku k nižší schopnosti pšenice si osvojit živiny z půdy, a tedy k nižším výnosům.

Tento ročník byl první, kde odrůda Fakir nedosáhla nejvyšších výnosů, přestože dle BPEJ (tabulka č. 16) byla opět pěstována na nejlepších půdách. Svou roli zde zcela jistě sehrály nižší obsahy živin, zejména u P se jedná o hodnotu blízkou hranici, kdy by obsah byl hodnocený jako nízký (50 mg/kg). Protože nedostatek fosforu je pozorován častěji než nedostatek ostatních prvků a také dodané množství se dle jednotlivých ročních bilancí zdá jako nedostatečné, bylo by vhodné se na tuto živinu zaměřit a dodávané množství navýšit.

Cukrovka byla zaseta na přelomu prvního a druhého týdne v dubnu, jednalo se tedy spíše o pozdější termín setí a dle Pulkrábka et al. (2007) se již tímto posunutým termínem snížila doba pro asimilaci zásobních látek do kořene, což byl jeden z faktorů, který ovlivnil finální výnos. Hnojení během a před vegetací pak splňovalo doporučení Jůzla et al. (2000) i Pulkrábka et al. (2007).

Na rozdíl od pšenice na cukrovku neměly vliv výrazné výkyvy teplot v únoru a březnu, protože byla zaseta až po nich. Dále pak byla schopna efektivně využít i srážky v polovině června a to samé platí o přívalových srážkách v srpnu, byť nemohla být samozřejmě využita veškerá dodaná vlaha. Vezmeme-li v potaz infiltrační kapacitu půdy dle VÚMOP (2013), který uvádí infiltrační kapacitu 0,1 – 0,15 mm/min, tak je zřejmé, že zaznamenané srážky 55 mm během jedné hodiny mohly být v půdě zachyceny pouze z cca 1/5 a zbytek odtekl a nebyl efektivně využit a infiltrován. Nedostatek srážek, který výnos zcela jistě ovlivnil, byl pak zaznamenán v září. Protože se ale v září teploty pohybovaly stále nad 15 °C, tak se v tomto období, jak uvádí i Šroller et Pulkrábek (2001), u cukrovky zvyšovala cukernatost a pokles ve výnosu samotném byl tímto kompenzován, což je vidět z průměrné cukernatosti z této sklizně (19,46 %), která byla za zkoumané pětileté období jednoznačně nejvyšší (graf č. 6).

Sklizeň pak probíhala opět za suchého počasí, které se ale již výrazně na výnosech nepodepsalo a nebylo zaznamenáno výrazné poškození bulev při vyorávání. Posunutí termínu sklizně až na konec září dle Pulkrábka et al. (2007) již nemělo na výsledný výnos zásadní vliv, protože asimilace živin probíhá u cukrovky cca do půlky října a poté ustává.

Rozdíl ve výnosech u obou hodnocených plodin byl tedy způsoben zejména nedostatkem jarních srážek a výkyvy teplot na konci zimy. Zatímco cukrovka tím byla ovlivněna jen minimálně, protože pro počáteční růst tolik vlhkosti nepotřebuje a dostatečná vlaha pro je pro tvorbu bulvy potřebná zejména ve druhé polovině vegetace a nedostatek srážek je částečně vykompenzován nárůstem cukernatosti, tak pšenice suchem utrpěla výrazně.

## 6.5 Hospodářský rok 2018/2019

Poslední hodnocený rok byl, jak již bylo zmíněno, ovlivněn také letními kroupami.

Na rozdíl od předchozích let nebylo pro pšenici zvoleno žádné základní hnojení před setím. Vzhledem k výnosům v minulém roce bylo toto rozhodnutí zvoleno jak z agronomického, tak z ekonomického hlediska správně. Většina dodaných živin z let minulých totiž nebyla předplodinou vyčerpána a další hnojení by mělo jen malý smysl.

Tuto úvahu potvrzují i Vaněk et al. (2007), kteří hodnotí celkově hnojení dusíkem před setím jako neefektivní a ztrátové.

Setí probíhalo do suché půdy ve standardním termínu na začátku října. Sucho následně pokračovalo do konce ledna, kdy přišly první větší srážky (31 mm 31. 1.). V případě suchého podzimu doporučuje Zimolka (2005) v případě nedostatku dusíku přihnojit ještě na začátku vegetace. Tento nedostatek však zjištěn nebyl a hnojení na podzim provedeno nebylo žádné.

V roce se teploty stabilně dostaly pod hranici 5 °C, kterou Huang et al. (1991) uvádí jako limitní pro tvorbu kořenového systému, již v polovině listopadu, tím lze vysvětlit pouze slabý kořenový systém a málo odnoží, které do té doby stihly rostliny vytvořit.

