

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra rostlinné výroby**



**Vliv podzimního hnojení dusíkem na výnos pšenice obecné  
(*Triticum aestivum* L.)**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Petr Jerz**

**Obor studia: Rostlinná produkce**

**Vedoucí práce: Ing. David Bečka, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Davidu Bečkovi, Ph.D. za odborné vedení při vypracování této diplomové práce. Také bych rád poděkoval paní Ing. Kateřině Pazderů, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady, připomínky při vypracování statistického vyhodnocení pokusu. Dále bych rád poděkoval Ing. Simoně Ličkové za velmi cenné odborné rady, poznatky, připomínky a všestrannou pomoc při vypracování této diplomové práce.

# Vliv podzimního hnojení dusíkem na výnos pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.)

## Souhrn

Cílem této práce je zhodnotit vliv různých druhů dusíkatých hnojiv na výnos pšenice ozimé.

Obiloviny patří mezi nejvýznamnější plodiny na světě, současně představují nejpěstovanější skupinu plodin. V České republice v osevu obilnin pšenice v současnosti představuje okolo 38 %, podíl osevu na orné půdě je 30 % s celkovou výměrou kolem 800 tisíc hektarů. Vzhledem k měnícímu se klimatu, kdy v posledních několika letech stoupá v zimních měsících průměrná teplota, jsou rostliny v těchto podmínkách schopny růstu a asimilace i v zimním období. Toto nám poskytuje novou možnost jak kladně ovlivnit růst a strukturu porostů pšenice a to podzimním přihnojením. Je proto důležité zabývat se zkoumáním vlivu tohoto přihnojování na přezimování, vývoj a výnos porostů.

Maloparcelkový pokus byl v obou pokusných letech založen liniovou odrůdou Tobak s výsevkem 4 mil. zrn/ha. Bylo založeno sedm variant se čtyřmi opakováními, u kterých bylo aplikováno šest druhů dusíkatých hnojiv s různými formami dusíku a nehnojená kontrola. Výměra jedné maloparcelky představovala plochu 12m<sup>2</sup> o rozměrech 1,5x8m.

Hnojiva Urea Stabil, močovina, NPK, DAM, DASA, a ENSIN byla aplikována v dávce 40 kg N/ha, u všech variant s ohledem na povětrnostní podmínky v první polovině listopadu.

Výsledky naznačují rozdíly ve výnosech pšenice ozimé vlivem použití různých druhů dusíkatých hnojiv. Jako nejvhodnější pro pozdní podzimní přihnojení pšenice ozimé se jevílo hnojivo NPK (12,06 t/ha), které oproti variantám UreaStabil (11,19 t/ha) a DAM (9,58 t/ha) prokazatelně zvýšilo výnos v pokusném roce 2014/2015. Mezi hnojivy NPK (12,06 t/ha), DASA (11,62 t/ha), ENSIN (11,47 t/ha), močovina (11,46 t/ha) a neošetřenou kontrolou (11,4 t/ha) nebyl v roce 2014/2015 zjištěn statisticky významný rozdíl. Snížený výnos u varianty DAM v pokusném roce 2014/2015 mohl být způsoben nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení porostu. V pokusném roce 2015/2016 nemělo podzimní hnojení pozitivní vliv na výnos, rozdíly mezi variantami Urea Stabil (11,06 t/ha), močovina (11,13 t/ha), NPK (11,03 t/ha), DAM (11,10 t/ha), DASA (11,09 t/ha), ENSIN (11,27 t/ha) a nehnojenou kontrolou (11,4 t/ha) nejsou statisticky průkazné.

Močovina a NPK vykazovaly nejvyšší hmotnost nadzemní biomasy a kořenů 25 rostlin v pokusném roce 2014/2015, to se však v roce 2015/2016, kdy rostliny pomaleji vzcházely,

nepotvrdilo. Rozdíl mezi dusíkatými minerálními hnojivy s různými formami dusíku z hlediska jejich vlivu na přezimování se tedy nepodařilo prokázat

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

# **Effect of Autumn nitrogen fertilization on yield of wheat**

## ***(Triticum aestivum L.)***

### **Summary**

The aim of this thesis is to evaluate the effect of different types of nitrogen fertilizer on yield of winter wheat.

Cereals among the most important grain crop in the world currently represent the most commonly grown crop group. In the Czech Republic, in sowing wheat cereals currently represents around 38%, the share of crops on arable land is 30% with a total area of around 800,000 hectares. Due to the changing climate, which in recent years increases the average temperature in the winter months, the plants in these conditions are capable to grow and assimilate in winter. This gives us a new opportunity to positively affect the growth and structure of stands of wheat, the autumn fertilization. It is therefore important to deal with the research of the influence of the fertilizing to hibernation, development and yield of crops.

Small-plot experiments was in both experimental years planted with liner variety Tobak seed rate of 4 millions grains per hectare. It was founded seven variants with four replications, in which were applied six kinds of fertilizer with various forms of nitrogen and unfertilized control. The area of one small-plot represented 12 m<sup>2</sup> area with proportions 1,5x8m.

Fertilizers Urea Stabil, Urea, NPK, DAM, DASA and ENSIN was applied at rate of 40 kg N / ha for all variants with respect to weather conditions in the first half of November.

The results indicate differences in yields of winter wheat due to the use of different kinds of fertilizers. As most suitable for the late autumn fertilization of winter wheat appeared NPK fertilizer (12.06 t / ha), which against to variants UREAstabil (11.19 t / ha) and DAM (9.58 t / ha) was found to increase the yield in the experimental year 2014 / 2015. Among NPK (12.06 t / ha), DASA (11.62 t / ha) ENSIN (11.47 t / ha) and Urea Satbil (11.46 t / ha) and untreated controls (11.4 t / ha) in 2014/2015 was not statistically significant difference. Reduced yield of DAM variat in experimental year 2014/2015 could be caused by improper date of autumn application, which caused burns of vegetation. In experimental year 2015/2016 the autumn fertilization had not a positive effect on the yield between variants Urea Stabil (11.06 t / ha) urea (11.13 t / ha), NPK (11.03 t / ha), DAM ( 11.10 t / ha), DASA (11.09 t / ha) ENSIN (11.27 t / ha) and unfertilized control (11.4 t / ha) are not statistically significant.

Urea and NPK showed the highest weight of aboveground biomass and roots of 25 plants in the experimental year 2014/2015, it is however in 2015/2016, when plants slowly risen, not confirmed. The difference between the mineral nitrogen fertilizers with various forms of nitrogen in terms of their effect on hibernating failed to demonstrate.

**Keywords:** wheat, nitrogen, fertilizing, yield

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a hypotézy</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Cíle práce</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Hypotézy</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Systematické zařazení pšenice ozimé (<i>Triticum aestivum</i> L.)</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Hospodářský význam</b>	<b>6</b>
<b>3.3</b>	<b>Rajonizace</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>Biologická charakteristika</b>	<b>7</b>
3.4.1	Zárodek	7
3.4.2	Kořen	8
3.4.3	List	8
3.4.4	Stéblo	9
3.4.5	Květenství	9
3.4.6	Plod	10
<b>3.5</b>	<b>Chemické složení pšeničného zrna</b>	<b>10</b>
3.5.1	Sacharidy	11
3.5.2	Bílkoviny	11
3.5.3	Minerální látky	11
3.5.4	Lipidy	11
3.5.5	Vitaminy	12
<b>3.6</b>	<b>Vegetační faktory</b>	<b>12</b>
3.6.1	Teplota	12
3.6.2	Voda	13
3.6.3	Světlo	14
3.6.4	Půda a živiny	14
<b>3.7</b>	<b>Růst a vývoj pšenice</b>	<b>16</b>
3.7.1	Klíčení a vzcházení	17
3.7.2	Odnožování a zakořeňování	17
3.7.3	Sloupkování	18
3.7.4	Metání	19
3.7.5	Kvetení	19
3.7.6	Zrání	20
<b>3.8</b>	<b>Agrotechnika</b>	<b>21</b>
3.8.1	Zařazení v osevním postupu	21
3.8.2	Zpracování půdy	22
3.8.3	Osivo a setí	24
<b>3.9</b>	<b>Historie hnojení</b>	<b>26</b>



<b>3.10</b>	<b>Hnojení dusíkem.....</b>	<b>28</b>
3.10.1	Základní hnojení .....	28
3.10.2	Regenerační hnojení.....	29
3.10.3	Produkční hnojení .....	30
3.10.4	Kvalitativní hnojení.....	30
3.10.5	Zimní nitratace pšenice ozimé .....	31
<b>3.11</b>	<b>Hnojení fosforem .....</b>	<b>32</b>
<b>3.12</b>	<b>Hnojení draslíkem a hořčíkem.....</b>	<b>33</b>
<b>3.13</b>	<b>Hnojení sírou .....</b>	<b>33</b>
<b>3.14</b>	<b>Nitrátová směrnice .....</b>	<b>33</b>
<b>3.15</b>	<b>Charakteristika vybraných dusíkatých hnojiv.....</b>	<b>36</b>
3.15.1	Urea stabil.....	36
	Složení: N: 46 % .....	36
	NBPT - inhibitor ureázy .....	36
3.15.2	Močovina .....	37
	Složení: N: 46 % .....	37
3.15.3	NPK 10 – 10 – 10 +13 S.....	37
3.15.4	DAM 390.....	37
	Složení: N: 30% (1/4 ve formě amonné, 1/4 ve formě dusičnanové a 1/2 ve formě amidické) .....	37
3.15.5	DASA .....	38
3.15.6	ENSIN .....	38
<b>4</b>	<b>Metodika pokusu.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika pokusné lokality .....</b>	<b>39</b>
4.1.1	Půdní charakteristika .....	39
4.1.2	Klimatické podmínky .....	39
4.1.3	Povětrnostní podmínky.....	39
<b>4.2</b>	<b>Charakteristika pokusu .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3</b>	<b>Sledované znaky .....</b>	<b>42</b>
4.3.1	Vegetační pozorování.....	42
4.3.2	Předsklizňové pozorování a sklizeň .....	42
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Průběh počasí v pokusných letech .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Vegetační pozorování .....</b>	<b>44</b>
5.2.1	Počet listů .....	45
5.2.2	Počet odnoží.....	46
5.2.3	Délka kořene .....	47
5.2.4	Hmotnost kořene a nadzemní biomasy v sušině.....	48
<b>5.3</b>	<b>Předsklizňová pozorování a sklizeň .....</b>	<b>50</b>
5.3.1	Počet klasů na m <sup>2</sup> .....	51

5.3.2	Počet zrn v klasu .....	52
5.3.3	HTZ.....	53
5.3.4	Výnos .....	54
5.3.5	Obsah dusíkatých látek.....	55
5.3.6	Obsah škrobu .....	56
5.3.7	Objemová hmotnost .....	57
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>63</b>
8.1	Další použité prameny.....	67
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>68</b>
<b>10</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>71</b>

# 1 Úvod

Obiloviny patří mezi nejvýznamnější plodiny na světě, současně představují nejpěstovanější skupinu plodin. Nejvýznamnější obilninou je Pšenice obecná (*Triticum aestivum L.*), která se pěstuje na ploše více než 220 milionů hektarů. (FAO, 2014)

Počátky pěstování pšenice úzce souvisejí se vznikem zemědělství v pravěkému období lidstva. Společně s ječmenem je pšenice nejstarší známou pěstovanou rostlinou. Byla nejvýznamnější a nejrozšířenější pěstovanou plodinou nepřetržitě po celé pravěké i historické období a to na Blízkém Východě, v Evropě a v severní Africe. Archeologické nálezy dokládají pěstování pšenice již od 8. tisíciletí př. n. l., a to v oblasti tzv. „úrodného půlměsíce“. Nejstarší nálezy pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum L.*) byly zjištěny na lokalitě Jericho asi 8 000 let př. n. l. (Foltýn et al., 1970).

Pšeničné zrno je nenahraditelnou surovinou na výrobu kynutých pečárenských výrobků. Používá se také na výrobu různých druhů pečivárenských výrobků, snídaňových cereálií, těstovin a mnoha dalších výrobků. Roste také nepotravinářské využití pšenice. Pšeničné zrno se stává nedílnou součástí krmných směsí, je surovinou pro výrobu škrobu a ethanolu (Kulp and Ponte, 2000).

Vzhledem k měnícímu se klimatu, kdy v posledních několika letech stoupá v zimních měsících průměrná teplota, jsou rostliny v těchto podmínkách schopny růstu a asimilace i v zimním období. Toto nám poskytuje novou možnost jak kladně ovlivnit růst a strukturu porostů pšenice a to podzimním přihnojením. Je proto důležité zabývat se zkoumáním vlivu tohoto přihnojování na přezimování, vývoj a výnos porostů.

Obdobně jako v celosvětovém měřítku vyplývá výjimečnost postavení pšenice v České republice především z jejího zastoupení ve struktuře obilnin i plodin pěstovaných na orné půdě. V České republice v osevu obilnin pšenice v současnosti představuje okolo 38 %, podíl osevu na orné půdě je 30 % s celkovou výměrou kolem 800 tisíc hektarů. (Zimolka et al., 2005)

## **2 Cíl práce a hypotézy**

### **2.1 Cíle práce**

Cílem této práce je zhodnotit vliv různých druhů dusíkatých hnojiv na výnos pšenice ozimé.

### **2.2 Hypotézy**

1. Výnos zrna ozimé pšenice může být zvýšen podzimním přihnojením dusíkem
2. Existují rozdíly mezi dusíkatými minerálními hnojivy s různými formami dusíku z hlediska jejich vhodnosti pro podzimní přihnojení ozimé pšenice a jejich vlivu na přezimování.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Systematické zařazení pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.)

Vývojová větev: (*Cormophytae*) - vyšší rostliny

Angiospermické rostliny (Krytosemenné)

- Oddělení: (*Magnoliophyta*)
- Třída: (*Liliopsida*) - jednoděložné
- Řád: (*Poales*) - lipnicotvaré
- Čeleď: (*Poaceae*) - lipnicovité
- Podčeleď: (*Pooideae*) - lipnicovité vlastní
- Rod: Pšenice - (*Triticum*)

(Novák, 2012)

(*Triticum* L.) náleží do čeledi lipnicovitých (*poaceae*). Zahrnuje několik druhů a velký počet forem a odrůd. Hlavní jsou dva druhy: Pšenice obecná (*Triticum aestivum* L., syn. *Triticum vulgare* Host.) a pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.). Je to mnohozrný, morfologicky a ekologicky značně plastický druh. Příčný řez klasu je více méně čtvercový. Pluchy mohou být osinaté nebo bezosinaté. Má ozimé i jarní formy.

Rod pšenice se dělí na 3 podrody:

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

Druhy příslušného podrodu se mezi sebou snadno kříží a poskytují fertilní potomstvo.

Každý podrod můžeme dále dělit na tři typy:

- a) bezpluchaté, čili nahé pšenice [s pevným klasovým větvenem a zrnem (obilkou) volně ležícím v pluchách]
- b) pluchaté pšenice [s lámavým větvenem a zrnem (obilkou) pevně uzavřeným v pluchách]
- c) nekulturní plané pšenice [s lámavým větvenem a pluchatým zrnem (obilkou)]

(Špaldon et al., 1986)

Pšenice setá vznikla pravděpodobně ze špaldy a vyskytuje se ve čtyřech varietách: Lutescens, s bezosinným či osinkatým klasem, bílé barvy.

- Milturum, s bezosinným či osinkatým klasem, červené barvy.
- Erythrospermum, s osinatým klasem, bílé barvy.
- Ferrugineum, s osinatým klasem, červené barvy.

V ČR převažují odrůdy náležející do variety lutescens (Zimolka et al., 2005).

K pěstování první pšenice došlo asi před 10 000 lety jako součást "neolitické revoluce", která představovala přechod od lovu a sběru potravy k zemědělství. Nejdříve pěstované formy byly diploidní (genom AA) (jednozrnka) a tetraploidní (genom AABB) (dvouzrnka) pšenice, jejich genetické vztahy ukazují, že pochází z jihovýchodní části Turecka (Heun et al., 1997; Nesbitt, 1998; Dubcovsky and Dvorak, 2007).

Pěstování pšenice se rozšířilo na blízký východ před přibližně 9000 lety, kdy se poprvé vyskytla hexaploidní pšenice (Feldman, 2001).

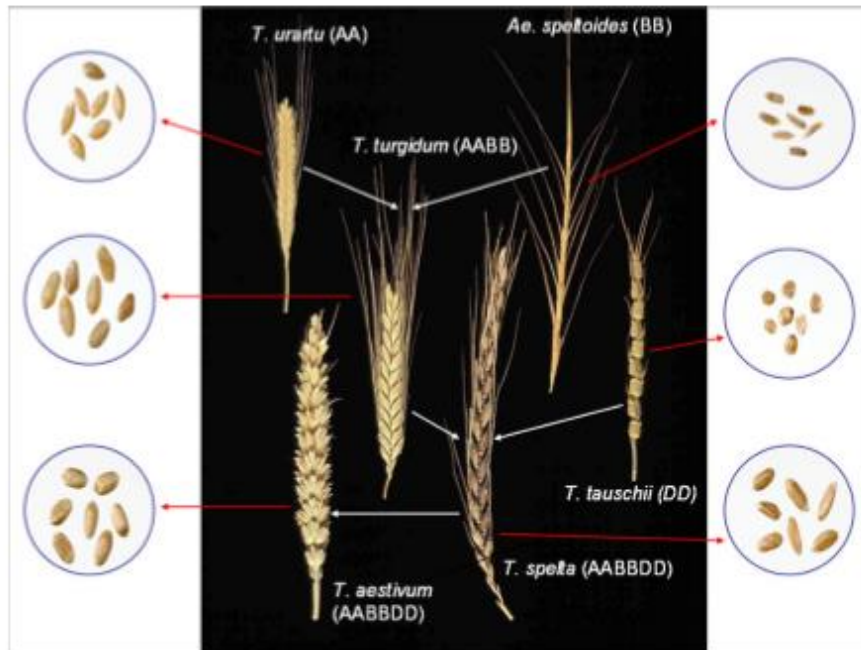
Nejdříve pěstované formy pšenice byly v podstatě plané formy vybrané zemědělci z divokých populací, pravděpodobně kvůli jejich vysokému výnosu a dalším vlastnostem. Šlo o počátky nevědecké formy šlechtění rostlin. Nicméně domestikace byla také spojována s výběrem genetických vlastností, které je odlišovaly od svých divokých příbuzných. Byl popsán syndrom domestikace, který zahrnuje především dva aspekty.