První regenerační hnojení bylo provedeno 14 dní po prvních výraznějších srážkách v roce 2019 v podobě Yarasulfanu, což je dle autorů (například Vaněk et al. 2016) vhodná varianta pro regenerační hnojení. Dodání síry bylo opět snahou o zlepšení pekařské kvality těsta. Byť Byers et al. (1987) zmiňuje i nebezpečí při přehnojení sírou, tak porovnáním s normativy (Vaněk et al. 2016) se zdá zvolená dávka jako „bezpečná“.

Zvolená forma další dávky dusíku ve formě LAD je vhodná s přihlédnutím k suchému chladnému počasí a doporučují ji i Černý et al. (2011), protože zde ještě není možné počítat s dostatečnou mineralizací a je nutné dodávat dusík v rychle přístupných formách pro rostliny.

Rozdíl proti předchozímu období přišel až v květnu, který byl již výrazně vlhčí a chladnější než v roce předchozím. Dle Černého et al. (2020) se v květnu rozhoduje o počtu zrn v klasu a pokud má pšenice dostatek dusíku, tak se chladnějším a vlhčím počasím prodlužuje fenologická doba pro tvorbu zrn v klasech. Nízký počet odnoží se však již pochopitelně ovlivnit nedal.

Místo močoviny z předchozích let byla poslední dávka v roce 2019 dodána v podobě DAM, protože byl použit i morforegulátor, tak bylo tímto zásahem síleno na zvýšení HTS. I podle Černého et al. (2020) je toto řešení vhodné, protože následovalo po vlhkém květnu a nepředpokládala se časná sklizeň vzhledem k předčasnému dozrávání.

Kroupy v polovině června a na začátku července ale výnosy ovlivnily výrazně a nestejně. Zatímco na některých honech byla škoda okolo 80 %, jinde to bylo pouze okolo 20 %. První kroupy poničily již vytvořená zrna a došlo k jejich následnému zaschnutí, a tedy nižší HTS a pšenice nebyla vhodná pro potravinářské použití. Kroupy na začátku července pak skoro zralá zrna z klasů již přímo vytloukly.

Jak již bylo dříve uvedeno, výnosy byly výrazně ovlivněny kroupami. Z pohledu BPEJ (tabulka č. 19) se zdá, že jsou odrůdy pěstované na shodných pozemcích a jako nejvýkonnější odrůda se v tomto roce jeví Genius.

Cukrovka byla seta opět na konci března, ale hnojena už 9. 3. Jak uvádí Jůzl et al. (2000), tak takto brzký termín hnojení a jeho odstup od setí (pokud není hnojivo zapraveno do půdy) je neefektivní a termín by měl být posunut blíže k termínu setí. Oproti minulým letům byl místo hnojiva LAV zvolen LAD, kterým bylo dodáno i 4,5 kg hořčíku na hektar, čímž se alespoň částečně vyrovnala předset'ová dávka hořčíku, která je běžně dodávána hnojivem Kieserit, který aplikován nebyl. Kvůli absenci Kieseritu nebyla do půdy dodána ani síra. Dle Hřivny et al. (2014) nezpůsobuje absence hnojení sírou výraznější problémy a byť již běžně není potřeba saturována kyselými spady, je nedostatek síry u cukrovky pozorován

jen výjimečně. Nicméně i přesto Hřivna et al. (2014) zdůrazňují, že hnojením sírou se podpoří tvorba listového aparátu, a tedy lepší průběh fotosyntézy a následný vyšší výnos.

Výrazným problémem pro cukrovku tedy nebyl nedostatek síry, ale nedostatek vláhy po zasetí. Klíčení probíhalo velmi nerovnoměrně a pomalu. Klíčení samotné a růst klíčících rostlin pak probíhal zejména díky ranní rose. Termín setí je i dle Pulkrábka et al. (2007) správný.

Významnější růst začal až na začátku května, tedy po přihnojení během vegetace, které bylo provedeno opět ve formě 300 kg/ha LAD, a tím se také vyrovnala celková dávka dodaného hořčíku (v porovnání s minulými roky).

Neprodleně po kroupách, kdy bylo poškozeno i 80 % listové plochy, byl pro rychlejší regeneraci aplikován bór a hořká sůl. Chochola (2010) tuto aplikaci na list zdůvodňuje tím, že po kroupách je poškozena velká část listové plochy a je nutné rychlé dodání živin pro její regeneraci. Bez této aplikace na list by pravděpodobně škody na výnosech byly vyšší a regenerace po poškození proběhla hůře.

Díky vlhkému létu pak měla cukrovka dostatek vláhy k tvorbě bulev, a tedy výnosu. Kroupy měly ve výsledku tedy vliv zejména na cukernatost. Ačkoliv bylo léto teplé, cukernatost byla nižší díky opožděnému vývoji a spotřebování části živin a energie na obnovu porostu a zejména díky menší listové ploše. Jak tvrdí Pulkrábek et al. (2007), většina asimilátů se do chrástu ukládá cca do konce června a poté již následuje ukládání ve prospěch sacharózy do kořenů. V hodnoceném podniku se ale na konci června musela regenerovat poškozená listová plocha, a tím se zkrátila doba potřebná pro ukládání asimilátů do kořenů.

Při porovnání obou odrůd dle výnosnosti podle BPEJ (tabulka č. 21) se zdá, že odrůda Toleranza byla pěstována na výrazně horších půdách, avšak rozdíl ve výnosech v porovnání s Eliškou nebyl nijak výrazný. I zde ale byly porosty poškozené kroupami a není tedy možné výsledky hodnotit bez přihlídnutí k této skutečnosti.

Zcela jistě zde ve hrálo roli rozdílné pH, hodnota 6,17 je pro cukrovku již výrazně pod hodnotami, které doporučuje Pulkrábek et al. (200) a to 6,8 – 7,3. Také je i zde je pozorován (výrazný) nedostatek fosforu, který v podniku obecně, dle provedených analýz, představuje živinu, na kterou je nutné se v budoucnosti nejvíce zaměřit, aby se obsah v půdách i dále nesnižoval.

Poslední hodnocený rok se předchozím vymyká, a to zejména několikrát zmiňovanými kroupami, kvůli kterým není možné výnosy porovnávat s roky minulými, protože jsou velmi zkreslené. Pokud budeme hodnotit jen výnosy pšenice a cukrovky, tak základní rozdíl je patrný zejména v termínu krup a fyziologické „vyspělosti“ rostlin. Zatímco cukrovka byla na počátku vývoje a měla ještě relativně dostatek času pro obnovu listové plochy a následně vytvoření bulvy, pšenice již tuto možnost neměla a výnos byl poznamenán výrazně více.



## 7 Závěr

V diplomové práci byl zhodnocen vliv hnojení a počasí na výnosy ozimé pšenice a cukrové řepy. Byl popsán vliv počasí na asimilaci živin a následné výnosy a porovnány rozdíly mezi cukrovkou a pšenicí. Na základě prostudované literatury byla udělena doporučení týkající se agrotechnických termínů, a to jak hnojení, tak setí (zejména u cukrovky), tak doporučení týkající se dávek dodaných živin.

Hodnocení bylo provedeno na pozemcích obhospodařovaných společností Farmes, spol. s r. o. v Praze – východ v pěti po sobě jdoucích letech (2014 – 2019).

Z provedených analýz lze vyvodit následující závěry:

- Výnosy v podniku jsou nadprůměrné v porovnání s ostatními podniky v daném regionu.
- Zásadní vliv na výnosy ozimé pšenice má nedostatek srážek na jaře.
- Na výnosech cukrovky se nedostatečné jarní srážky neprojevíly.
- Setí cukrovky je nutné posunout na co nejčasnější termíny.
- Fosfor je nejvíce nedostatkovou živinou na hodnocených pozemcích.

### Hypotézy

- 1) Hypotéza o menším poklesu výnosů u cukrovky byla potvrzena, stejně jako vliv letních a podzimních srážek.
- 2) Hypotéza o větším vlivu počasí na výnosy byla potvrzena. Systém hnojení se v podniku v průběhu let neměnil nijak výrazně, ale rozdíly ve výnosech tomu neodpovídají.