Prvním z těchto aspektů je ztráta schopnosti rozpadu klasu ve zralosti, což mělo za následek snížení ztrát při sklizni. Rozpadavost klasu je jednoznačně velmi důležitým rysem pro zajištění rozptýlení semen v přírodních populacích. Nerozpadavost klasů je určena mutací v loku Br (brittle rachis) (Nalam et al., 2006).

Druhým důležitým rysem je změna z forem, u nichž plevy přilnou těsně k zrnům, na dobře mlátitelné nahé formy. Nahá forma vznikla dominantní mutací v místě Q, která modifikuje účinky recesivní alely na Tg (tenacious glume) loku (Jantasuriyarat et al., 2004; Simons et al., 2006; Dubkovsky and Dvorak, 2007).

Pěstované formy všech diploidních, tetraploidních a hexaploidních pšenic mají na rozdíl od špaldy nerozpadavé klasy. Stejně tak časně domestikované formy jednozrnky, dvouzrnky a

špaldy jsou s pluchou pevnou, zatímco moderní formy tetraploidní a hexaploidního pšenice mají pluchu volnou. Zatímco jednozrnka a dvouzrnka jednoznačně vznikly domestikací přírodních populací, pšenice obecná vznikla hybridizací pěstované dvouzrnky s nepříbuznou divokou trávou *Triticum tauschii* (také nazývanou *Aegilops tauschii* a *Ae. squarosa*). K této hybridizaci pravděpodobně došlo několikrát s původní hexaploidní pšenicí (AABBDD), která byla vybrána zemědělci pro její vynikající vlastnosti (Shewry, 2009). Vývoj moderních pšenic je znázorněn na obr. 1, který také ukazuje příklady klasů a zrn.



**Obrázek 1:** Evoluční a genetické vztahy mezi pšenicemi a příbuznými planými trávami, příklady klasů a zrn (Shewry, 2009).

Tyto genetické změny v průběhu domestikace znamenaly, že moderní pšenice nejsou schopny přežít divoce v konkurenci s lépe adaptovanými druhy (Dyke, 1993).

Geny A tetraploidních a hexaploidních pšenic jsou příbuzné s geny A planě rostoucí a pěstované jednozrnky, zatímco gen D hexaploidní pšenice je jasně příbuzný s *T. tauschii*. Naproti tomu geny B tetraploidní a hexaploidní pšenice jsou pravděpodobně odvozeny z S genů přítomných v *Aegilops*, *Ae. speltoides* je nejbližší existující druh. S Gen *Ae. speltoides* je nejbližší k G genu *T. timopheevi*, což je tetraploidní druh s geny A a G (Shewry, 2009).

Hlavní cesta šíření pšenice do Evropy byla přes Anatólii do Řecka (8000 BP) a pak na sever přes Balkán až po Dunaj (před 7000 lety) a přes Itálii, Francii a Španělsko (před 7000 lety) se rozšířila do Velké Británie a Skandinávie asi před 5000 lety. Podobně se pšenice šířila přes Írán do Střední Asie. Do Číny se rozšířila asi před 3000 lety. V této době se pšenice

rozšířila i do Afriky počínaje Egyptem. Španěly byla přivezena do Mexika v roce 1529 a do Austrálie v roce 1788 (Feldman, 2001).

V současné době je asi 95% pšenice pěstované na celém světě hexaploidní pšenice setá, přičemž většina ze zbývajících 5% je tetraploidní pšenice tvrdá. Ta je lépe přizpůsobena suchému středomořskému podnebí než pšenice setá a je často nazývána těstovinovou pšenicí, což odráží její hlavní konečné použití. Nicméně může být také použita k pečení chleba a používá se k výrobě regionálních potravin, jako je kuskus a bulgur v severní Africe. Malá množství ostatních druhů pšenice (jednozrnka, dvouzrnka, špalda) jsou stále pěstována v některých oblastech, včetně Španělska, Turecka, Balkánu a na indickém subkontinentu. (Szabo 'a Hammer, 1996). V Evropě pokračuje pěstování špaldy zejména v horských oblastech (Fossati and Ingold, 2001).

### **3.2 Hospodářský význam**

Význam pšenice, základního chlebového obilí, ve světě i u nás rok od roku vzrůstá. Přírůstek počtu obyvatel, sociální přeměny v řadě zemí a rozsáhlý světový obchod s obilím činí z výroby pšenice hospodářskou a politickou záležitost prvořadě důležitosti (Foltýn et al., 1970).

Výjimečnost postavení pšenice v České republice vyplívá především z jejího zastoupení ve struktuře obilnin i plodin pěstovaných na orné půdě, kde v obou případech je na prvním místě obdobně jako v celosvětovém měřítku (Zimolka et al., 2005).

Pšenice ozimá je u nás pěstována asi na čtvrtině ploch orné půdy. To ji řadí na první místo k nejpěstovanějším plodinám. Pěstuje se u nás ve všech výrobních oblastech. Její využití je velice rozmanité. Používáme jí nejen v potravinářství. Ale i jako průmyslovou surovinu k výrobě škrobu, lihu či piva má velké uplatnění. Vedle přímého zkrmování se používají i její vedlejší produkty- otruby, plevy a pšeničná sláma, která se používá jako stelivo pro hospodářská zvířata. Její největší výhodou je poměrně dlouhá trvanlivost a jednoduchá skladovatelnost (Šašková, Štolfa, 1993).



### 3.3 Rajonizace

Pšenice je pěstována především na severní polokouli, v rozmezí zeměpisných šířek 5° v tropech a subtropích ve vyšších nadmořských výškách) až 58° severní šířky. V přímořských oblastech, jejichž klimatické podmínky jsou ovlivněny Golfským proudem, se oblast jejího pěstování rozšiřuje až k 64° severní šířky (Skandinávský poloostrov, severní evropská část Ruska) a v severovýchodní Sibiři až k 63° severní šířky (Foltýn et al., 1970). Pšenice je nejdůležitější plodinou mírného pásma, které vyhovují spíše chladnější oblasti s průměrným množstvím srážek do 600 mm rovnoměrně rozložených, což odpovídá nižším polohám střední a západní Evropy (Šašková, Štolfa, 1993). Tyto oblasti také nejlépe odpovídají nárokům pšenice na teplo (souhrn vegetačních teplot ozimé pšenice 1960- 2534 °C) (Foltýn et al., 1970).

Pšenice ozimá je jednou z nejnáročnějších obilnin na půdní podmínky a živiny. Nejvhodnější jsou pro ni střední až těžší půdy (písčitohlinité, hlinité a jílovitohlinité půdy) s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,2 – 7). Za nevhodné půdy pro pšenici jsou považovány půdy velmi lehké, písčité až vysychavé, kyselé a zamokřené (Pulkrábek et al., 1995).

Vyjma extrémních stanovišť je pšenici ozimou, díky její přizpůsobivosti, možné pěstovat ve všech výrobních oblastech (Faměra, 1993). Důležitým předpokladem pro pěstování je zajištění osiva vhodných, v místě rajonizovaných odrůd (Špaldon et al., 1963).

### 3.4 Biologická charakteristika

#### 3.4.1 Zárodek

Zárodek je uložen na bázi hřbetní strany obilky. Svrchu jej kryje oplodí (pericarpium) a osemení (testa). Štítkem (scutellum) přiléhá k endospermu. Na apikální straně je vegetační vrchol (plumula) s listy. Na protilehlé straně je hypokotyl a základy kořínků. Mezi hypokotylem a bází koleoptile je utvořeno první internodium, zvané mezokotyl (Zimolka et al., 2005). V zárodku je uloženo 3 - 5 kořínků. Prostřední, který leží mezi oběma vedlejšími, se nazývá radícula. Je základem primárního kořínku. Radícula je kryta koleorrhizou. Vzrostlý vrchol kryje koleoptile. Na přechodu koleoptile a koleorrhizy je na protilehlé straně štítku epiblast (Foltýn et al., 1970).

### 3.4.2 Kořen

Kořenová soustava vzniká již při klíčení zrna, když se vytvářejí zárodečné kořínky (Špaldon et al., 1986). Při klíčení proráží radícula obklopená koleorrhizou oplodí (pericarp). V kořenové soustavě nazýváme tento kořen primární. Téměř současně se objevují adventivní kořeny, které jsou v embryu uloženy vedle radicy. Podle jejich polohy v embryu je nazýváme kořeny vedlejšími. Všechny ostatní adventivní kořeny vyrůstají z odnožovacího uzlu nebo z nadzemního kolínka. Postranní (laterální) kořeny jsou ty, kterými se kořeny větví. (Foltýn et al., 1970). Šašková a Štolfa (1993) uvádějí, že svazčité kořeny pšenice pronikají do hloubky 20 – 50 cm. Moderní krátkostébelné odrůdy mají slabší kořenový systém, a proto vyžadují výživnější půdy. Špaldon et al., (1986) dodávají, že kořeny mohou sahat do hloubky až 1,8 m, ale převážná část se rozkládá zejména v orniční vrstvě. Kořenová soustava se rozprostírá do šířky až 120 cm. Prodlužovací růst kořínků pšenice je 12,5 – 14 mm za den během prvních 70 dnů po vyklíčení.

Kořenový systém ovlivňuje chování a růst celé rostliny, především z hlediska odolnosti proti suchu a nízkým i vysokým teplotám. Dále působí na celý vegetační vývoj i zralost generativních orgánů. Významná je produkce rostlinných hormonů, které působí prostřednictvím kořenů a vzájemným působením mezi nadzemní a podzemní částí na celý metabolismus a růst, jeho zrychlení i zpomalení (Petr et al., 1980).

Na růst a vývoj kořenové soustavy má vliv mnoho faktorů, zejména teplota, vlhkost půdy, obsah živin v půdě a další. Za optimální teplotu pro počáteční růst kořenů ozimé pšenice považujeme teplotu 14 – 16 °C (Špaldon et al., 1986).

### 3.4.3 List

Při klíčení vyrůstá vzápětí za primárním kořínkem koleoptile (Foltýn et al., 1970). Po objevení se koleoptile nad povrchem půdy vlivem světla zastaví svůj růst, naopak u prvního zeleného listu, který je uložen uvnitř dojde k intenzivnímu růstu. Ze spodní báze vzrostného vrcholu se následně tvoří další listy (Zimolka et al., 2005).

List pšenice se skládá z pochvy a čepele (Špaldon et al., 1986). Je přisedlý a svou pochvou objímá stéblo. Na přechodu mezi pochvou a čepelí je jazýček a při něm po obou stranách listové pochvy jsou ouška (Foltýn et al., 1970). Listy jsou umístěny na kolénkách, jsou podlouhlé, kopinatě zašpičatělé, horní listy jsou delší a širší. List může vzhledem ke stéblu svírat různý úhel (od plagiofilního postavení listů po ekektoidní). Toto je významným činitelem pro volbu hustoty porostu (Špaldon et al., 1986). Listy jsou střídavé. Jejich čepel je

podle odrůdy různě široká, světle zelená až fialově zelená, bývá ojiněná, vosková vrstva je šedomodrá (Šašková, Štolfa, 1993).

#### **3.4.4 Stéblo**

Stéblo pšenice má válcovitý tvar. Je buď duté (u pšenice obecné) nebo vyplněné částečně pod klasem křehkým parenchymatickým pletivem (u pšenice tvrdé). (Špaldon et al., 1986). Stéblo se od báze směrem ke klasu zužuje (Zimolka et al., 2005). Výplň a síla stébla podmiňují odolnost proti poléhání. Stéblo je po celé délce rozdělené kolénky na 5 – 6 článků (Špaldon et al., 1986). Nejkratším je internodium bazální (nejspodnější), nejdelším poslední (pod klasem). Při tvorbě stébla (jeho morfologickými znaky a anatomickou stavbou) se vytváří stupeň odolnosti proti poléhání. Kolénka reagují geotropně, takže za předpokladu pokračujícího dlouhivého růstu stébla se mohou, po polehnutí rostlin, částečně vzpřímit (Zimolka et al., 2005). Délka stébla závisí na vlhkosti, úrodnosti půdy, hnojení, vlastnostech odrůdy a dalších podmínkách (Špaldon et al., 1986). Stéblo pšenice obvykle dorůstá výšky 40 – 160 cm (Šašková, Štolfa, 1993).

Tvorba stébla signalizuje přechod rostliny z vegetativního do generativního období, kdy se na vzrostném vrcholu vytvoří kláskové hrbolky. Je důsledkem intenzivního dělení buněk v subapikálním meristému a vrchol je unášen vzhůru. Současně se prodlužují pochvy právě vytvořených listů (vytvoření nepravého stébla). Po objevení se 1. kolénka (po jeho nahmatání) zaznamenáváme začátek sloupkování (Zimolka et al., 2005).

Stéblo se skládá z vodivých pletiv xylému, které zajišťují transpirační tok a ze sítkovice floému, která zajišťuje asimilační tok (Foltýn, 1989). Dále epidermis, sklerenchymatická hypodermis a pod ní parenchymatické pletivo. Uprostřed stébla se utvořila střední dutina potrháním základního parenchymu (Foltýn et al., 1970).

Vodivá pletiva stébla se spojují do cévních svazků. Počet velkých cévních svazků v horním internodiu předznamenává počet klásků v klasu. Průměr stébla tedy souvisí s produktivitou klasu. Naproti tomu délka stébla (výška rostliny) jako odrůdový znak není vázán se znaky horního patra stébla (včetně počtu klásků v klasu) a nesouvisí ani s vegetační periodou. Výška stébla není spjata s hektarovým výnosem zrna. Stéblo může být zkráceno morforegulátorem růstu, aniž by se to odrazilo na produktivitě klasu (Foltýn, 1989).

#### **3.4.5 Květenství**

Květenstvím pšenice je složený klas, jehož osou je vřetenno (obdobně jako u stébla na něm rozlišujeme kolénka a články), na něž svou bází přisedají jednotlivé klásky. U pšenice na

každý článek klasového větene přísluší jeden vícekvětný článek. Klásek tvoří dvě bezosinné plevy a příslušný počet (2 – 5 i více) kvítků, které obaluje z vnější strany plucha, z vnitřní pluška. (Zimolka et al., 2005). Špaldon (1963) dodává, že z těchto kvítků jsou obvykle 2 – 3 plodné a ostatní zasychají.

U osinatých klasů z pluchy vyrůstá osina. Dalšími součástmi kvítků jsou pestíky a tyčinky. Pestík sestává ze dvou pětých blizen, pod nimi se nachází semeník. Otevírání kvítku pro jeho opylení zajišťují dvě pleny (lodikuly), které jsou umístěny na spodní straně semeníku z jeho vnější strany. Ze semeníku vyrůstají tyčinky složené z nitek a prašníků, každý se dvěma pouzdry vyplněnými pylem (Zimolka et al., 2005).

### **3.4.6 Plod**

Plodem je obilka, která má tři části: obaly, endosperm (jádro) a embryo (zárodek). Oplodí a osemení tvoří vrchní obaly obilky. Podíl obalů na hmotnosti obilky je asi 8 %. Pod vrchními obaly je vrstva aleuronových buněk, která ohraničuje endosperm (Serna-Saldivar, 2010). Buňky endospermu na příčném řezu mají tvar nepravidelného trojúhelníku až mnohoúhelníku, jsou vyplněny škrobem (Zimolka et al., 2005). Endosperm tvoří zhruba 89 % hmotnosti obilky (Serna-Saldivar, 2010). Škrobová zrna jsou různé velikosti, čočkovitého tvaru, soustředěně vrstevnatá. Na bazální straně obilky přiléhá k endospermu štítkem embryo (Zimolka et al., 2005).

Pšeničné zrno obsahuje průměrně 13,6 % vody, 10 – 16 % bílkovin, 63,8 % bezdusíkatých extraktivních látek, 2,2 % hrubého tuku, 2,4 % buničiny a 2 % popelovin (Špaldon et al., 1986)

## **3.5 Chemické složení pšeničného zrna**

Podíl chemických látek v jednotlivých částech zrna je značně rozdílný a je závislý na odrůdě, klimatických podmínkách, lokalitě a agrotechnice (Prugar et al., 2008).

Základní složky zrna ozimé pšenice:

- Sacharidy
- Bílkoviny
- Minerální látky
- Lipidy
- Vitaminy

### 3.5.1 Sacharidy

Sacharidy tvoří největší podíl zrna pšenice. Sem patří především polysacharidy: škrob, celuloza, hemicelulosa, pentosany, slizy; oligosacharidy: maltosa a isomaltosa; monosacharidy: glukóza a fruktóza a konečně sacharidy jako součást komplexů s lipidy a bílkovinami: glykolipidy a glykoproteiny (Prugar et al., 2008)

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že obsah škrobu se v pšeničném zrně pohybuje v rozmezí od 50 do 70 %. Obsah škrobu v zrně ovlivňuje odrůda a agrotechnické podmínky.

Škrob se skládá ze dvou polymerů glukózy: lineární molekuly amylozy, která tvoří 25-30 % škrobu a z rozvětveného amylopektinu, který tvoří 70 – 75 % škrobu. (Watson, 1987).

### 3.5.2 Bílkoviny

Ze všech látek obsažených v pšeničném zrně mají ovšem největší význam bílkoviny, a to jak z technologického, tak i pro nutriční a krmnou hodnotu. Jejich množství kolísá v rozpětí od 8 do 20 % v sušině zrna. V meteorologicky normálním roce obsahuje zrna pšenice okolo 12 – 13 % bílkovin v sušině se zastoupením 8 esenciálních aminokyselin. Množství proteinů se liší v různých částech zrna, nejvyšší je v aleuronové vrstvě a v klíčku. V endospermu ubývá obsah proteinů směrem do středu. Bílkoviny endospermu (lepek), které přecházejí do mouky, jsou nositeli technologických vlastností pšeničného zrna (Prugar et al., 2008).

Lepek se v podstatě skládá ze dvou bílkovinných frakcí: z gliadinu rozpustného v 70 % etanolu a gluteninu rozpustného ve zředěných roztocích hydroxidů (Foltýn et al., 1970).