## 8 Seznam použité literatury

- Aigner H, Saalbach E, Burghardt H. 1971. Über die Stickstoffanlieferung aus dem umhüllten Mehrnähstoffdünger vitamin, 1st. Landw. Forsch., Sonderh.
- Ali A, Ahmad A, Khaliq T, Ahmad S, Ullah A, Rasul F. 2012. How wheat responses to nitrogen in the field: A review. *Crop and Environment* **3**:71-76.
- Alpha JM, Chen J, Zhang G. 2009. Effect of Nitrogen Fertilizer Forms on Growth, Photosynthesis, and Yield of Rice Under Cadmium Stress. *Journal of Plant Nutrition* **32**:306-317. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160802608635>.
- Altenbach SB, DuPont FM, Kothari KM, Chan R, Johnson EL, Lieu D. 2003. Temperature, Water and Fertilizer Influence the Timing of Key Events During Grain Development in a US Spring Wheat. *Journal of Cereal Science* **37**:9-20. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521002904832>.
- Altieri MA, Rosset PM. 1995. *Agroecology: The Science Of Sustainable Agriculture*, 2nd. Cambridge University Press, Cambridge.
- Arshad MA, Gill KS. 1997. Canola root rot and yield response to liming and tillage. *Agron* **89**:71-22.
- Baier J, Baierová V. 1985. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*, 1st. SZN, Praha.
- Bajči P, Pačuta V, Černý I. 1997. *Cukrová řepa*. ÚVTIP, Nitra.
- BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – VANĚK, V. – ČERNÝ, J. Vliv hnojení na půdní vlastnosti a půdní úrodnost. 2009, ISBN: 978-80-213-2006-2; ISSN: N; Místo vydání: Praha; Název sborníku: Racionální použití hnojiv; Počet stran: 5; Název nakladatele: ČZU v Praze; Datum zahájení: 26.11.2009; Místo konání: Praha; typ akce: EUR; Strana od: 11; Strana do: 15.
- Balík J, Černý J, Pavlíková D. 2012. *Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotravních porostů: certifikovaná metodika*, 1st. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Barber SA. 1995. *Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach*, 2nd. John Wiley, New York.
- Basso B, Cammarano D, Fiorentino C, Ritchie JT. 2013. Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* **51**:65-70. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030113000890>.
- Bittner V. 2012. Poruchy ve výživě cukrovky. *Listy cukrovarnické a řepařské* **2012 (2)**:56-59.
- Bittner V. 2008. Pěstební podmínky jsou limitujícím faktorem pro výnosy cukrovky. *Listy cukrovarnické a řepařské* **2008 (7-8)**:196-197.
- Blandino M, Visioli G, Marando S, Marti A, Reyneri A. 2020. Impact of late-season N fertilisation strategies on the gluten content and composition of high protein wheat grown under humid Mediterranean conditions. *Journal of Cereal Science* **94**. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521020300618>.

- Bould C, Hewitt EJ. 1983. *Diagnosis of Mineral Disorders in Plants*, 1st. APS Press, London.
- Boyd DA, Garner HV, Haines WB. 1957. The fertilizer requirements of sugar beet. *The Journal of Agricultural Science* **48(4)**:464-476.
- Brady RR, Weil RR. 2008. *The Nature and Properties of Soils*, 15. Pearson, New York.
- Bushong JT, Arnall DB, Raun WR. 2014. Effect of Preplant Irrigation, Nitrogen Fertilizer Application Timing, and Phosphorus and Potassium Fertilization on Winter Wheat Grain Yield and Water Use Efficiency. *International Journal of Agronomy* **2014 (6)**:1-12. Available at <http://www.hindawi.com/journals/ija/2014/312416/>.
- Byers M, McGrath P, Webster R. 1987. A survey of the sulphur content of wheat grown in Britain. *Sci Food Agric* **38**:151-160.
- Clarke JM, Campbell CA, Cutforth HW, DePauw RM, Winkleman GE. 1990. NITROGEN Nitrogen and Phosphorus Uptake, Translocation and Utilization Efficiency of Wheat in Relation to Environment and Cultivar Yield and Protein. *Canadian Journal of Plant Science* **70**:965-977. Available at <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/cjps90-119>.
- Černý J, Sedlář O, Kulhánek M, Balík J, Šiler D. 2020. Hnojení ozimé pšenice dusíkem podle vývoje porostu a vědeckých poznatků. *Agromanuál 2020*. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-ozime-psenice-dusikem-podle-vyvoje-porostu-a-vedeckych-poznatku> (accessed June 12, 2020).
- Černý J, Shejbalová Š, Kovářík J, Kulhánek M. 2014. Předset'ové a podzimní hnojení pšenice ozimé. *Agromanual.cz 2014*. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/predsetove-a-podzimni-hnojeni-psenice-ozime> (accessed June 12, 2020).
- Černý J, Vaněk V, Kozlovský O. 2011. Hnojení dusíkem: specifika a aplikace. *Zemědělec 2011*. Available at <https://www.zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/> (accessed June 12, 2020).
- Černý J, Vaněk V, Kulhánek M. 2010. Vliv hnojení na výnos a úrodnost půdy. *Zemědělec 2010*.
- Čuhel J, Malý S. 2013. Půdy jsou kyselé, vyžadují vápnění.. *Zemědělec 2013*:23. Profi Press, Praha.
- Diviš J. 2010. *Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitostí)2., dopl. vyd.. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.*
- Dordas C. 2012. Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar, and source–sink relations. *European Journal of Agronomy* **37**:31-42. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030111001146>.
- Draycott A, Christenson D. 2003. *Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-plant Relationships*, 1st. CABI Publishing, Wallingford.
- Draycott AP. 1972. *Sugar-beet nutrition*, 1st. Applied Science Publishers.

- EAGRI. 2020.. Praha. Available at <http://eagri.cz/public/web/mze/> (accessed July 08, 2020).
- Faměra O. 1993. Základy pěstování ozimé pšenice, 1st. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.
- Freckleton RP, Watkinson AR, J. Webb D, Thomas TH. 1999. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology* **93**:39-51. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168192398001063>.
- Havlin JL, Tisdale SL, Beaton JD, Neilson WL. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*, 7. Dentice Hall, New Jersey.
- Hřivna L. 2012. Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce. Šlechtitelské listy: Podzim 2012 **2012**:1-4. Available at [http://farmseed2.druvod.cz/files/aktuality/vyziva\\_a\\_hnojeni\\_porostu\\_psenice\\_ozime\\_a\\_kvalita\\_produkce.pdf](http://farmseed2.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf) (accessed June 12, 2020).
- Hřivna L, Borovička K, Bízík J, Bittner V. 2014. *Komplexní výživa cukrovky*, 1st. Maribo Seed International ApS, Slavkov.
- Hřivna L, Kryštof Z. 2011. Výživa rostlin pšenice a kvalita produkce. *Úroda* **2002**:16-19.
- Huang B-R, Taylor HM, McMichael BL. 1991. Growth and development of seminal and crown roots of wheat seedlings as affected by temperature. *Environmental and Experimental Botany* **31**:471-477. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/009884729190046Q>.
- Hůla J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika, 1st. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.
- Chochola J. 2010. *Průvodce pěstováním cukrové řepy*, 1st. KWS Osiva, Semčice.
- Ivanič J, Havelka B, Knop K. 1984. *Výživa a hnojení rastlín*, 2nd. *Príroda* (Bratislava); SZN Praha, Bratislava.
- Jůzl M, Diviš J, Pulkrábek J. 2000. *Rostlinná výroba*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Karabínová M, Kulík D, Procházková M. 1999. *Obilniny: Pestovanie ozimných obilnín*, 1st. ÚVTIPP (Nitra), Bratislava.
- Kováčik P. 2009. *Výživa a systémy hnojení rostlin*. Kurent, České Budějovice.
- Kováč K et al., Gromová E, . 1998. *Petovanie ozimnej pšenice a púdochránárske technológie pestovania obilnín*, 1st. VÚRV, Piešťany.
- Křen J. 1998. *Metodika pěstování ozimých obilnin: pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale*, 1st. Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž.
- Ledvina R. 2000. *Geologie a půdoznalství*, 1st. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

- Li SX, Wang ZH, Malhi SS, Li SQ, Gao YJ, Tian XH. 2009. Innovations in Dryland Agriculture. *Innovations in Dryland Agriculture* **2009**:223-265. Springer.
- Liu Q, Miura S, Kasuga K, Shinozaki K, Liu Q. 1999. Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. *Nature Biotechnology* **17**:287-291. Available at [http://www.nature.com/articles/nbt0399\\_287](http://www.nature.com/articles/nbt0399_287).
- Ložek O. 1998. Optimalizácia výživy ozimnej pšenice, 1st. SPU, Nitra.
- Lüdecke H. 1960. Über den Einfluss von klimatischen Faktoren auf das Wachstum und die Qualität der Zuckerrüben unter Berücksichtigung der Düngen. 28-44 in He Technological Value of the Sugar Beet: Proceedings of the XIth Session of the Commission Internationale Technique de Sucrierie, 1st. Elsevier, Frankfurt.
- Malnou CS, Jaggard KW, Sparkes DL. 2006. A canopy approach to nitrogen fertilizer recommendations for the sugar beet crop. *European Journal of Agronomy* **25**:254-263. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030106000712>.
- Manschadi AM, Christopher J, deVoil P, Hammer GL. 2006. The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology* **33**. Available at <http://www.publish.csiro.au/?paper=FP06055>.
- Manzoni S, Porporato A. 2009. Soil carbon and nitrogen mineralization: Theory and models across scales. *Soil Biology and Biochemistry* **41**:1355-1379. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071709000765>.
- Matula J. 2007. Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF, 1st. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Mengel K, Kirby EA. 2001. Principles of Plant Nutrition, 5. Kluwer Academic Publishers, Dordrech.
- Merkes R. 1999. Nährstoffbedarf und Düngung. *Handbuch de Pflanzenbaues* **3**:378-390.
- Moudrý J, Jůza J. 1998. Pěstování obilnin, 1st. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice.
- Nielsen DC, Halvorson AD. 1991. Nitrogen Fertility Influence on Water Stress and Yield of Winter Wheat. *Agronomy Journal* **83**:1065-1070. Available at <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj1991.00021962008300060025x>.
- OERKE E-C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* **144**:31-43. Available at [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0021859605005708/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0021859605005708/type/journal_article).
- OETTLER G. 2005. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. *The Journal of Agricultural Science* **143**:329-346. Available at [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0021859605005290/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0021859605005290/type/journal_article).
- Pavlů L. 2018. ZÁKLADY PEDOLOGIE A OCHRANY PŮDY, 1st. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