### 3.5.3 Minerální látky

Souhrnně se označují tyto látky jako „popeloviny“, to znamená anorganický zbytek po spálení organického materiálu. Obsah popela se v celých zrnech pohybuje v rozmezí 1,4–3 % v závislosti na odrůdě, obsahu živin v půdě a podmínkách v průběhu vegetace (Foltýn et al., 1970). Koncentrace popelovin je nejvyšší v podobalových vrstvách a nejnižší v endospermu. Obsah popelovin stoupá se stupněm vymletí. Zrna ve 100 g sušiny obsahuje asi 450 mg fosforu, 380 mg draslíku, 160 mg síry, 140 mg hořčíku, 60 mg vápníku, 30 mg sodíku, 5 mg železa, 4,5 mg manganu, 3 mg zinku, 2,5 mg bóru, 0,7 mg mědi, v nepatrných dávkách ještě další minerální prvky (Prugar et al., 2008).

### 3.5.4 Lipidy

V pšeničném zrně je podle Špaldona et al. (1986) 1,4 – 2,6 % lipidů, které jsou nerozpustné ve vodě. Prugar et al. (2008) uvádějí rozmezí obsahu lipidů o něco širší 1,5 – 3

%. Kromě vlastních tuků se na tvorbě lipidů podílejí i fosfatidy, jejichž složkou je lecitin, důležitý pro látkovou výměnu v lidské a zvířecím organismu (Špaldon et al., 1986). Hlavní podíl lipidů je soustředěn do klíčkové části zrna (Prugar akol., 2008).

### **3.5.5 Vitaminy**

V pšeničném zrně se vyskytují vitaminy důležité pro výživu člověka i hospodářských zvířat. Ve 100 gramech sušiny se průměrně nachází 0,45 mg thianinu, 0,15 mg riboflavinu, 5,0 mg niacinu, 1 mg kyseliny pantotenové, 0,4 mg pyridoxinu, 0,15 mg kyseliny listové, 0,015 mg biotinu, 3,0 mg tokoferolů, a 0,01 mg provitaminu A-karotenu. Vitaminy jsou většinou nahromaděny v klíčku a v aleuronové vrstvě zrna (Prugar akol., 2008).

## **3.6 Vegetační faktory**

Pšenice je plodina především mírného pásma. Vyhovující je pro ni teplé a přiměřeně vlhké podnebí (NIIR Board of Consultants & Engineers, 2006). I když se pšenice ozimá pěstuje ve všech výrobních oblastech, dosahuje se rozdílných výnosů zrna v různé kvalitě podle podmínek stanoviště a použité agrotechniky (Faměra, 1993).

### **3.6.1 Teplota**

Pšenice je plodina náročná na teplo a vyžaduje souhrn vegetačních teplot v rozmezí 1660 až 2530 °C (Spiertz, 2006). Požadavky pšenice na teplotu se v průběhu vegetace mění podle fáze růstu. Pro úspěšné pěstování jsou však důležité podmínky při přezimování porostu. Pro přezimování rostlin je rozhodující teplota v oblasti odnožovacího uzlu. Odolnost vůči nízkým teplotám je geneticky založená vlastnost. Mrazuvzdornost porostu je závislá i na působení řady dalších faktorů jako je hloubka odnožovacího uzlu v půdě, výška sněhové pokrývky, přizpůsobení rostlin nízkým teplotám, urostlost rostlin atd. Nepříznivě působí zejména prudké kolísání teplot (Faměra, 1993).

Nároky na teplotu se v průběhu vegetačního období značně diferencují (Špaldon et al., 1986). Scade (1975) uvádí, že minimální teplota, kterou pšenice vyžaduje pro klíčení je 3 – 5 °C.

V období vzházení a odnožování potřebuje teplotu 12 - 14 °C. Na přechodu z podzimu do zimy působí nejlépe denní teploty 10 - 12 °C, které mohou v noci poklesnout až na 0 °C i méně. Tento průběh teploty působí kladně na proces otužování.

Na jaře vyžaduje pšenice teplotu 12 - 15 °C, ve fázi sloupkování o něco vyšší, ale nikdy ne nad 25 °C. Vyšší teploty působí zvláště nepříznivě, když působí spolu s nedostatkem vody v půdě (Špaldon et al., 1986).

Chladnější a vlhčí počasí způsobuje zpomalení vývinu rostlin. To působí příznivě v období tvorby odnoží a na začátku sloupkování, kdy se zakládá více klasů s vyšším počtem zrn (Faměra, 1993).

V období odnožování a metání je optimální teplota 16 – 22 °C (Foltýn (1989)). Na jaře pšenici škodí zejména prudké střídání vyšších denních a nízkých nočních teplot (Špaldon et al., 1986). Foltýn (1989) a Špaldon et al. (1986) shodně uvádějí, že v období metání a kvetení jsou pro pšenici optimální teploty v rozmezí 18 – 24 °C. Špaldon et al. (1986) dodávají, že teploty nad 25 °C už nepůsobí příznivě.

Podle Prugara et al. (2008) jsou teploty nad 30 °C za současné nízké vlhkosti vzduchu v období nalévání zrna nežádoucí, protože způsobují tvorbu drobných scvrklých zrn. Ve fázi dozrávání působí nejpříznivěji teploty 22 - 25 °C. Teploty nad 35 - 40 °C ovlivňují velmi nepříznivě proces konečného formování zrna. I krátkodobý, tepelný šok“ (35 až 40 °C) může mít na pšenici negativní vliv, zvláště pak na kvalitu zrna (Spiertz, 2006). Způsobují nejen snížení výnosu, ale zejména snížení semenářských kvalit a biologických hodnot osiva (Špaldon et al., 1986).

### **3.6.2 Voda**

Vliv teplot během vegetace se uplatňuje v úzkém vztahu ke srážkám (Faměra, 1993).

Pšenice je plodina náročná na vodu. Vyhovují jí průměrné srážky okolo 600 mm za rok (Peterson, 1965). Pšenice vyžaduje vláhu po celou dobu vegetace, avšak v každé fázi organogeneze má na vláhu různé nároky (Remeslo et al., 1986). Důležité je zejména období počátku tvorby kořenové soustavy, tvorby adventivních kořínků, které jsou podmínkou rovnoměrného odnožování. Množství půdní vody pro ozimou pšenici by ve fázi metání nemělo v hloubce 60 cm klesnout pod 70 – 75 % půdní vodní kapacity (Peterson, 1965).

Její nároky na vodu ovlivňuje půdní a vzdušná vlhkost, teplota, stav rostlin ale také intenzita slunečního záření. Na podzim je významný hlavně dostatek vody v horní deseticentimetrové vrstvě půdy. Nedostatek může způsobit zpomalené klíčení, opožděné a nejednotné vzcházení, řídké porosty, nedostatečný vývin kořenové soustavy (Remeslo et al., 1986).

V období od sloupkování do kvetení, tedy v době tvorby klasu a květů se zvyšují nároky na vodu (Špaldon et al., 1986). Marko et al. (1992) naproti tomu uvádějí, že v tomto období

vyhovuje pšenici méně srážek a více slunečního záření. Od konce kvetení až do skončení mléčné zralosti, kdy se formuje zrna, se nedostatek vody se projevuje sníženým počtem zrn v klasu, částečnou nebo úplnou hluchostí klasu (Špaldon et al., 1986). Naopak vlhké počasí v období tvorby obilky podporuje výnos, ale také způsobuje snížení obsahu N- látek a zhoršení ostatních znaků jakosti (Prugar et al., 2008). Koncem mléčné zralosti a na počátku voskové zralosti způsobuje nedostatek vody snížení hmotnosti zrna. (Špaldon et al., 1986). Marko et al. (1992) uvádějí, že mimo snížení HTS (hmotnost tisíce semen) má nedostatek vláhy v tomto období za následek také snížení počtu produktivních odnoží.

Vysoký výnos a dobrou jakost zrna zajišťují bohaté srážky do fáze kvetení s následnou vyšší teplotou vzduchu a přiměřenou vlhkostí půdy (Prugar et al., 2008).

Od poloviny voskové zralosti, kdy už listy žloutnou a odumírají, se nároky na vodu začínají snižovat (Špaldon et al., 1986).

### **3.6.3 Světlo**

Vedle teploty a vlhkosti je velmi důležité i světlo (Prugar et al., 2008). Účinek světla se na pšeničné rostlině projevuje ihned na začátku růstu (Špaldon et al., 1986). Prugar et al. (2008) a Špaldon et al. (1986) dále shodně uvádějí, že dobré sluneční osvětlení působí příznivě v období odnožování pšenice na tvorbu krátkých a silných, zejména dolních internodií a tvorbu produktivních odnoží a živě zelené zbarvení listů. Sluneční světlo spolu s teplem pomáhá zvyšovat intenzitu fotosyntézy, podporuje formování rostlinného orgánu, zejména tvorbu zrn a hromadění sacharidů, bílkovin a dalších látek v něm obsažených.

Podle Zimolky et al. (2005) dosahuje v oblastech s velmi dobrými podmínkami úhrnný sluneční svit během jarního a letního období vysokých hodnot, na jižní Moravě 1400 – 1500, v severozápadních Čechách 1300 – 1400 hodin. Stejných hodnot dosahuje i v oblastech s převážně vyhovujícími podmínkami. V oblastech s převážně nevyhovujícími podmínkami se sluneční svit v jarním a letním vegetačním období pohybuje od 1200 -1300 hodin a v oblastech s nevhodnými podmínkami je úhrnný sluneční svit krátký, do 1200 hodin.

### **3.6.4 Půda a živiny**

Pšenice ozimá je ze všech obilnin nejnáročnější na půdní podmínky a živiny. Slaběji vyvinutý kořenový systém vyžaduje půdy strukturní, hlubší hlinité a jílovitohlinité (Zimolka et al., 2005). Pšenici je vhodné pěstovat na půdách s neutrální až slabě kyselou reakcí (pH 6,2 - 7,0) (Pessarakli, 2014). Špaldon et al. (1986) uvádějí ideální rozmezí pH širší – 6,0 – 7,5. Špaldon et al. (1986) a Zimolka et al. (2005) dále shodně uvádějí, že půda k pšenici by měla



být úrodná a strukturní a měla by obsahovat dostatek živin, především dusík, fosfor a draslík ale také dostatek humusu a vápníku. Dostatek přístupných živin pro růst a vývoj pšenice by se měl nacházet zejména v hloubce do 40 cm, kde se rozkládá převážná část jejího kořenového systému (Prugar et al., 2008). Nevhodné jsou půdy extrémní, písčité, kyselé a trvale zamokřené. Důležité jsou i půdy s dobrou vodní kapacitou, která napomáhá k překlenutí přisušků s ohledem na celkově dlouhou vegetační dobu pšenice (Zimolka et al., 2005).

Nejvhodnější jsou podle Špaldona et al. (1986) černozemě a degradované černozemě, které mají dobré fyzikální vlastnosti a jsou schopné hromadit a udržovat vodu. Další v pořadí vhodnosti jsou nivní a lužní karbonátové půdy na aluviu, nivní a lužní hlinité a nekarbonátové půdy a hnědé hlinité rendziny. Při účelně řešené agrotechnice a vhodném systému hnojení můžeme pšenici s úspěchem pěstovat i na illimerizované hnědozemi, hnědých hlinitých, jílovitohlinitých a oglejených půdách.

Marko et al. (1992) uvádějí, že nevyhovující jsou písčité půdy s hodnotami pH pod 5,5, s vysokou hladinou podzemní vody. Dále půdy mělké, zamokřené, rašelinové a půdy s vysokým podílem skeletu, nad 25 %.

Mezi faktory ovlivňující výnos a kvalitu pšenice patří také výživa a hnojení (Prugar et al., 2008). Udávané hodnoty odběrových normativů jednotlivých živin jsou různé. Ve starších publikacích (Foltýn et al., 1970; Faměra, 1993) se uvádí průměrné množství odebraných živin na 100 kg zrna a odpovídající množství slámy a kořenů vyšší: 3 - 3,5 kg dusíku, 0,44 - 0,57 kg fosforu a 1,7 - 2,5 kg draslíku. Zatímco v novějších publikacích (Zimolka et al., 2005) uvedeno průměrné množství živin odčerpaných na 100 kg zrna a odpovídající množství slámy a kořenů nižší: 2,5 kg dusíku, 0,5 kg fosforu, 2 kg draslíku, 0,24 kg hořčíku, 0,4 kg síry. Foltýn et al. (1970) uvádějí, že toto množství odebraných živin v jednotlivých letech a různých v oblastech kolísá vlivem rozdílných klimatických, půdních i pěstitelských podmínek. Pšenice využívá živiny z půdní zásoby, takže je nutné je do půdy pravidelně dodávat v různých formách - v průmyslových a organických hnojivech. Na chudších půdách je vyšší příjem živin z dodaných průmyslových hnojiv k plodině, kdežto na úrodnějších stanovištích rostliny využívají z hnojiva v roce hnojení jen menší část a větší část živin z hnojiv přechází do půdní zásoby (Faměra, 1993).

### 3.7 Růst a vývoj pšenice

Popis růstových fází	Označení fází		Etapa Kuperman.
	DC	Feekes	
<b>Vzcházení</b>			
- Objevení blanité pochvy na povrchu půdy (1. list stočen uvnitř)	10	1	I.
První listy			
- fáze 1. -4. listu (2. vyrůstá z pochvy 1. listu)	11 – 14	1.1 -. 1.4	I.
<b>Odnožování</b>			
- začátek odnožování, 1. viditelná odnož	21	2	I. – II.
- plné odnožování, odnože mají vytvořeny listové čepel	25	3	II.
- prodlužování listových pochev	29	4	III. – IV.
<b>Sloupkování</b>			
- rychlé prodlužování listových pochev a vzpřimování rostlin	30	5	IV.
- 1. kolénko hmatné na hlavním stéble	31	6	V.a
- 2. kolénko hmatné	32	7	V.b – VI.
- 3. -6. kolénko	33 – 36		
- objevení posledního listu	37	8	VI. – VII.
- objevení jazýčku posledního listu	39	9	VII.
- naduření listové pochvy	43	10 – 10.1	VII.
- viditelné osiny	49		
<b>Metání</b>			
- 1. viditelný klásek klasu	51	10.2	VIII.
- celý klas vymetaný	59	10.5	IX.
<b>Kvetení</b>			
- objevení prašníků - zaschlé prašníky	61 – 69	10.5.1 – 3	IX.
<b>Zrání</b>			
- vosková zralost - obilka má konečnou velikost, obsah vodnatý, mlékovitý	71 – 77	11.1	X. – XI.
- vosková zralost - obsah obilky měkký, tvárný	83 – 85	11.2	XI.
- žlutá zralost - obsah obilky pevný, dá se rýpat nehtem	87	11.3	XI.
- plná zralost - obilka tvrdá, rostlina zaschlá	91	11.4	XII.

Tabulka 1: Růstové fáze obilnin (Zimolka et al., 2005)

### 3.7.1 Klíčení a vzcházení

Předpokladem včasného a vyrovnaného klíčení je kromě plně biologicky hodnotného osiva především dostatečná zásoba půdní vláhy. Při klíčení přecházejí nerozpustné rezervní látky endospermu působením fermentů (enzymů) v rozpustné látky, které přijímá zárodek prostřednictvím štítku. K tomu je zapotřebí dostatečné množství vody, tepla a kyslíku. Doba potřebná k nabobtnání je různá; záleží na odrůdě, velikosti endospermu, ale také na podmínkách prostředí (Foltýn et al., 1970)

Pšenice klíčí při teplotě 3 – 4 °C a vzchází při příznivých podmínkách, hlavně vláhových (60 – 70 % polní vodní kapacity), jako optimální teplota je uváděno 14 – 18 °C (Špaldon et al., 1986). V polních podmínkách vzchází obvykle za 7 – 9 dnů. Při nedostatku vláhy v době setí vzchází osivo nejen opožděně a nevyrovnaně, ale rostliny pak nevyrovnaně odnožují, zakořeňují a přezimují. Proto nevhodná příprava půdy před setím nepříznivě ovlivňuje nejen stupeň přezimování, ale také celkový výnos a kvalitu zrna (Foltýn et al., 1970)

Etapa vývoje vzrostného vrcholu dle Kupermanové je v I. etapě – vzrostný vrchol je v této době zcela jednoduchý, nediferencovaný, vytváří pouze polokulovitý útvar. Jeho rozměry jsou přibližně 0,3 – 0,6 mm. V základu tohoto útvaru se tvoří první listy. Tato etapa trvá až do začátku odnožování (Zimolka et al., 2005)

### 3.7.2 Odnožování a zakořeňování

Počet zakládaných primárních kořínků souvisí s odrůdovou vlastností a velikostí zrna. Naproti tomu doba výsevu, stanoviště a průběh počasí počet primárních kořínků neovlivňují (Foltýn et al., 1970). Špaldon et al. (1986) a Foltýn et al. (1970) shodně uvádějí, že odnožování nastává několik dní po vzejití, když se objeví 3. – 4. list.

Při odnožování se rostliny rozvětvují pod povrchem půdy z odnožovacího uzlu a postupně zakládají odnože jednotlivých řádů a jim odpovídající kořenový systém (sekundární kořínky). Hloubka odnožovacího uzlu pod povrchem půdy ovlivňuje dynamiku odnožování i zakořeňování, a tím i stupeň přezimování; je závislá především na průběhu počasí v období po zasetí (vliv ročníku) (Špaldon et al., 1963).

Dynamika a stupeň odnožování záleží na odrůdě a na podmínkách prostředí (době výsevu, normě výsevu, intenzitě hnojení, půdní vláze, teplotě apod.). Zvýšená teplota při dostatečné zásobě živin, zvláště dusíku, a úměrné zásobě půdní vláhy podporuje odnožování a zakládání sekundárních kořínků. S opožděním výsevu se snižuje počet odnoží na rostlinu a zvyšuje se jejich nevyrovnanost. Zvláště u výkonných odrůd je vývojová diference mezi

jednotlivými stupni odnoží podstatně vyšší než u odrůd dříve pěstovaných (Foltýn et al., 1970).

Podle Zimolky et al. (2005) přechází organogeneze vzrostného vrcholu z I. do II. etapy při vytvoření první viditelné odnože. Druhá etapa je charakteristická prodlužováním vzrostlého vrcholu. Jeho tvar je stále jednoduchý, velikost dosahuje 0,5 – 0,8 mm. Probíhá zde diferenceiace dělivého pletiva na budoucí články stébla, kolénka a dochází k formování základů listů. V úžlabí každého listu dochází k vytvoření nového vzrostlého vrcholu, což je základ budoucí odnože (Petr et al., 1980). Zimolka et al. (2005) dále uvádějí na konci odnožování, tedy při prodlužování listových pochev přechází organogeneze vzrostného vrcholu do třetí a následně i do IV. etapy.