- Pechková J. 2012. Vliv anabiotických faktorů na technologickou jakost cukrové řepy. Available at <http://www.chempoint.cz/vliv-abioticky-faktoru-na-technologickou-%20jakost-cukrove-repy> (accessed June 12, 2020).
- Petr J. 1987. Počasí a výnosy, 1st. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Prášilová P. 2002. Přezimování a mrazuvzdornost ozimů. *Úroda* **2002**. Available at <https://www.uroda.cz/prezimovani-a-mrazuvzdornost-ozimu/> (accessed June 12, 2020).
- Prášilová P, Prášil IT. 2008. Hodnocení mrazuvzdornosti obilnin pomocí mrazového testu a letální teploty. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Pulkrábek J. 2000. Založení porostu cukrovky. *Agris.cz* **2000**:1-2. Available at [http://www.agris.cz/zemedelstvi?id\\_a=83101](http://www.agris.cz/zemedelstvi?id_a=83101) (accessed June 12, 2020).
- Pulkrábek J. 2007. Řepa cukrová: pěstitelský rádce, 1st. Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent, Praha.
- Rastija M, Jurica J, Ilkic D, Kovačević V, Rastija D. 2014. Response of winter wheat to ameliorative phosphorus fertilization, 1st. *akultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Dubrovnik*.
- Richter R, Hlušek J, Hřivna L. 2000. Organická hnojiva a jejich význam pro půdní úrodnost: Výživa rostlin a kvalita produkce. *Agromagazín* **11(1)**:37-40.
- Richter R, Hlušek J. 2003. Půdní úrodnost. 2. upr. vyd.. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Richter R, Hlušek J. 1996. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití, 1st. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.
- Richter R, Hlušek R. 1994. Výživa a hnojení rostlin: Určeno pro posl. AF, ZFVŠZ v Brně.. Vysoká škola zemědělská, Brno.
- Roberts TL, Slaton NA. Wheat Fertilization and Liming Practices. *Arkansas Wheat Production Handbook* **1**:1-20. Available at <https://www.uaex.edu/publications/pdf/mp404/chapter5wheat.pdf> (accessed June 12, 2020).
- Rustad L, Campbel J, Manion G et al. 2001. A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia* **126**:543-562. *Oecologia*.
- Růžek P, Kusá H, Vavera R. 2011. Kvalitativní hnojení pšenice dusíkem. *Zemědělec* **2011**. Available at <https://www.agrima.cz/files/2011/06/agrio.pdf> (accessed June 12, 2020).
- Růžek P, Kusá H, Vavera R. 2013. Pozdní přihnojení ozimé pšenice dusíkatými hnojivy. *VÚRV* **2013**:1-5. 2013. Available at <https://www.vurv.cz/sites/File/Pozdni%20prijhnojeni%20-%20www%20VURV%2023-05-2013.pdf> (accessed June 16, 2020).
- Ryant P, Hřivna L, Smyčka L. 2007. Vliv aplikace různých forem síry na výnos a kvalitu cukrovky: Výživa rostlin a její perspektivy, 1st. MZLU, Brno.
- Rybáček V et al. 1985. Cukrovka, 1st. SZN, Praha.