Ve třetí etapě nastává rýhování, vzrostlý vrchol se prodlužuje. U pšenice vzniká více listových základů a celý vzrostný vrchol vlastně představuje základ klasového větene. Délka, kterou vrchol v této fázi dosahuje je asi 0,7 - 1,5 mm. V této etapě se formuje délka budoucího klasu.

Další, tedy čtvrtá etapa je typická tvorbou kláskových hrbolků. Vzrostný vrchol se začíná tvarově měnit v budoucí klas. V závislosti na dědičném založení odrůdy a podmínkách pro vývoj a růst se formuje určitý počet klásků. Při nástupu této etapy se kolénka nahromaděná pod vzrostným vrcholem začínají oddalovat, jedná se vlastně o začátek fáze sloupkování (Petr et al., 1980).

### **3.7.3 Sloupkování**

Další fází růstu je období intenzivního prodlužovacího růstu – sloupkování. Při něm se stébelná kolénka na nejstarším vrcholu od sebe odsunují, čímž se vytvářejí stébelná internodia (Foltýn et al., 1970). Objevení se prvního kolénka u ozimé pšenice signalizuje přechod ze IV. do V. etapy organogeneze, kdy se na kláskovém hrbolku začíná tvořit kulovitý útvar ohraničený rýhou (Zimolka et al., 2005). Začátek intenzivního prodlužovacího růstu je velmi citlivý na nedostatek živin a půdní vláhy (první ze tří kritických fází na nedostatek vody). Při nedostatku srážek se prodlužuje průběh V. etapy organogeneze, a tím současně schopnost rostlin k dodatečnému neproduktivnímu odnožování. Opožďuje se také metání, zkracuje se období tvorby zrna na úkor absolutní váhy zrna, osivo je nevyrovnané a celkový výnos zrna je nižší (Foltýn et al., 1970). Pátá etapa je charakterizována formováním kvítků - zakládáním kvítkových hrbolků a jejich diferenciací. Tato etapa je dosti široká a proto jí dělíme na podetapy:

V. a – na kláskovém hrbolku se začíná tvořit polokulovitý útvar ohraničený rýhou. Ten se později dělí na základy kvítků a rýha je základem budoucí plevy.

V. b – probíhá další diferenciaci kláskového hrbolku na 4 i více polokulovitých útvarů- základů jednotlivých kvítků. Valy pod těmito základy jsou obalové složky kvítků- pluchy a plušky. V této etapě se tedy formuje důležitý prvek struktury- počet zrn.

V. c – vytvářejí se základy pestíků a prašníků a tvoří se archesporiální buňky. (Petr et al., 1980).

VI. etapa začíná vytvořením 2. hmatného kolénka a končí objevením se posledního listu, kdy přechází do VII. etapy organogeneze vzrostného vrcholu. VI. etapa je charakteristická diferenciací prašníků a pestíků a pokračuje tvorbou obalových složek klásků a kvítků. Tato etapa souvisí s velkou periodou růstu (Zimolka et al., 2005).

Při VII. etapě se dokončuje formování pohlavních orgánů – prašníků a pestíků. Prodlužují se tyčinky a rostou květní obaly. Prodlužují se články klasového větve a u osinatých odrůd rychle rostou osiny. V této etapě se v podstatě dokončí skryté procesy organogeneze probíhající v pochvě posledního listu (Petr et al., 1980). Tato etapa končí, když začínají být viditelné osiny v pochvě posledního listu (Zimolka et al., 2005).

#### **3.7.4 Metání**

Metání ozimé pšenice je fáze, kdy se objevují květenství v pochvách horních listů. Formování klasu závisí na termínu setí, teplotě vzduchu a délce dne a může se podle ročníků odchýlit o 8 - 10 dní (Špaldon et al., 1986).

Podle Zimolky et al. (2005) odpovídá metání etapám organogeneze vzrostného vrcholu podle Kupermanové VIII (1. viditelný klásek klasu) a IX (celý klas vymetáný).

#### **3.7.5 Kvetení**

Pšenice kvete brzy po vymetání klasů. Doba a způsob kvetení je výsledkem vzájemného působení vnitřních a vnějších faktorů. Za rozhodující jsou považovány teplota, vzdušná vlhkost a vlhkost půdy (Foltýn et al., 1970).

Kvetení probíhá po dobu 24 hodin, i když je v noci méně intenzivní než ve dne. Jednotlivé klasy kvetou 3 - 5 dní, celý porost kvete 6 - 9 dní. Délka kvetení závisí na odrůdě a průběhu počasí (Špaldon et al., 1986).

Pšenice je samosprašnou rostlinou. Při pukání prašníků asi jedna třetina pylu padá do kvítků, ostatní pyl je roznášen větrem do okolí rostliny. Tento charakter kvetení však dává předpoklad pro přirozené cizosprašení. Vysoká vlhkost vzduchu ve spojení s nízkou teplotou

ovlivňuje proces opylení a oplození negativně. Za slunečných dnů je pro opylení a oplození nejprůzřivější teplota 20 – 25 °C a relativní vlhkost vzduchu 60 – 70 % (Foltýn et al., 1970).

### 3.7.6 Zrání

Brzo po oplození začíná proces zrání. Do semeníku se začnou ukládat zásobní látky – tvoří se endosperm, z oplozeného vajíčka se formuje klíček a z obalů semeníku vzniká osemení a oplodí. Průběh zrání odpovídá průběhu kvetení, tj. nejprve začínají zrást zrna ze středních klásků a dále zrna od středu nahoru a dolů (Foltýn et al., 1970).

Další etapy vývoje vzrostného vrcholu podle Kupermanové lze definovat fenologickými fázemi – X (tvorba obilky), XI (mléčné zralosti), XII (žluté a plné zralosti) (Petr et al., 1980).

Zrání je složitý biochemický proces, kdy se z jednotlivých asimilátů tvoří složitější zásobní látky, hlavně bílkoviny a škrob. Škrobová zrna se ukládají nejprve do buněk v horní části semeníku a ke konci mléčné zralosti zaplní všechny buňky endospermu. Aleuronová vrstva se tvoří později. Také zárodek se formuje velmi rychle a někdy již za 6 – 7 dní po oplození je schopen klíčit. Celý proces, který můžeme rozdělit na tři hlavní fáze, je značně závislý na průběhu počasí (slunečním svitu, teplotě, srážkách a vlhkosti vzduchu). Teplota značně ovlivňuje průběh zrání, více než množství srážek (Foltýn et al., 1970).

Růst stébla se zastavuje a živiny z listů a stébla přecházejí do vznikajícího zrna. Zrno dosahuje za 12 až 16 dní mléčné zralosti a získává svoji konečnou podobu a délku (Špaldon et al., 1986).

Mléčná zralost ukazuje první příznaky zrání. Začínají žloutnout a zasychat spodní listy, všechna kolénka jsou však zelená a šťavnatá. Plevy, pluchy a plušky jsou zelené. Zrno má největší objem a při stisknutí z něho vytéká mlékovitá tekutina. V této době má asi 50 % vody (Foltýn et al., 1970). Špaldon et al. (1986) uvádějí, že na počátku mléčné zralosti obsah vody v zrnu dosahuje 70 – 65 % a na konci se snižuje na 42 – 38 %. Mírně chladné a vlhké počasí zlepšuje proces nalévání zrna a kladně ovlivňuje hmotnost zrna (HTS).

Druhý stupeň zralosti si můžeme u pšenice rozdělit na voskovou zralost a žlutou zralost. Dříve se oba názvy považovaly za synonymum.

Ve voskové zralosti jsou listy i stébla žlutá, kolénka však zůstávají slabě zelená, šťavnatá. Zrno a klas se typicky odrůdově vybarvuje, mají však dosud zelený nádech. Zrno je mazlavé, v prstech se hněte, má voskovou konzistenci. Přívod zásobních látek do zrna není ukončen (Foltýn et al., 1970). Špaldon et al. (1986) uvádějí, že vosková zralost následuje několik dní po mléčné a jejím charakteristickým znakem je žloutnutí zrna. Obsah vody klesá na 40 – 35 %.

Ve žluté zralosti jsou všechny části rostliny již typicky slámově žluté, zaschlé, kolénka jsou hnědá, ale nezaschlá (jen spodní se začínají scvrkávat). Při vrypu nehtem zůstává na obilce rýha, obsah vody se pohybuje mezi 25 – 30 %. Formování klíčku je zcela ukončeno – je plně klíčivý. Přívod zásobních látek do obilky se zastavuje.

V plné zralosti jsou všechny části rostliny žluté a odumřelé. Kolénka jsou na celé rostlině zaschlá (svraštělá). Zrno je tvrdé, s obsahem vody mezi 20 až 25 %, nedá se do něho rýpnout nehtem, těžko se láme. U některých odrůd je již nebezpečí vypadávání zrn v klasu (Foltýn et al., 1970). Špaldon et al. (1986) uvádějí, že v plné zralosti je obsah vody jen 20 – 16 %.

Při určování jednotlivých stupňů zralosti se ještě hovoří o tzv. mrtvé zralosti; sláma je křehká, lámavá, zrno tvrdé, suché (obsah vody 14 – 16 %).

O takzvané vynucené zralosti mluvíme tehdy, když po odkvětu vlivem sucha rostliny a tvořící se obilky zaschly (Foltýn et al., 1970).

## **3.8 Agrotechnika**

### **3.8.1 Zařazení v osevním postupu**

Pšenice ozimá je ze všech obilnin nejnáročnější na předplodinu, neboť ta podstatně mění půdní prostředí a vlastnosti důležité jak pro růst rostlin, tak pro tvorbu výnosu i jeho kvalitu (Zimolka et al., 2005). Správné zařazení pšenice v osevním postupu je velmi vážným úkolem. Podle víceletých výsledků výzkumu jsou nejlepšími předplodinami pro pšenici luskoviny, jeteloviny, olejnin a okopaniny (Špaldon et al., 1986). Předplodiny zanechávají v půdě různé množství rostlinám dostupné vlhkosti a živin, podmiňující strukturní stav půdy a zaplevelenost porostů. Agrotechnickou hodnotu předplodin určuje jejich schopnost zanechat rostlinám půdní vláhu potřebnou pro normální růst a vývin a v první řadě pro jednotné vzcházení, pro dobrý vývin kořenové soustavy a nadzemní biomasy na podzim (Remeslo et al., 1986). Vliv předplodiny na výnos může být až 25 % a různé odrůdy mají odlišnou reakci (Hořčíčka, 2012) Nejvhodnější předplodinou ozimé pšenice v našich podmínkách je bezesporu vojtěška, a to díky množství a kvalitě posklizňových zbytků, které zanechává v půdě i fixaci atmosférického dusíku hlízkovými bakteriemi (Zimolka et al., 2005) Foltýn et al. (1970) uvádí, že jeteloviny a jetelotravní směsky zvyšují výnos pšenice oproti průměrnému výnosu po všech zkoušených předplodinách o 6,9 až 15,8 %. Dále uvádí, že čisté kultury jsou lepší předplodinou než směsky, protože zanechávají v půdě více dusíku, organické zbytky se rychleji rozkládají a dříve se z nich uvolňují živiny.

Špaldon et al. (1986) uvádějí jako další vhodnou předplodinu pro pšenici ozimou luskoviny, jelikož zlepšují fyzikální vlastnosti půdy a obohacují ji o dusík. Foltýn et al. (1970) uvádějí, že vzhledem k těmto vlastnostem dochází k zvýšení výnosu pšenice pěstované po luskovinách v průměru o 10,4 % oproti jiným předplodinám. Dále uvádí, že je nutné zajistit bezplevelný stav porostů luskovin, kvůli možnému následnému zaplevelení porostů pšenice. Zatímco čisté výsevy luskovin působí na výnos pšenice příznivě, totéž neplatí pro luskovinoobilní směsky.

Jako vhodné předplodiny jsou uváděny také olejniny, především ozimá řepka a mák ale i slunečnice a len. Zvláště organicky hnojení olejnin zanechávají půdu ve velmi dobrém stavu. Slunečnice vzešlým výdolem značně přispívá k zaplevelení porostů pšenice, které pak vyžadují důkladné herbicidní ošetření (Zimolka et al., 2005). Foltýn et al. (1970) uvádějí, že při zařazení olejnin jako předplodiny pro ozimou pšenici do osevních postupů dochází k zvýšení výnosu pšenice v průměru o 15,7 % u řepky ozimé, o 14,2 % u máku a jen o 1,6 % u lnu oproti průměru předplodin.

Jak uvádějí Zimolka et al. (2005) okopaniny zanechávají půdu v příznivém stavu díky organickému hnojení, intenzivnější kultivaci a regulaci zaplevelení. Nevýhodou zařazování okopanin jako předplodiny pro ozimou pšenici může být (kromě ranných brambor) pozdní sklizeň, což může mít za následek nedodržení optimálního termínu setí pšenice. Po pozdě sklizených okopaninách - cukrové řepě, bramborech a kukuřici, nevyužívá ozimá pšenice dobrou předplodinovou hodnotu těchto plodin (Faměra, 1993) Z okopanin zařazovaných jako předplodina podle Foltýna et al. (1970) největší zvýšení výnosu pšenice vykazuje krmná řepa a to 19,6 %, brambory jen o 5 % oproti průměru předplodin.

Zastoupení obilnin ve struktuře plodin a vysoký podíl pšenice nevylučují pěstování pšenice po obilovinách, což je v každém případě méně vhodné, a to jak z hlediska výnosu zrna, tak i jeho kvality (Zimolka et al., 2005). V průměru snižují obilní předplodiny výnos pšenice téměř o 20 % ve srovnání s průměrem všech předplodin. Vhodnost jednotlivých obilovin jako předplodin pro ozimou pšenici můžeme seřadit takto: oves, ozimé žito, jarní pšenice, jarní ječmen (Foltýn et al., 1970)

Ozimá pšenice by neměla následovat více než v dvouletém sledu obilnin. V tříletém sledu již dochází k silným výnosovým depresím (Kvěch et al., 1985)

### **3.8.2 Zpracování půdy**

Zpracování půdy je velice důležité pro řízení pochodů v půdě, čímž je ovlivněna tvorba příznivějších podmínek pro vývin rostlin a zabezpečení vysoké účinnosti použitých živin.



Zpracování půdy má vliv na shromažďování vody a zamezení jejího výparu, dále ovlivňuje výživný, vzdušný a teplotní režim stejně jako rozklad organických látek. Včasné pečlivé zpracování půdy vytváří příznivé podmínky pro dobrý vývin kořenové soustavy, ničí plevel a snižuje možnost poškození škůdci a chorobami (Remeslo et al., 1986).

Způsob zpracování půdy volíme podle podmínek stanoviště, předplodiny, zaplevelení pozemku, stupně ulehlosti půdy a její momentální vlhkosti (Marko et al., 1992).

Podle Růžka et al. (2007) pšenici v suchých letech plně postačuje mělké zpracování půdy s ponecháním části posklizňových zbytků na povrchu půdy, pro omezení výparu vody z půdy.

Při tradičním postupu je třeba věnovat zvýšenou pozornost podmítce a to z hlediska její hloubky, doby, způsobu ošetření při zohlednění vlhkostních podmínek, půdního druhu, předplodiny a rovněž druhově zaplevelenosti pozemku. Provádí se zpravidla po ozimé řepce, luskovinách, luskovinoobilních směskách a obilninách. Její včasnost a kvalita provedení příznivě ovlivňuje rychlejší tlení posklizňových zbytků i rychlejší vzejití plevelů a má i fytosanitární vliv (Zimolka et al., 2005). Hloubku podmítka volíme podle podmínek jednotlivých oblastí tzn. ve vlhčích oblastech mělčí (8 cm), v sušších hlubší (do 15 cm). Podmítka musí zajistit, aby plevel dobře vzešly a aby byly setovou orbou zahubeny (Foltýn et al., 1970).

Včasná a kvalitní orba do hloubky 22-25 cm, v sušší oblasti při hluboké ornici až 28 cm by měla následovat alespoň tři týdny před setím (Špaldon et al., 1963). Zimolka et al. (2005) a Foltýn et al. (1970) shodně doplňují, že po víceletých pícninách by měla být orba provedena až 6 týdnů před setím. Hloubku je třeba diferencovat i s ohledem na předplodinu. Po okopaninách, zejména bramborách, půdu pouze kypříme do hloubky 10 – 12 cm za předpokladu, že není příliš utužená a zaplevelená vytrvalými pleveli. Čím kratší doba následuje mezi orbou a setím, tím by měla být orba mělčí (Zimolka et al., 2005).

Po kukuřici na zrno ořeme hlouběji (22 – 28 cm) jelikož zaoráváme velké množství posklizňových zbytků, přičemž za pluhem následují hvězdicové brány (Špaldon et al., 1986).

Marko et al. (1992) doporučují v oblastech, kde je časový odstup mezi sklizní plodiny a agrotechnickým termínem setí větší než 4 týdny provádět podmítka a její následné ošetření bránami a válci. Tato opatření výrazně zlepšují hospodaření s půdní vodou a urychlí vzházení plevelů a výdrolu, který je následnou orbou nebo podmítkou zlikvidován.

### 3.8.3 Osivo a setí

V souvislosti s vlastnostmi osiva je třeba znát biologickou hodnotu osiva, která se projevuje různou výnosností osiva ve stejných podmínkách, a semenářské kvality osiva, jako jsou čistota, klíčivost, energie klíčivosti apod. Každý agrotechnický zásah, kterým se zvýší množství a kvalita výnosu, odolnost porostu proti poléhání a větší morfologická vyrovnanost zrna, přispívá ke zvýšení biologické hodnoty osiva (Špaldon et al., 1986).

Vyšší osivová hodnota se projevuje rovnoměrným klíčením, vzcházením a rychlejší tvorbou kořenově a nadzemní hmoty. Tyto vlastnosti může mít i zrno střední velikosti, když bylo pěstováno agrotechnikou na vysoké úrovni, za dobrého hnojení a zejména za příznivého počasí v období dozrávání (Foltýn et al., 1970).

Velmi důležitá je složka preventivní ochrany osiva proti houbovým chorobám a snětím, kterou představuje moření osiva. Tyto choroby se projeví při nesprávném moření již na mladých klíčících a vzcházejících rostlinkách. Velmi důležité je kvalitní moření pomocí dobře fungujících mechanismů při přesném dávkování mořidla (Špaldon et al., 1986).

Mořením osiva lze úspěšně potlačovat sněti mazlavé, zakrslé, houbové choroby z rodu fusarium, plíseň sněžnou a další patogeny, které negativně působí na pěstovanou plodinu. Proto má toto opatření nezastupitelný význam při pěstování obilnin. Kvalitním moření hraje významnou roli a je jedním z předpokladů úspěchu (Palík et al., 2009).

Velký vliv na výnos má šlechtitelský, resp. množitelský stupeň osiva. Víme, že biologicky mladší osivo má vyšší osivovou hodnotu, a proto považujeme obměnu osiva za velmi účinný agronomický a velmi efektivní ekonomický zdroj zvyšování výnosnosti pšenice (Špaldon et al., 1986).

Optimální termín setí je závislý na odrůdě, půdních a klimatických podmínkách. Setí v agrotechnickém termínu je podmínkou dobrého a rovnoměrného vzcházení, zakořenění a upevnění rostlin v půdě a zejména umožňuje vytvořit základy silnějších a vyrovnanějších odnoží (Prugar et al., 2008).

Zimolka et al. (2005) a Špaldon et al. (1986) shodně uvádějí, že optimální termín setí se v závislosti na odrůdě a nadmořské výšce pohybuje v kukuřičném výrobním typu od 20. září do 15. října a v řepařském výrobním typu od 20. září do 10. října. V bramborářském výrobním typu je optimální termín setí od 10. do 30. září.

Agrotechnické termíny setí pro konkrétní odrůdy a ekologické podmínky se mohou nejlépe stanovit na základě víceletých pokusů s postupnými termíny setí v určité oblasti resp. lokalitě při respektování rajonizace (Špaldon et al., 1986). Pšenice se nemá sít předčasně ani

pozdě, protože jak předčasné, tak i pozdní setí snižuje výnosy (Diepenbrock, 2000). Předčasné setí je nežádoucí z hlediska výskytu některých živočišných škůdců a stéblových chorob. Je zde též riziko přebujení porostu a snížení odolnosti proti zimě a střídavým teplotám (Špaldon et al., 1986). Podle Špaldona et al. (1986) má pozdní výsev za následek snížení výnosu o 10 – 40 %. Foltýn et al. (1970) uvádějí, že zpožděné setí ozimů o 10 dní způsobuje průměrný pokles hektarového výnosu o 1 – 1,5 q, při zpoždění o 20 dní je pokles výnosu o 2,5 – 3 q/ha a při zpoždění o 30 dnů klesá výnos o 4 – 5 q/ha.

Termín setí úzce souvisí s obsahem vody a teplotou půdy. Podle víceletých pokusů konaných v USA byly porosty při teplotě 18 – 24 °C v době setí na povrchu kompletnější, ale zaostávala tvorba podzemní hmoty, protože nadzemní orgány se vyvíjejí na úkor podzemních. Při teplotě 12 – 16 °C rostou mohutněji podzemní orgány, což je z hlediska upevnění rostlin a jejich odolnosti proti nepříznivým vlivům počasí velmi důležité (Špaldon et al., 1986).

Výnosnost pšenice významně ovlivňuje i velikost výsevku, způsob a hloubka setí (Bezděk et al., 1970). Bylo zjištěno, že rostliny je třeba rozmístit tak, aby bylo dosaženo nejlepšího souhrnu půdního a vzdušného prostoru, potřebného pro formování vysokého výnosu (Špaldon et al., 1986). Zimolka et al. (2005) uvádějí, že úkolem vlastní setí je pak rozmístění obilek v půdním prostředí tak, aby se geometrický obrazec jejich prostorového rozmístění přibližně rovnal ideálnímu tvaru čtverce, kruhu či rovnostranného trojúhelníku, vyjadřujícího úživnou plochu rostliny, v rovnoměrné hloubce. Ta je nezbytným předpokladem pro vyrovnaný porost.

Špaldon et al. (1986) uvádějí, že při stejném výsevku užší řádky zajišťují rovnoměrnější rozdělení rostlin na jednotce plochy. Sejeme proto do užších řádků 75 – 105 mm, maximálně však do 125 mm. Naproti tomu Zimolka et al. (2005) uvádějí jako nejvýhodnější zvláště na půdách s nižší úrodností je šířka řádku 125 až 170 mm. Naopak při snižování rozteče řádků dochází k přehuštění porostu a zvýšení výskytu chorob.

Velikost výsevku se pohybuje od 4 do 6 mil. klíčivých semen na hektar v závislosti na odrůdě. Na úrodných půdách dobře zásobených vodou a živinami, po dobré předplodině a při vysoké úrovni agrotechniky používáme dolní hranici velikosti výsevku (Špaldon et al., 1986). Zimolka et al. (2005) a Prugar et al. (2008) shodně uvádějí, že za splnění optimální parametrů setěového lůžka, upřednostňujeme nízký výsevek s 2,5 – 3 MKS/ha. Výše výsevku se stupňuje s opožděním termínu setí, a to od průměrného 3, - 4,5 MKS/ha, až do vysokého 5,5 – 6 MKS/ha.

Optimální hloubka setí je jedním z nejučinnějších prostředků k zabezpečení rovnoměrného klíčení, vzcházení a celkové prosperity porostu v období vegetace.

V produkčních oblastech je to hloubka 40 – 60 mm. Na těžších a vlhčích půdách sejeme mělčeji, na lehčích půdách a v suchých podmínkách hlouběji (Špaldon et al., 1986). Prugar et al. (2008) uvádějí jako optimální hloubku setí 30 – 50 mm.

Hloubka setí přímo souvisí s odolností rostlin proti vyzimování. V případě nepříznivé zimy mají mělce zaseté rostliny odnožovací kolénka založená těsně pod povrchem půdy nebo dokonce na povrchu. V tomto případě může odumírání jedinců a snížení výnosu dosáhnout 40 – 60 % (Špaldon et al., 1986).

Podle získaných údajů dosahují teplotní rozdíly v horních vrstvách půdy v zimě 1,5 – 2 °C na každých 10 mm hloubky. To znamená, že se při dostatečně hlubokém setí může odnožovací kolénko nacházet v hloubce 35 – 40 mm. V případě holomrazů při teplotě -20 °C na povrchu, bude teplota v hloubce odnožovacího kolénka -15 až -12 °C. (Foltýn et al., 1970).

Současná situace v nabídce a ve vybavení secí techniky představuje v zásadě tyto možné způsoby výsevu:

- Setí do řádků (řádkové setí)
- Setí do pásků (páskové setí)
- Setí naširoko (plošné)

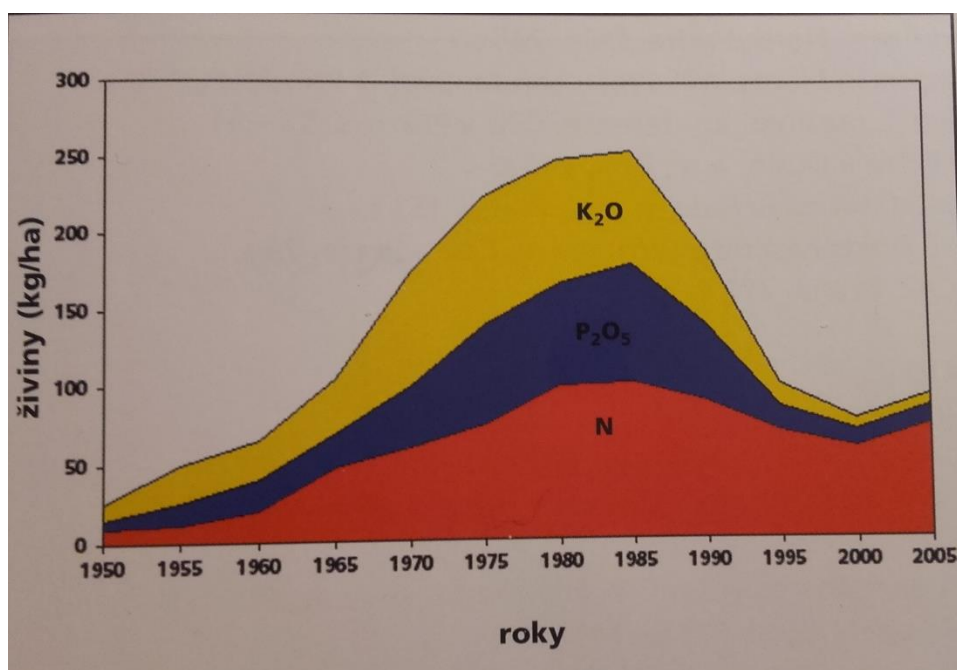
(Zimolka et al., 2005)

### **3.9 Historie hnojení**

První poznatky o výživě rostlin sahají hluboko do starověku a je možné konstatovat, že jsou tak staré jako zemědělství samo. Pravidla o hnojení rostlin jsou známá již od počátků lidské civilizace. Jeho nejlepším představitelem byl čínský a perský rolník, využívající k obnově půdní úrodnosti zvířecí exkrementy. Zkušený zemědělec si vždy vážil hnojiv, neboť příroda jej poučila, že tam kde se jimi opovrhovalo, hlásil se hlad.

Již první zemědělci si ověřili hnojivé účinky vypalování lesů, Římané příznivé působení zvířecích výkalů, vápence, slínu i sádry. Ač nebyla známa podstata tohoto působení, byly poznatky uplatňovány v praktickém zemědělství. Nedostatek experimentálních poznatků byl řešen spekulativně úvahami filosofů, z nich někteří (Démokritos, Epikuros) pozoruhodným způsobem směřovali správnou cestou k poznání o minerální podstatě výživy rostlin. Bohužel tyto názory zatemnila autorita Aristotelova, který tvrdil, že rostliny nemají látkovou výměnu a že látky, které potřebují, jsou již hotové v půdě. Velký rozvoj nauky o výživě rostlin nastává teprve v 2. pol. 19. stol.. Do té doby převládala tzv. humusová teorie výživy rostlin, která ve svých důsledcích působila příznivě, protože pozornost byla soustředěna na racionální použití statkových hnojiv, čímž se značně zlepšila půdní úrodnost.

Tuto teorii nahradily až nové poznatky C. Spengler a J. von Liebiga, kteří položili základy teorie minerální výživy rostlin a formulovali zákon minima. Liebig dokázal, že hlavním zdrojem uhlíku pro rostliny je atmosféra a ne pouze humus a poukázal na význam úhrady živin odebraných z půdy sklizněmi, lze je nahradit přívodem z vnějšku- minerální hnojiva. Zaujal kladné stanovisko ke střídání plodin a konstatoval, že střídáním plodin se omezí odčerpávání živin z půdy. Toto platí dodnes a stalo se to základem pro výživu rostlin a racionální použití hnojiv.



Obrázek 2: Spotřeba minerálních hnojiv v ČR (Vaněk et al., 2007).

Graf dokumentuje značný pokles hnojení zvláště fosforečnými a draselnými hnojivy. Omezení spotřeby hnojiv bylo na počátku 90. let ve většině případů oprávněné s ohledem na restrukturalizaci podniků, snížení produkce, hospodárnost a možnost čerpání živin z půdních zásob. V současnosti je již z půd po delší období odčerpáváno více živin, než je do půdy dodáváno. Značně negativní bilance je u fosforu, draslíku a hořčíku. Také spotřeba vápenatých hnojiv se značně snížila (Vaněk et al., 2007).

Od začátku 70. let 20. století došlo u pěstování ozimé pšenice k řadě zásadních agrotechnických změn. Například se z doporučení vypustilo předseťové hnojení dusíkem. Přitom výnosy zrna pšenice, kromě let 2014 a 2015 s velmi mírnými zimami, stagnují (Ličková et al., 2016).

### 3.10 Hnojení dusíkem

K živinám, které rozhodujícím způsobem ovlivňují výnos a kvalitu pšenice patří bezesporu dusík, který svými stupňovanými dávkami může do určité úrovně podpořit i příjem ostatních živin (Prugar *akol.*, 2008). Podle Remesla *et al.* (1986) platí tento vztah i obráceně tzn., že v případě dostatečné zásobenosti ostatními živinami jako fosfor a draslík se zvyšuje příjem dusíku a uplatňuje se jeho příznivý vliv na růst a vývin rostlin.

Výživa dusíkem je nejvýznamnější opatření, ovlivňující utváření výnosových prvků i vlastní výnos a kvalitu zrna. (Vaněk *et al.*, 2007) Snahou musí být zajistit rostlinám dostatek dusíku v půdě v období jeho potřeby, a proto vlastní hnojení musí vycházet z biologických zvláštností odrůd, půdní úrodnosti, průběhu povětrnosti a stavu porostu (Faměra a Micková, 2007). Pro zajištění dobrého a kvalitního výnosu a rentability produkce je zapotřebí, po zohlednění všech podmínek, správně stanovit celkovou dávku dusíku v minerálních hnojivech i období a způsob aplikace hnojiv (Vaněk *et al.*, 2007)

Prugar *et al.* (2008) uvádějí, že vzhledem k dynamice příjmu dusíku pšenicí, která přijímá dusík téměř po celou dobu vegetace, se hnojení dusíkem neprovádí jednorázově, ale podle vývojové fáze porostu.

Značná pohyblivost minerálních forem N v půdě a s tím související možnosti ztrát dusíku většinou v našich podmínkách neumožňují jednorázové použití dusíkatých hnojiv. V minerálních hnojivech bychom měli aplikovat v časovém předstihu takové množství dusíku, aby dodaný N spolu s půdním minerálním N kryl potřebu rostlin.

Z hlediska časové aplikace N hnojiv lze hnojení rozdělit na:

- A. Základní hnojení
- B. Přihnojení během vegetace
  - a. Regenerační hnojení
  - b. Produkční hnojení
  - c. Kvalitativní hnojení

(Vaněk *et al.*, 2007)

#### 3.10.1 Základní hnojení

Základní hnojení je realizované nejpozději do období setí. S ohledem na malou potřebu rostlin v podzimním a zimním období i na možnost ztrát dusíku není vhodné v tomto období na většině stanovišť dusíkem hnojit. Pouze na pozemcích méně úrodných, po špatné předplodině a při zaorávce většího množství posklizňových zbytků je možné aplikovat část

dusíku (do 40 kg na ha) nejlépe v síranu amonném. Toto hnojení nelze doporučit na propustnějších půdách středních a vyšších poloh (Vaněk et al., 2007). Za normálního průběhu počasí přijímá pšenice na podzim jen 10 -12 % celkově přijatých živin. Za nepříznivého průběhu počasí je však příjem živin značně omezen (Prugar et al., 2008).

Pro základní hnojení se doporučuje použít vícesložková hnojiva případně jednosložková např.: DAM 390 nebo močovinu v pevné formě. Všechna tyto hnojiva je vhodné po aplikaci rychle zapravit do půdy, aby se zabránilo ztrátám živin (Křen et al., 1998).

### 3.10.2 Regenerační hnojení

Regenerační hnojení se provádí po přezimování brzy na jaře; hnojí se jakmile to půdní a povětrnostní podmínky dovolí a rostliny začnou vegetovat (Vaněk et al., 2007).

Pro určení velikosti regenerační dávky dusíku musíme zohlednit hustotu porostu po přezimování (počet rostlin na m<sup>2</sup> a růstovou fázi), odrůdu, výsledky ARR (anorganický rozbor rostlin) a obsah minerálního dusíku v půdě (Křen et al., 1998). Nesmí se však hnojit na promrzlou půdu (do hloubky více než 8 cm) ani na sníh. Vhodné je však při vyšší vlhkosti hnojit na mírně promrzlou půdu při nočních mrazících umožňujících vstup techniky na pozemky (Vaněk et al., 2007). Cílem regeneračního přihnojení je obnovení biomasy u zimou zesláblých rostlin, zahuštění porostu odnožováním, a tím vytvoření podmínek pro dosažení vyššího počtu klasů na jednotku plochy (Prugar et al., 2008).

Je to důležité hnojařské opatření, kterým můžeme urychlit vývin porostu, jeho regeneraci a podpořit odnožování. Aplikují se dávky 20 až 60 kg N nejlépe v LAV, případně LV. Přednostně se používá u slabších a řidších porostů. Na sušších stanovištích (teplé a suché oblasti), zvláště při předpokladu suššího jara, je to nejvýznamnější opatření a je třeba zde aplikovat převážnou část dusíku. Podobně také ve středních a vyšších polohách, kde nastupuje období vyšších teplot později a je nižší mineralizace půdního dusíku, je toto hnojení nezbytné. Zkušenosti posledních let ukazují, že regenerační hnojení zajišťuje dobrou výnosovou jistotu vzhledem k příznivým vláhovým podmínkám tohoto období (Vaněk et al., 2007).

Marko et al. (1992) doporučují dávku dusíku na regenerační přihnojení 30 – 45 kg/ha.

S ohledem na časovou potřebu rostlin je zřejmé, že převážnou část dusíku v minerálních hnojivech je zapotřebí aplikovat na počátku jarní vegetace, aby rostliny měli dostatek dusíku v období intenzivního růstu (Vaněk et al., 2007).

### 3.10.3 Produkční hnojení

Produkční hnojení by se mělo provádět po odnožení na počátku sloupkování, kdy dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu – zakládá se počet zrn v klasu. Pozdějším nárůstem fytomasy začíná zvýšený příjem dusíku a je zapotřebí zajistit tvorbu založených stébel. Spolu s dostatečným počtem zrn v klasu to je předpoklad vysoké produkce zrna. V tomto období je proto důležité zajistit rostlinám dostatek N (Vaněk et al., 2007). Do začátku sloupkování rostliny přijmou v průměru asi 40 % N a intenzita jeho příjmu roste až do konce kvetení, kdy odebere dalších 30 % této živiny. Po odkvětu se požadavky rostlin na dusík relativně snižují, poněvadž se dusík přemísťuje z ostatních částí rostliny do tvořícího se zrna (Prugar et al., 2008). Většinou je to období, kdy aplikujeme největší část dusíku, hlavně tehdy, jestliže nebylo v dostatečné míře uskutečněno regenerační hnojení. Dávky N se pohybují podle stavu porostu, povětrnosti a obsahu N v půdě v rozmezí 20 až 60 kg N na hektar. Vhodným hnojivem je LAV a DAM 390. Regenerační a produkční hnojení jsou nejvýznamnější hnojařská opatření, která uplatňujeme u ozimé pšenice. (Vaněk et al., 2007).