- Saberi K, Setter H, Waters TL. 2006. Waterlogging induces high to toxic concentrations of iron, aluminum, and manganese in wheat varieties on acidic soil. *Plant Nutrition* **29**:899-911.
- Shaul O. 2002. Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *Biometals* **15**:309-323.
- Slamka P, Hanáčková E, Pospíšil R, Mitrušková M. 2006. Využití biokalu po výrobě bioplynu na hnojení repycukrovejpredapoèasvegetácie. *Listy cukrovarnické a řepařské* **122 (5-6)**:158-160. Cukrspol, Praha.
- Sticklen M. 2006. Plant genetic engineering to improve biomass characteristics for biofuels. *Current Opinion in Biotechnology* **17**:315-319. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958166906000620>.
- Strong WM, Dalai RC, Weston EJ, Cooper JE. 1996. Sustaining productivity of a Vertisol at Warra, Queensland, with fertilisers, no-till or legumes. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **1996a**:665-674.
- Šimek M. 2007. *Základy nauky o půdě 2., upr a rozš. vyd.. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, České Budějovice.*
- Škarda M. 1978. *Organická hnojiva. Institut výchovy a vzdělání MZVŽ, Praha.*
- Škopík P, Bezděk V. 1961. *Mimokořenová výživa rostlin, 1st. SZN, Praha.*
- Špaldon E. 1986. *Rostlinná výroba, 1st. SZN, Praha.*
- Špička A. 1961. *O Půdě 3: Zpracování půdy, 1st. SZN v Praze, Praha.*
- Šroller J, Pulkrábek J. 2001. Výnosová schopnost cukrovky. *Úroda* **2001**:1-2. Available at <https://www.uroda.cz/vynosova-schopnost-cukrovky/> (accessed June 12, 2020).
- Štípek K, Černý J, Kulhánek M, Shejbal P, Vaněk V. 2007. Výživa a hnojení ozimé pšenice určené (nejen) k potravinářskému využití. *Agromanuál* **2007 (4)**:70-71.
- Theago EQ, Buzetti S, Teixeira Filho MCM, Andreotti M, Megda MM, Benett CGS. 2014. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **38**:1826-1835.
- Trávník K. 2011. *Ověření různých systémů organického hnojení: Závěrečná zpráva ze stacionární polní zkoušky za osevní sled 2005 až 2010, 2011. Brno.*
- Turner NC, Asseng S. 2005. Productivity, sustainability, and rainfall-use efficiency in Australian rainfed Mediterranean agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research* **56**:1123-1136. Available at <http://www.publish.csiro.au/?paper=AR05076>.
- Urban J, Pulkrábek J, Jozefyová L, Šroller L. 2003. Cukrovka - co nového: Rezervy ve výživě a ochraně cukrovky. *Úroda* **51 (12)**:1-3.
- Vaněk V. 2012. *Výživa zahradních rostlin. Academia, Praha.*
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin, 1st. Profi Press, Praha.*

Vaněk V, Pavlíková D, Balík J, Tlustoš P. 1997. Dusík v půdě a jeho přeměny. Available at <http://www.agris.cz/clanek/118806> (accessed June 12, 2020).

Vergara-Diaz O, Vatter T, Vicente R, Obata T, Nieto-Taladriz MT, Aparicio N, Carlisle Kefauver S, Fernie A, Araus JL. 2020. Metabolome Profiling Supports the Key Role of the Spike in Wheat Yield Performance. *Cells* **9**. Available at <https://www.mdpi.com/2073-4409/9/4/1025>.

Vostal J. 1994. *Základy výživy a hnojení hlavních plodin*, 1st. Agrofert, Praha.

Vostal J, Mezulianik M. 1995. *Hnojení polních kultur*, 1st. Hosp. služby, Nymburk.

Vráblíková J, Vráblík P. 2006. *Základy pedologie*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem.

VÚMOP. 2013. Nabídka mapových a datových produktů: Výzkumný ústav melior, 1st. Praha. Available at [https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529\\_katalogmap\\_hydrologicke\\_charakteristiky.pdf](https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf) (accessed June 12, 2020).

Nabídka mapových a datových produktů: Hydrologické charakteristiky.. 1-23 in . Praha. Available at [https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529\\_katalogmap\\_hydrologicke\\_charakteristiky.pdf](https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf) (accessed June 16, 2020).

Waraich EA, Rashid A, Saifullah, Ashraf MY, Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science* **2011**:764-777.

Zimolka J. 2005. *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*, 1st. Profi Press, Praha.

Racionální použití hnojiv: zaměřené na ... : sborník z ... konference ... = Reasonable use of fertilizers : dedicated to ... : proceedings of ... international conference .. 1995.. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Žák Š, Kováčková M, Žáková J. 2002. Čerpanie fosforu úrodou fytohmoty cukrovej repy v priebehu vegetačného obdobia při rozdielnych agrotechnických zásahoch. *Listy cukrovarnické a řepařské* **2002 (5-6)**:131-134.