Na produkční přihnojení ozimé pšenice jsou vhodná jak tuhá (DA, LAV, LAD Ureastabil), tak i kapalná (DAM 390, SAM, roztoky močoviny) dusíkatá minerální hnojiva v dávkách většinou 30 - 60 kg N/ha. Kapalná hnojiva je vhodné aplikovat spolu s herbicidy a při používání širších kolejových řádků, kde aplikace některých tuhých hnojiv není rovnoměrná. Výhodou kapalných hnojiv je, že postačuje menší množství srážek aby se živiny dostaly ke kořenům (5 mm), aby se živiny dostaly ke kořenům, ve srovnání např. s LAV, který vyžaduje minimálně 10 mm srážek. Potravinářské pšenice velmi dobře reagují na dusíkatá hnojiva s obsahem síry (např. DASA), které, mají příznivý vliv nejen na dosažený výnos, ale zlepšují i pekařskou jakost zrna (Růžek et al., 2004). Při volbě dávky pro produkční hnojení je nutno brát v potaz hnojení předešlá. Po regeneračním hnojení LAV, LAD, DASA a podobně můžeme předpokládat, že převážnou část amoniakálního dusíku obsaženého v těchto hnojivech rostliny přijímají až na začátku sloupkování (Růžek et al., 2008).

### 3.10.4 Kvalitativní hnojení

Kvalitativní hnojení je přihnojení uskutečněné těsně před metáním nebo krátce po něm. Tímto opatřením je možné ovlivnit kvalitu zrna a hmotnost 1000 semen. Je možné aplikovat dávku 20 až 30 kg N v LV nebo LAV. Účinnost tohoto přihnojení je značně závislá na průběhu počasí, které následuje po hnojení (Vaněk et al., 2007). Růžek et al. (2011) uvádějí, dávku kvalitativního přihnojení od 30 do 60 kg N/ha. Současně uvádí, že využití dusíku v této



fázi se u pšenice pohybuje okolo 30 – 50 % a to v závislosti na množství a časnosti srážek po aplikaci.

Častěji byl zjištěn vliv na kvalitu zrna nežli na výnos. Na dobrých stanovištích a při dostatečné výživě v předcházejících obdobích nepřináší vždy potřebný efekt. Za suchého počasí nejsou předpoklady příjmu ani vlastního působení aplikovaného N. Při vlhkém počasí může být pozdním přihnojením dusíkem podpořen vyšší výskyt houbových chorob klasu, a pokud není použito současně ochrany proti houbovým chorobám, může nastat i pokles výnosu a zhoršení kvality zrna (Vaněk et al., 2007).

Pro kvalitativní přihnojení je možné využít jak hnojiva kapalná tak i pevná. Z kapalných hnojiv jsou to např. roztoky močoviny. U kapalných hnojiv může být vzhledem k rychlosti jejich příjmu rostlinou jejich účinnost vyšší. Tímto způsobem je možno rostlinám dodávat jen omezené množství dusíku, protože při vyšších dávkách vystavujeme rostliny riziku popálení. Z pevných hnojiv se doporučuje používat LV, Ureastabil, močovina, LAV (Růžek et al., 2011)

### **3.10.5 Zimní nitratace pšenice ozimé**

Celé období vegetace pšenice se dělí na fáze:

- 1) Předzimní fázi – kdy se vytvoří jemné kořenové vlášení, které lépe přijímá nitrátový dusík než čpavkový.
- 2) Zimní fáze – nazývá se též fází kryptovegetace, tj. skryté vegetace. Podstata zimní vegetace je v tom, že pšenice dokáže využít i přechodné změny teploty v období zimních měsíců k pozvolnému růstu a vývoji a k doplnění ochranných rezervních látek.
- 3) Jarní růst – fyziologická fáze, která nastoupí, jen co pomine zima a nastane souvislé zvýšení teploty (Špaldon, 1963)

V zimní fázi mohou některé, zvláště rané odrůdy využít zimní nitrataci (zimní hnojení) (Ličková et al., 2016). Sledováním průběhu vegetace přezimujících rostlin se zjistilo, že rostliny se v průběhu vegetace nacházejí jen v domnělém vegetačním klidu. Ve skutečnosti i při teplotách pohybujících se kolem 0 °C probíhá vegetace tzv. kryptovegetace (Špaldon, 1963). Při kryptovegetaci nastávají speciální podmínky – půda je ochuzena o výživné roztoky, transpirace rostlin je zmenšená (téměř přerušená), velmi slabá je asimilační aktivita. Rostlina pšenice je zásobena organickými rezervami v kořincích a pochva je schopná za teplejších slunečných hodin rozvinout přiměřenou fotosyntézu (Ličková et al., 2016). Jakýkoliv růst a vývoj tedy probíhá na úkor malé rezervy látek, které si rostlina nashromáždila v průběhu podzimní vegetace. Pokusy potvrdily, že správně uskutečněné přihnojení v období zimy

zvyšuje množství zeleně listové, množství dusíku a důležitých aminokyselin v rostlinách. Zvyšují se tak i předpoklady pro vyšší a kvalitnější výnos (Špaldon, 1963)

### 3.11 Hnojení fosforem

Důležitou úlohu v energetickém metabolismu má fosfor, na jehož nedostatek je pšenice velmi citlivá. Tento prvek významně ovlivňuje fotosyntézu, dělení buněk, syntézu lipidů a bílkovin. Obsah fosforu má vysokou korelaci s výnosem zrna a schopností přezimovat ozimých pšenic. Zvýšený obsah fosforu v půdě ovlivňuje HTZ (hmotnost tisíce zrn) a sklovitost, neovlivňuje však vždy obsah lepku, jako výrazné odrůdové vlastnosti. V průběhu vegetace se fosfor významně podílí na intenzitě a rozsahu asimilace dusíku. Je významný v prvním období růstu, neboť zvyšuje odolnost proti vymrzání a podporuje tvorbu kořenového systému. Kladně ovlivňuje všechny pochody při metání, kvetení a formování zrna (Prugar et al., 2008)

Petr et al. (1980) uvádějí, průměrné hodnoty odčerpaných živin rostlinami ze z celkového dodaného množství se pohybují u fosforu mezi 10 – 20 %. Na tyto hodnoty působí kromě obsahu živin v půdě také fyzikálně chemické vlastnosti půdy (zejména půdní reakce) a další ekologické faktory, interference živin a v neposlední řadě.

Hnojení fosforem vychází z jeho obsahu v půdě a zásadou musí být udržení či vytvoření takového stavu, aby výnos zrna byl zajišťován především živinami půdy a hnojením byly doplňovány z půdy odebrané živiny. Nejvhodnějším obdobím ke hnojení je podzim a hnojiva by měla být aplikována nejpozději při předset'ové přípravě. Přihnojování během vegetace není účelné (Vaněk et al., 2007). Štípek et al. (2007) dodává, že je nutné zohlednit, zda bude z pole odvážena také sláma.

Fosfor jednak příznivě ovlivňuje koloběh dusíkatých látek a jednak se činností půdních mikroorganismů dostává do vazeb, které jsou rostlinami snadno využívány. Výživu na počátku vegetace zabezpečuje předset'ové hnojení, které zajišťuje tzv. startovací dávka. Dostatečná půdní vlhkost na hlubších půdách s dobrým sorpčním komplexem vytváří předpoklady pro dobré využití živin i z hnojiv zapravených před setí (Foltýn et al., 1970).

Baierová (2004) dodává, že déletrvajícím chladným počasím způsobuje zastavení příjmu fosforu. Následný deficit fosforu neodstraní ani vyšší dávky P hnojiv, neboť se jedná o fyziologický proces.

### 3.12 Hnojení draslíkem a hořčíkem

Hnojení draslíkem a hořčíkem přímo ovlivňuje aktivitu enzymů zúčastněných na fotosyntéze a tvorbě bílkovin, čímž se též podílí na dosažení dobré kvality. Optimální zásoba draslíku vede k lepšímu využití a zhodnocení dusíku v rostlinách a napomáhá zvýšení obsahu proteinů, zlepšení sedimentace, HTZ, a obsahu lepku. Ovlivňuje též pevnost buněčných stěn, zvyšuje odolnost proti poléhání. Fyziologický význam hořčíku spočívá v aktivaci četných enzymových systémů. Má významné postavení ve fotosyntéze nejen tím, že je součástí chlorofylu, ale také ovlivněním enzymových reakcí tohoto procesu (Prugar et al., 2008)

Dávka hořčíku a draslíku je volena podle obsahu v půdě a normativu odběru těchto živin. Při optimalizaci výživy a hnojení draslíkem a hořčíkem se zohledňuje také půdní druh. U kationtů K a Mg lze využít, pro zpřesnění dávek hnojiv rozborů půdy dle kationtové výměnné kapacity (KVK). Pro základní hnojení se používají jednosložková hnojiva typu draselných solí. Dále se využívají hnojiva: síran draselný, kieserit, hořké soli ( $MgSO_4$ ) atd. (Štípek et al., 2007, Vaněk et al., 2007)

### 3.13 Hnojení sírou

Síra v kombinaci s racionální výživou dusíkem může výrazně přispět k vysokému a přitom kvalitativně velmi dobrému výnosu zrna (Prugar et al., 2008). Síra napomáhá ke zvýšení příjmu dusíku u ozimé pšenice z 59 na 75 % (Hřivna, 2012)

Úhradu potřebného množství síry můžeme řešit na podzim společně s ostatními prvky. Můžeme použít jednoduchý superfosfát (obsahující  $CaSO_4$ ), síran draselný, kieserit popř. hořkou sůl ( $MgSO_4$ ). Síru, jejíž potřebná zásoba v půdě je nezbytná pro zabezpečení odpovídající pekařské jakosti, lze úspěšně dodat v pevné formě ještě během vegetace, nejlépe s hnojivy dusíkatými (např. DASA, Hydrosulfan, LAS) (Štípek et al., 2009).

### 3.14 Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice je předpis Evropské unie (91/676/EHS), vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství. Je to jeden ze zákonných požadavků na hospodaření, které jsou kontrolovány v systému kontroly dotací („cross compliance“). V České republice je nitrátová směrnice uplatněna v § 33 vodního zákona (zákon č. 254/2001 Sb.). Prováděcím předpisem je nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem, ve znění pozdějších předpisů.

Vymezení zranitelných oblastí provádí Ministerstvo životního prostředí na základě identifikace povrchových nebo podzemních vod znečištěných nebo ohrožených dusičnany ze zemědělských zdrojů.

Akční program se vztahuje na fyzické nebo právnické osoby, které provozují zemědělskou výrobu ve zranitelných oblastech, používají a skladují hnojiva a jsou zapsány do evidence podle zákona o zemědělství. Akční program se nevztahuje na pěstování plodin ani na používání a skladování hnojiv pro účely výzkumu, vývoje a pokusnictví. Dále jsou zde vymezeny období zákazu hnojení v daných klimatických regionech podle druhu používaných hnojiv. (NV č. 262/2012 Sb.)

Klimatický region*	Mínérální dusíkatá hnojiva	Hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem	Hnojiva s pomalu uvolnitelným dusíkem***
0 – 5	1. 11. – 15. 2. (1. 11. – 31. 1.**)	15. 11. – 15. 2. (15. 11. – 31. 1.**)	15. 12. – 15. 2.
6 – 9	15. 10. – 28. 2. (15. 10. – 15. 2.**)	5. 11. – 28. 2. (5. 11. – 15. 2.**)	15. 12. – 28. 2.

**Tabulka 2: Období zákazu používání dusíkatých hnojivých látek na orné půdě a trvalých travních porostech (NV č. 262/2012 Sb.)**

Vysvětlivky:

\* první číslice kódu bonitované půdně ekologické jednotky.

\*\* platí na zemědělských pozemcích s průměrnou sklonitostí nepřevyšující 5 stupňů a s porostem pšenice ozimé nebo řepky.

\*\*\* platí i pro upravené kaly; pokud nedojde k následnému pěstování ozimých plodin je zakázáno hnojení také v období od 1. června do 31. července.

Pro hnojení jednotlivých plodin jsou stanoveny limity, tyto limity je nutné dodržet na jednotlivých zemědělských pozemcích. V případě zapravení porostu z důvodů jeho poškození se přívod dusíku z předchozího hnojení k zapravené plodině nezapočítá do limitu náhradní plodiny. Pro pšenici jsou limity přívodu dusíku pro jednotlivé výnosové hladiny stanoveny takto:

Plodina	Výnosové hladiny					
	1		2		3	
	t/ha	kg N/ha	t/ha	kg N/ha	t/ha	kg N/ha
Pšenice ozimá potravinářská	do 6,0	170	6,0 - 8,0	200	nad 8,0	230
Pšenice ozimá krmná	do 6,0	160	6,0 - 8,0	180	nad 8,0	200

**Tabulka 3: Limity přívodu dusíku pro jednotlivé výnosové hladiny (NV č. 262/2012 Sb.)**

Pozemky jsou dále rozděleny do tří aplikačních pásem podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Omezení dávek dusíku na orné půdě v období po sklizni hlavní plodiny závisí na začlenění zemědělského pozemku do jednoho ze tří aplikačních pásem podle rizika vyplavení dusičnanů z půdního profilu. Toto omezení se týká hnojení k následným ozimým plodinám, meziplodinám, podpoře rozkladu slámy nebo k následným jarním plodinám a vztahuje se pouze na minerální dusíkatá hnojiva a hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem. Toto omezení se vztahuje k období od 15. června příslušného kalendářního roku do začátku období zákazu hnojení. Maximální celková dávka dusíku v období po sklizni hlavních plodin je uvedena v tabulce č. 4:

Způsob hnojení	I. aplikační pásmo		II. aplikační pásmo		III. aplikační pásmo			
	A*	B*	A*	B*	a) půdy se středním rizikem infiltrace		b) půdy s vysokým rizikem infiltrace	
					A*	B*	A*	B*
1. K ozimé plodině následující po obilnině	60	120	50	100	40	80	20 **	0
2. K ozimé plodině následující po jiné předplodině než je obilnina	40	80	30	60	15 **	0	15 **	0
3. K meziplodinám, s výjimkou čistých porostů jetelovin a luskovin nebo k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou slámy luskovin, olejnin a jetelovin pěstovaných na semeno***	60	120	50	100	40	80	40	80
4. Pro následné jarní plodiny****	0	100	0	80	0	80	0	0

Tabulka 4: maximální celková dávka dusíku v období po sklizni hlavních plodin (NV č. 262/2012 Sb.)

Vysvětlivky:

- \* A. maximální celková dávka dusíku v minerálních dusíkatých hnojivech, v kg N/ha.  
B. maximální celková dávka celkového dusíku ve hnojivech s rychle uvolnitelným dusíkem, v kg N/ha.
- \*\* v případě hnojení pro cibuli ozimou a česnek ozimý je maximální dávka 40 kg N/ha.
- \*\*\* použití minerálních dusíkatých hnojiv je možné pouze v případě, že bude následovat ozimá plodina nebo bude meziplodina ponechána na zemědělském pozemku minimálně do 15. února následujícího kalendářního roku.
- \*\*\*\* použití hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem je možné až v období od 1. října do začátku období zákazu hnojení podle tabulky č. 1 této přílohy, pouze s inhibítorem nitrifikace, a to způsobem a v dávce uvedené v příbalovém letáku nebo schválené etiketě.

Pokud je půda na zemědělském pozemku zaplavená, přesycená vodou, promrzlá nebo pokrytá sněhem, nelze na ní používat dusíkaté hnojivé látky, s výjimkou sklíditelných rostlinných zbytků. Na zemědělských pozemcích nelze používat dusíkaté hnojivé látky, pokud způsob jejich užití nevede k rovnoměrnému pokrytí pozemku.

Množství celkového dusíku užitého ročně na zemědělských pozemcích v organických, organominerálních a statkových hnojivech nesmí v průměru celkové výměry zemědělských pozemků 170 kg N/ha (NV č. 262/2012 Sb.)

### **3.15 Charakteristika vybraných dusíkatých hnojiv**

#### **3.15.1 Urea stabil**

Složení: N: 46 %

NBPT - inhibitor ureázy

Urea Stabil je koncentrované hnojivo na bázi amidického dusíku s obsahem inhibitoru ureázy (NBPT). Granule hnojiva jsou velikostně tříděny, což zaručuje vyšší rovnoměrnost aplikace a téměř vylučuje přítomnost prachového podílu. Inhibitor ureázy, kterým je granule na povrchu obalena, oddaluje po rozpuštění přeměnu  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  na  $\text{NH}_4^+$  a zvyšuje tak přímou účinnost aplikovaného dusíku. K vlastní hydrolyze dochází až po zasáknutí roztoku hnojiva, kdy dojde vlivem rozředění k poklesu koncentrace inhibitoru. Jeho působením nedochází při povrchových aplikacích ke ztrátám dusíku únikem do ovzduší, je

zabezpečen jeho rychlý pohyb do kořenové zóny a je omezena nežádoucí fixace  $\text{NH}_4^+$  na povrchu půdy mimo dosah rostlin (Výrobkový list hnojiva Urea Stabil).

### **3.15.2 Močovina**

Složení: N: 46 %

Močovina je diamid kyseliny uhličité -  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Je to neutrální organická sloučenina s vysokým obsahem dusíku ve formě amidické. Vyrábí se syntézou z amoniaku a oxidu uhličitého. Granulovaná močovina jsou bílé granulky, lehce rozpustné ve vodě. Močovina je povrchově upravena proti spékavosti (Výrobkový list hnojiva močovina)

### **3.15.3 NPK 10 – 10 – 10 +13 S**

Složení: N: 10 % (amonná forma)  
P: 10 % ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )  
K: 10 % ( $\text{K}_2\text{O}$ )  
S: 13 %

NPK 10-10-10+13S je granulované směsné hnojivo. Je vyráběno z jednosložkových průmyslových hnojiv se základními živinami, jako je dusík, fosfor a draslík. Hnojivo je určeno k základnímu hnojení před setím či sázením plodin. Je nezbytné jej mělce až středně hluboko zapravit do půdy 7-14 dní před setím. Vysokou účinnost lze očekávat na slabě kyselých a neutrálních půdách. Je vhodné pro hnojení polních plodin, zeleniny, sadů, chmelnic, vinic a pěstebních školek. NPK 10-10-10+13S je vhodné pro hnojení plodin pěstovaných na půdách se středními až dobrými zásobami těchto živin v půdě. Pěstované plodiny by se měly vyznačovat nižšími nároky na draslík.

(Eiketa hnojiva NPK 10 – 10 – 10 +13 S )

### **3.15.4 DAM 390**

Složení: N: 30% (1/4 ve formě amonné, 1/4 ve formě dusičnanové a 1/2 ve formě amidické)

DAM 390 je roztok dusičnanu amonného a močoviny s průměrným obsahem 30% hmotových dusíku, z toho 1/4 ve formě amonné, 1/4 ve formě dusičnanové a 1/2 ve formě močovinové. Kapalné dusíkaté hnojivo DAM 390 při optimálním složení 42,2% dusičnanu

amonného, 32,7% močoviny a 25,1% vody obsahuje ve 100 litrech roztoku 39kg dusíku a má při teplotě 25° C hustotu 1300kg/m<sup>3</sup>, vysolovací teplota je -10° C. Při eventuální krystalizaci však nezvětšuje objem a neohrožuje tak skladovací nádrže. Při zvýšení teploty nad 0° C nabývá opět konzistenci čirého roztoku bez újmy na kvalitě produktu a obsahu dusíku. (Výrobkový list hnojiva DAM 390)

### 3.15.5 DASA

Složení: N: 26% (1/3 dusičnanový, 2/3 amonný)  
S: 13%

DASA je hnojivo, které se skládá z ledku amonného a síranu amonného. Obsahuje 26 % dusíku a 13 % síry. Toto hnojivo může být použito k základnímu hnojení a přihnojení většiny zemědělských a zahradnických plodin. Její aplikace se doporučuje u plodin s vysokým požadavkem na síru jako je řepka, hořčice, slunečnice, zelí, cibule, česnek, píceňiny a brambory

(Výrobkový list hnojiva DASA 26+13 S)

### 3.15.6 ENSIN

Složení: N: 26% (7,5 % dusičnanový, 18,5 % amonný)  
S: 13%  
Dikyandiamid (DCD)+ 1,2,4 triazol (TZ): 0,37-0,74 % (DCD:TZ= 10:1)

Ensin je dusíkato-sírné hnojivo s obsahem inhibitoru nitrifikace (směs dikyanodiamidu a 1H-1,2,4 triazolu), je inovací hnojiva DASA 26/13. ENSIN obsahuje 26 % celkového dusíku, z toho 18,5 % amonného, 7,5 % nitrátového a 13 % vodorozpustné síry. Má formu granulí a je moderní hnojivo, které splňuje nejvyšší nároky na kvalitu a současnou intenzivní výživu rostlin dusíkem a sírou. Předností hnojiva ENSIN je jeho šetrnost k životnímu prostředí, přispívá k ochraně vod, protože snižuje vyplavování dusičnanů a zároveň omezuje denitrifikaci a tím snižuje riziko emisí oxidů dusíku.

(Etiketa hnojiva ENSIN)



## **4 Metodika pokusu**

### **4.1 Charakteristika pokusné lokality**

Přesné polní maloparcelkové pokusy byly založeny na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě při FAPPZ ČZU v Praze. Výzkumná stanice se nachází v okrese Praha západ na rozhraní okresů Kladno a Praha-západ, cca 25 km od Prahy.

Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky a 14°10' zeměpisné délky, nadmořská výška 401 m.n.m.

#### **4.1.1 Půdní charakteristika**

Pokusný pozemek je rovinný, což podmiňuje dobrý zásak srážkových vod a tím i uplatnění illimerizačního procesu. Půdním typem je hnědozem. Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností.

Na pokusných pozemcích převažuje BPEJ 4.10.00.. Půdy jsou zde středně těžké s objemovou hmotností přibližně 1,4 t/m<sup>3</sup>, 7% podílem skeletu. Sorpční kapacita půdy je střední až vysoká, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý. Průměrné obsahy N<sub>min</sub> v předjaří činí 15,7-29,1 ppm.

#### **4.1.2 Klimatické podmínky**

Pokusné stanoviště se nachází v mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti, s převážně mírnou zimou.

#### **4.1.3 Povětrnostní podmínky**

Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,9 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 549 mm. Ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je průměrná teplota 12,9 °C, průměrný úhrn srážek činí 361 mm. Ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí průměrná teplota -2,2 °C a úhrn srážek v tomto období je 53,0 mm. Teplotní normál pro období 1960-2010 činí 8 °C. Dlouhodobý normál pro úhrn srážek je pro období 1960-2010 473 mm v porovnání s dlouhodobým normálem 1901-1950, který činí 486 mm). Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha-Karlov) je 1902 hodin. Vegetační období zde trvá 150-160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se mrazíky vyskytují ojediněle koncem dubna.

## 4.2 Charakteristika pokusu

Maloparcelkový pokus byl v obou pokusných letech založen liniovou odrůdou Tobak s výsevkem 4 mil. zrn/ha. Jedná se o středně ranou až polopozdní odrůdu chlebové (B) jakosti s vyšší odnožovací schopností, rostliny středně vysoké až nízké (cca 88 cm) se střední odolností proti poléhání. Zimuvzdornost dobrá. Odrůda disponuje dobrým zdravotním stavem, především vůči rzi pšeničné, plevové, běloklasosti, padlí a k plísni sněžné. Středně odolná k braničnatce a k fusáriu v klase. Bylo založeno sedm variant se čtyřmi opakováními, u kterých bylo aplikováno šest druhů dusíkatých hnojiv s různými formami dusíku a nehnojená kontrola. Výměra jedné maloparcelky představovala plochu 12m<sup>2</sup> o rozměrech 1,5x8m.

Hnojiva byla aplikována v dávce 40 kg N/ha u všech variant s ohledem na povětrnostní podmínky v první polovině listopadu. V pokusu byly sledovány účinky těchto hnojiv:

- 1) Urea stabil
- 2) Močovina
- 3) NPK (10 – 10 – 10)
- 4) DAM 390
- 5) DASA
- 6) ENSIN

### Schéma maloparcelkového pokusu

DAM D	DASA D	ENSIN D	kontrola D	Urea Stabil D	Močovina D	NPK D
DASA C	ENSIN C	kontrola C	Urea Stabil C	Močovina C	NPK C	DAM C
ENSIN B	kontrola B	Urea Stabil B	Močovina B	NPK B	DAM B	DASA B
Kontrola A	Urea Stabil A	Močovina A	NPK A	DAM A	DASA A	ENSIN A

## Agrotechnické zásahy

Pokusný rok 2014/2015	
Datum	Operace
19.9.2014	Orba + hrubá příprava půdy
2.10.2014	Příprava půdy (kompaktor)
3.10.2014	Setí Odrůda Tobak 4 MKS
16.10.2014	Aplikace Bizon 0,5 l/ha + Nurelle D 0,6 l/ha TM
28.11.2014	Aplikace hnojiv dle variant
20.2.2015	Hnojení 50 kg N v LAD
7.4.2015	Hnojení 50 kg N v LAD
24.4.2015	Modus 0,4 + Opera 2 l
4.5.2015	Hnojení 50 kg N v DASA
3.6.2015	Hnojení 30 kg N v LAD
29.7.2015	Odběr klasů
29.7.2015	Sklizeň
Pokusný rok 2015/2016	
Datum	Operace
22.9.2015	Orba + hrubá příprava půdy, předplodina řepka
1.10.2015	Příprava půdy (kompaktor)
2.10.2015	Setí Odrůda Tobak 4 MKS
26.10.2015	Aplikace Bizon 0,5 l/ha + Karate Zeon 0,1 l/ha TM
11.11.2015	Aplikace hnojiv dle variant
24.2.2016	Hnojení 55 kg N v LAD
4.4.2016	Hnojení 52 kg N v DASA
22.4.2016	Aplikace Modus 0,4 l/ha
28.4.2016	Hnojení 55 kg N v LAD
27.5.2016	Archer Turbo 0,8 l/ha TM
13.6.2016	Aplikace Prosaro 1 l/ha
13.6.2016	Hnojení 27 kg N v LAD
8.8.2016	Odběr klasů
8.8.2016	Sklizeň

Tabulka 5: Agrotechnické zásahy na pokusném pozemku

## **4.3 Sledované znaky**

### **4.3.1 Vegetační pozorování**

V průběhu vegetace byly v obou pokusných letech provedeny dva odběry rostlin. Bylo odebráno vždy 25 rostlin z každé varianty a z každého opakování. U každé odebrané rostliny byly sledovány tyto znaky: délka kořenů, počet listů a počet odnoží. Následně byla stanovena hmotnost nadzemní biomasy a kořenů v čerstvém a suchém stavu. Odebraná čerstvá nadzemní biomasa a kořeny byly následně pro stanovení sušiny sušeny v sušárně při teplotě 105°C, po čtyřech hodinách se stanovila hmotnost sušiny z nadzemní biomasy a kořenů.

Odběry rostlin byly realizovány ve dvou termínech – před zimou (prosinec) a v předjaří, kdy noční teploty neklesnou pod +2 - +3°C.

### **4.3.2 Před sklizňové pozorování a sklizeň**

Ve sklizňové fázi byl sledován počet klasů na m<sup>2</sup>, počet zrn v klase, výnos zrn, HTZ, obsah dusíkatých látek a obsah škrobu. Hmotnost tisíce zrn byla stanovena na počítadle C 21 odpočítáváním dvakrát 500 semen a jejich následným zvážením na tři desetinná místa. Obsah dusíkatých látek a škrobu byl stanoven na přístroji OmegaAnalyzer G dvou-paprskovém transmisním NIR spektrofotometru pro analýzu celého zrna.

Získané výsledky z pokusu byly statisticky vyhodnoceny metodou ANOVA analýzy variance. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami byly hodnoceny Tukeyho testem, v počítačovém programu SAS na hladině významnosti  $p = 0,05$ .

## 5 Výsledky

### 5.1 Průběh počasí v pokusných letech

Celkový průběh vegetačního období 2014/2015 byl oproti dlouhodobému normálu mimořádně teplý a suchý. Průměrné měsíční teploty se mimo června a října 2015, kdy se téměř rovnaly dlouhodobému normálu, pohybovaly nad dlouhodobým normálem.

Průběh teplot v roce 2015/2016 obdobně jako v předešlém nadprůměrný. Průměrné měsíční teploty se téměř ve všech měsících pohybovaly nad dlouhodobým normálem, jen v říjnu 2015, říjnu 2016 a listopadu 2016 se téměř rovnaly dlouhodobému průměru.

Průměrný měsíční úhrn srážek byl oproti dlouhodobému normálu o 4,3 mm nižší. Říjen 2014 byl oproti dlouhodobému normálu srážkově nadprůměrný. Poté následovalo srážkově velmi podprůměrné období, které bylo přerušeno pouze v březnu 2015, kdy byl průměrný měsíční úhrn srážek oproti dlouhodobému normálu o 6 mm vyšší, toto období trvalo až do září. Říjen a listopad byl oproti dlouhodobému normálu srážkově vysoce nadprůměrný. V prosinci byl průměrný měsíční úhrn srážek oproti dlouhodobému normálu o 11 mm nižší. Leden a únor 2016 byly naopak srážkově nadprůměrné. Následovalo období, kdy se množství srážek až do prosince 2016 pohybovalo pod dlouhodobým normálem, výjimkou byly měsíce květen a říjen, kdy byl průměrný měsíční úhrn srážek naopak vysoce nadprůměrný. 23.5.2016 bylo zaznamenáno také krupobití. Uvedený průběh počasí je znázorněn na obrázcích 18 – 21.

## 5.2 Vegetační pozorování

Varianta		Kontrola	UreaStabil	Močovina	NPK	DAM	DASA	ENSIN
Sledovaný znak	rok							
počet listů	2014/2015	16,44	17,69	23,66	24,11	24,00	21,35	20,27
	2015/2016	13,40	16,26	17,52	16,87	14,52	17,03	15,94
počet odnoží	2014/2015	6,19	5,08	6,86	7,32	6,25	6,50	6,92
	2015/2016	2,72	2,95	4,35	4,10	2,81	3,82	4,22
délka kořene (cm)	2014/2015	12,53	12,27	14,63	13,84	12,36	13,72	13,30
	2015/2016	11,87	11,94	12,13	11,76	9,62	11,77	11,51
Hmotnost nadz. biomasy 25 rostlin v čerstvém stavu (g)	2014/2015	144,75	171,23	219,65	208,83	113,15	198,20	183,13
	2015/2016	57,63	65,34	74,82	63,19	54,68	71,96	67,55
Hmotnost kořenů 25 rostlin v čerstvém stavu (g)	2014/2015	33,45	30,55	51,88	53,35	45,83	48,33	34,75
	2015/2016	9,35	10,57	11,41	10,27	8,32	11,63	9,26
Hmotnost nadz. biomasy 25 rostlin v sušině (g)	2014/2015	22,52	25,94	30,92	29,56	17,06	25,57	25,18
	2015/2016	9,46	9,04	10,49	9,75	8,01	10,24	9,83
Hmotnost kořenů 25 rostlin v sušině (g)	2014/2015	4,93	4,65	9,27	9,72	7,06	6,40	4,76
	2015/2016	1,83	2,30	1,49	1,95	1,30	2,04	1,69

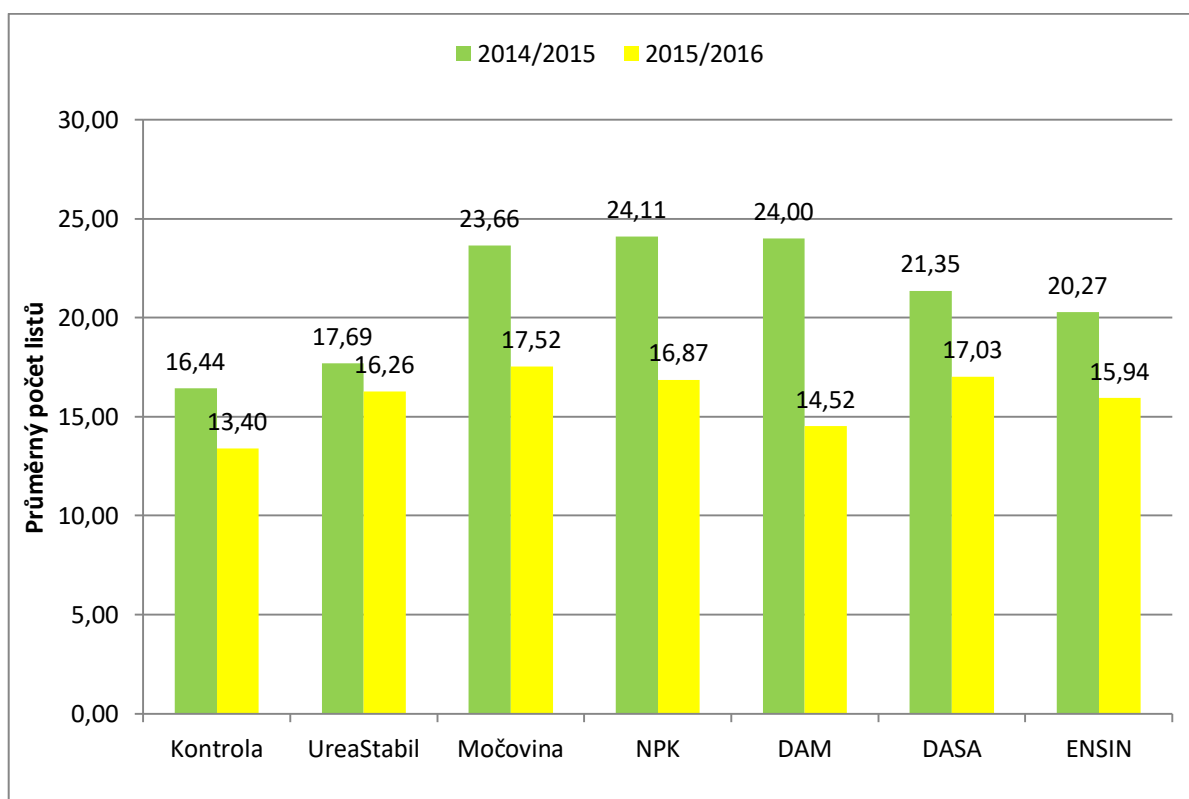
Tabulka 6: Vyhodnocení předjarních vegetačních pozorování v období 04/2015 a 04/2016

Pro zjištění rozdílů mezi dusíkatými minerálními hnojivy s různými formami dusíku z hlediska jejich vhodnosti pro podzimní přihnojení ozimé pšenice a jejich vlivu na přezimování byly vyhodnoceny hodnoty naměřené v předjaří, kdy noční teploty neklesnou pod +2 - +3°C .

### 5.2.1 Počet listů

V obou pokusných letech byl při jarním vegetačním pozorování zaznamenán pozitivní vliv podzimního přihnojení na počet listů. Všechny varianty vykazovaly v obou pokusných letech vyšší počty listů než nehnojená kontrola. V pokusném roce 2014/2015 byl zaznamenán nejvyšší počet listů u varianty NPK (24,11) dále i přes popálení porostu hnojivem vlivem nepříznivého průběhu počasí po aplikaci u varianty DAM (24,0) a u varianty močovina (23,66). Nejnižší počet listů byl zjištěn u varianty UreaStabil (17,69), která měla oproti nehnojené kontrole (16,44) průměrný počet listů o 1,25 vyšší.

V pokusném roce 2015/2016 byl nejvyšší průměrný počet listů zjištěn u varianty močovina (17,52), dále u varianty DASA (17,03) a u varianty NPK (16,87). V tomto pokusném byl u varianty DAM (14,52) zjištěn nejnižší nárůst průměrného počtu listů oproti nehnojené kontrole (13,4) a to o 1,12, což ukazuje na značný vliv ročníku, který byl dobře patrný i u ostatních variant, zvláště pak u variant močovina a NPK.