## 9 Seznam grafů a tabulek

### Seznam grafů

Graf č. 1: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2014/2015 .....	30
Graf č. 2: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2015/2016 .....	34
Graf č. 3: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2016/2017 .....	37
Graf č. 4: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2017/2018 .....	41
Graf č. 5: Průběh počasí a termíny hnojení v roce 2018/2019 .....	45
Graf č. 6: Porovnání cukernatosti spolu se sumou teplot za vegetační období .....	46
Graf č. 7: Porovnání výnosů pšenice a cukrovky .....	46

### Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Výnosy pšenice ve společnosti Farmes a ve Středočeském kraji.....	22
Tabulka č. 2: Výnosy cukrovky ve společnosti Farmes a České republice.....	22
Tabulka č. 3: Odběrové normativy .....	24
Tabulka č. 4: Kritéria hodnocení výsledků rozborů půd pro střední orné půdy.....	25
Tabulka č. 5: Hnojení pšenice v roce 2014/2015 .....	26
Tabulka č. 6: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2014/2015 .....	27
Tabulka č. 7: Hnojení cukrovky v roce 2014/2015 .....	28
Tabulka č. 8: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy cukrovky v roce 2014/2015 ..	28
Tabulka č. 9: Hnojení pšenice v roce 2015/2016 .....	31
Tabulka č. 10: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2015/2016 ...	31
Tabulka č. 11: Hnojení cukrovky v roce 2015/2016 .....	32
Tabulka č. 12: Hnojení pšenice v roce 2016/2017 .....	35
Tabulka č. 13: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2016/2017 ...	35
Tabulka č. 14: Hnojení cukrovky v roce 2016/2017 .....	36
Tabulka č. 15: Hnojení pšenice v roce 2017/2018 .....	38
Tabulka č. 16: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2017/2018 ...	38
Tabulka č. 17: Hnojení cukrovky v roce 2017/2018 .....	39
Tabulka č. 18: Hnojení pšenice v roce 2018/2019 .....	42
Tabulka č. 19: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy pšenice v roce 2018/2019 ...	42
Tabulka č. 20: Hnojení cukrovky v roce 2018/2019 .....	43
Tabulka č. 21: Bodová výnosnost dle BPEJ a průměrné výnosy cukrovky v roce 2018/2019	43
Tabulka č. 22: Shrnutí hodnot počasí a výnosů cukrovky a pšenice.....	48

## 10 Přílohy

Příloha č. 1: Regresní analýza pro pšenici

		Výnos	Srážky	Suma teplot	Dodaný N	Dodaný P	Dodaný K
<b>Výnos</b>	Spearmanův korelační koeficient	—					
	p-value	—					
<b>Srážky</b>	Spearmanův korelační eficient	-0.400	—				
	p-value	0.517	—				
<b>Suma teplot</b>	Spearmanův korelační koeficient	-0.300	0.400	—			
	p-value	0.683	0.517	—			
<b>Dodaný N</b>	Spearmanův korelační koeficient	-0.500	0.600	-0.300	—		
	p-value	0.450	0.350	0.683	—		
<b>Dodaný P</b>	Spearmanův korelační koeficient	0.600	-0.200	-0.400	-0.400	—	
	p-value	0.350	0.783	0.517	0.517	—	
<b>Dodaný K</b>	Spearmanův korelační koeficient	0.800	-0.500	-0.300	-0.700	0.900	
	p-value	0.133	0.450	0.683	0.233	0.083	

Proměnná	Estimate	SE	t	p
Intercept	91.3963	37.79172	2.42	0.250
Srážky	0.0319	0.02458	1.30	0.418
Suma teplot	-0.0129	0.00634	-2.03	0.291
Dodaný N	-0.1745	0.08656	-2.02	0.293

Příloha č. 2: Regresní analýza pro cukrovku

		Výnos	Srážky	Suma teplot	Dodaný N	Dodaný P	Dodaný K
Výnos	Spearmanův korelační koeficient	—					
	p-value	—					
Srážky	Spearmanův korelační koeficient	0.400	—				
	p-value	0.517	—				
Sumateplot	Spearmanův korelační koeficient	0.000	-0.700	—			
	p-value	1.000	0.233	—			
DodanýN	Spearmanův korelační koeficient	0.154	0.410	-0.462	—		
	p-value	0.805	0.493	0.434	—		
DodanýP	Spearmanův korelační koeficient	0.000	-0.354	0.000	-0.725	—	
	p-value	1.000	0.559	1.000	0.165	—	
DodanýK	Spearmanův korelační koeficient	-0.354	0.000	-0.707	0.363	0.250	—
	p-value	0.559	1.000	0.182	0.548	0.685	—

Proměnná	Estimate	SE	t	p
Intercept	-120.7318	277.1263	-0.4357	0.738
Srážky	0.2089	0.1779	1.1742	0.449
Suma teplot	0.0298	0.0621	0.4795	0.715
Dodaný N	0.0383	0.5783	0.0662	0.958