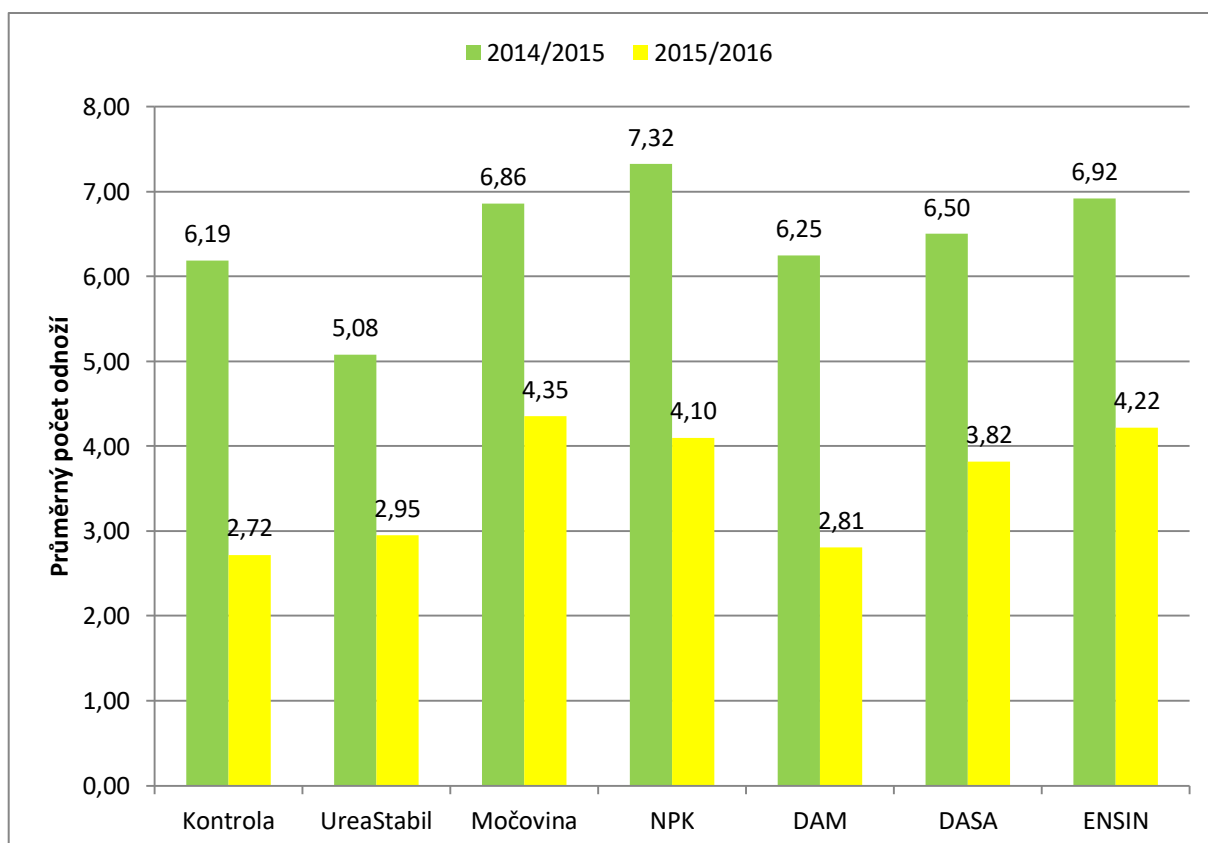


Obrázek 3: Průměrný počet listů v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

## 5.2.2 Počet odnoží

Mezi pokusnými roky 2014/2015 a 2015/2016 byl v počtu odnoží zaznamenán významný rozdíl, v pokusném roce 2014/2015 byly průměrné počty odnoží ve srovnání s rokem 2015/2016 téměř dvojnásobně vyšší. V pokusném roce 2014/2015 vykazovala nejvyšší průměrný počet odnoží varianta NPK (7,32) což je oproti nehnojené kontrole (6,19) o 1,13 více. Pozitivní vliv podzimního hnojení na průměrný počet odnoží byl zaznamenán i ostatních variant, vyjma varianty UreaStabil (5,08), u které byl průměrný počet odnoží oproti nehnojené kontrole o 1,11 nižší.

V pokusném roce 2015/2016 došlo ke zvýšení průměrného počtu odnoží oproti nehnojené kontrole u všech variant. Nejvyšší počet odnoží vykazovala varianta UreaStabil (4,35), dále varianta ENSIN (4,22), třetí nejvyšší počet odnoží byl zjištěn u varianty u varianty NPK (4,1). Naopak nejmenší vliv na průměrný počet odnoží byl v tomto roce zjištěn u varianty DAM (2,81), u které byl průměrný počet odnoží téměř shodný jako u nehnojené kontroly (2,72).



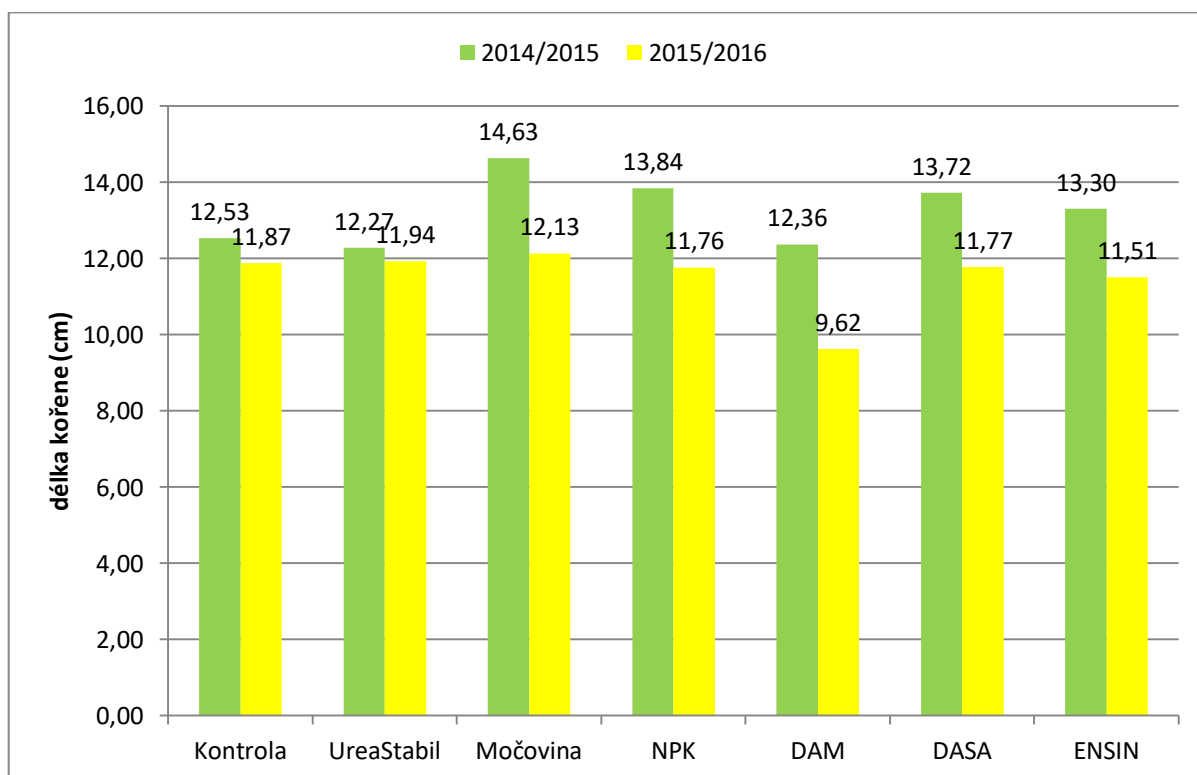
Obrázek 4: Průměrný počet odnoží v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016



### 5.2.3 Délka kořene

Průměrná délka kořene byla v pokusném roce 2014/2015 zaznamenána nejvyšší u varianty močovina (14,63 cm), která oproti nehnojené kontrole (12,53 cm) vykazovala v průměru o 2,1 cm delší kořeny. Oproti nehnojené kontrole vykazovaly v tomto pokusném roce zvýšenou průměrnou délku kořene také varianty NPK (13,84 cm) DASA (13,72 cm) a ENSIN (13,3 cm). Naopak snížení průměrné délky kořene oproti nehnojené kontrole bylo zaznamenáno u variant DAM (12,36 cm) o 0,17 cm a UreaStabil (12,27 cm) o 0,26 cm.

V pokusném roce 2015/2016 byla stejně jako v předchozím roce nejvyšší délka kořene zjištěna u varianty močovina (12,13 cm), což oproti nehnojené kontrole (11,87 cm) o 0,26 cm více. Ostatní varianty pak vykazovali oproti nehnojené kontrole nižší délku kořene. Nejnižší délka kořene byla zjištěna u varianty DAM a to 9,62 cm, což je oproti nehnojené kontrole o 2,25 cm méně.



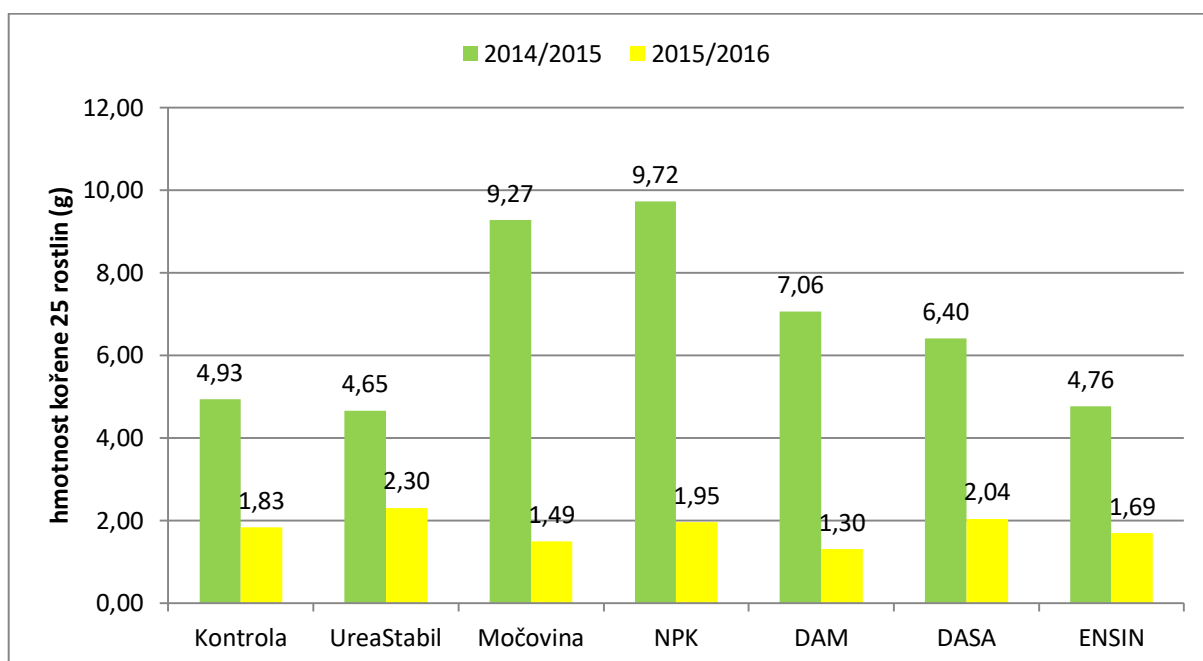
Obrázek 5: Průměrná délka kořene v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

#### 5.2.4 Hmotnost kořene a nadzemní biomasy v sušině

V pokusném roce 2014/2015 byla nejvyšší hmotnost 25 kořenů v sušině zjištěna u varianty NPK a to 9,72 g což je oproti nehnojené kontrole (4,93 g) téměř dvojnásobek. Druhá nejvyšší hmotnost kořenů 25 rostlin byla naměřena u varianty močovina a to 9,27 g. Tyto zjištěné hmotnosti kořenů 25 rostlin korespondují s hodnotami naměřenými u sledovaného znaku délka kořene, kdy hodnoty zjištěné u variant močovina a NPK byly také nejvyšší. U délky kořene byly vyšší hodnoty naměřeny u varianty močovina, zatímco hmotnost kořenů v sušině byla zjištěna vyšší u varianty NPK. Z toho se dá usuzovat, že u varianty NPK byly kořeny sice kratší, ale kořenový systém byl celkově mohutnější. V pokusném roce 2014/2015 byly u všech variant, mimo varianty UreaStabil (4,65 g), zjištěné hmotnosti kořenů 25 rostlin v sušině vyšší než u nehnojené kontroly.

V pokusném roce 2015/2016 byla nejvyšší hmotnost kořenů 25 rostlin v sušině zjištěna u varianty UreaStabil (2,3 g), naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny u varianty močovina (1,49 g). V tomto pokusném roce nebyly v hmotnosti kořenů 25 rostlin zjištěné rozdíly mezi jednotlivými variantami tak vysoké jako v předchozím pokusném roce.

V prvním pokusném roce byly zjištěné hodnoty hmotnosti 25 rostlin několikanásobně vyšší než ve druhém pokusném roce. Nejspíš to bylo způsobeno měsíčním podzimním zpožděním v růstu. Podzim 2015 byl suchý a pšenice pomalu vzházela a byla proto opožděná.

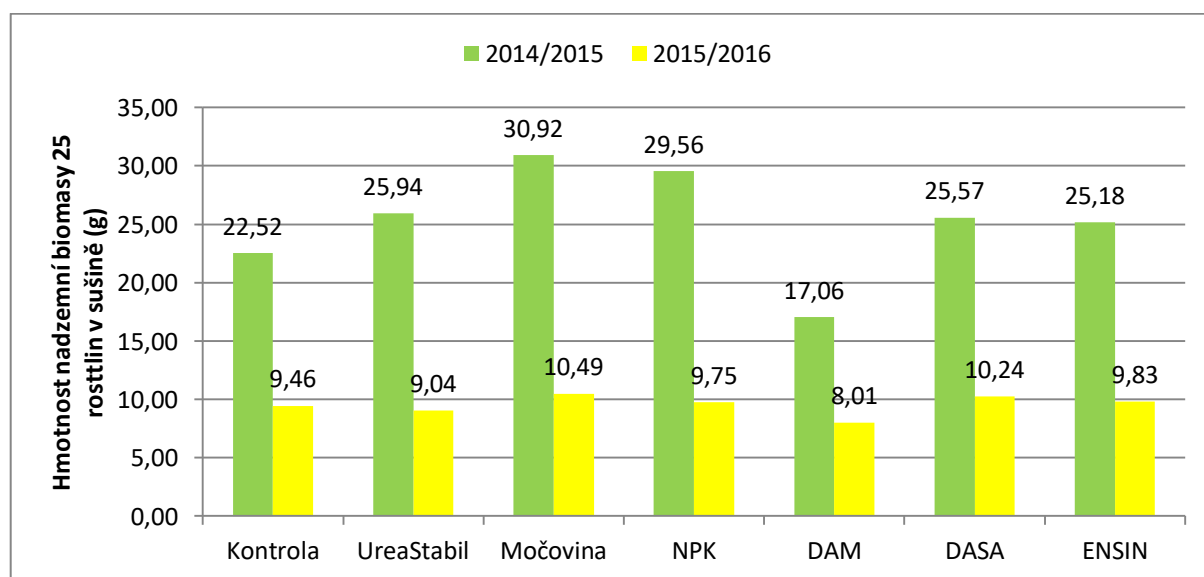


Obrázek 6: Průměrná hmotnost kořene 25 rostlin v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Nejvyšší hmotnosti nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině byly v pokusném roce 2014/2015, podobně jako u sledovaného znaku hmotnost 25 kořenů v sušině, zjištěny u variant močovina (30,95 g) a NPK (29,56 g), což představuje oproti nehnojené kontrole nárůst o 37 % u varianty močovina a o 31 %. Naopak nejnižší hmotnosti nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině byla naměřena u varianty DAM (oproti nehnojené kontrole se jedná o hmotnost o 24 % nižší), což může být způsobeno nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení porostu.

V pokusném roce 2015/2016 byly, podobně jako u sledovaného znaku hmotnost kořenů 25 rostlin v sušině, mezi jednotlivými variantami zjištěny jen malé rozdíly v hmotnosti nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině. Nejvyšší hmotnost nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině byla zjištěna u varianty močovina (10,49 g), dále pak u variant DASA (10,24 g), ENSIN (9,83 g) a NPK (9,75 g). Ostatní varianty vykazovaly nižší hmotnosti nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině než nehnojená kontrola (9,46 g). Nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty DAM (8,01 g).

V pokusném roce 2015/2016 vykazovala varianta močovina také nejvyšší počet listů a počet odnoží, což odpovídá i hmotnosti nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině v tomto pokusném roce. V pokusném roce 2014/2015 vykazovala nejvyšší hmotnost nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině také varianta močovina i přes to, že průměrný počet listů byl vyšší u variant NPK a DAM (i přes popálení porostu), rozdíl v počtu listů mezi těmito variantami a variantou močovina nebyl výrazný. Také průměrný počet odnoží byl u varianty močovina v druhém pokusném roce nejvyšší. Stejně tak v pokusném roce 2014/2015 byl zaznamenaný počet odnoží u varianty močovina jeden z nejvyšších (po variantách NPK a ENSIN).



Obrázek 7: Průměrná hmotnost nadzemní biomasy 25 rostlin v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3 Před sklizňová pozorování a sklizeň

Varianta		Kontrola	UreaStabil	Močovina	NPK	DAM	DASA	ENSIN	MSD	
Sledovaný znak	Rok									
klasy na m <sup>2</sup>	*	2014/15	660	645	618	629	567	619	642	166,68
	**		A	A	A	A	A	A	A	
	*	2015/16	687	635	780,5	685,5	692,5	742,5	839,5	215,61
	**		A	A	A	A	A	A	A	
počet zrn v klasu	*	2014/15	51	50	47,25	51	57,5	51,75	47,5	14,412
	**		A	A	A	A	A	A	A	
	*	2015/16	60,675	63,025	61,975	63,5	61,675	58,975	63,125	8,8568
	**		A	A	A	A	A	A	A	
výnos t/ha (14 %)	*	2014/15	11,3982	11,1874	11,4604	12,0555	9,5752	11,619	11,4745	0,8346
	**		AB	B	AB	A	C	AB	AB	
	*	2015/16	11,3133	11,0607	11,1323	11,0323	11,0965	11,0912	11,2733	1,3408
	**		A	A	A	A	A	A	A	
HTZ (g)	*	2014/15	44,575	42,575	43,75	45,3	43,25	43,675	43,725	2,1905
	**		AB	B	AB	A	AB	AB	AB	
	*	2015/16	39,3	40,05	38,775	39,5	39,625	40,2	39,525	3,3004
	**		A	A	A	A	A	A	A	
Obsah dusíkatých látek (%)	*	2014/15	10,8	11,475	11,35	11,2	11,375	11,125	11,2	0,621
	**		B	A	AB	AB	AB	AB	AB	
	*	2015/16	11,125	10,975	11,175	11,15	11,175	10,8	10,975	1,6398
	**		A	A	A	A	A	A	A	
Obsah škrobu (%)	*	2014/15	66,925	66,125	66	66,05	66,4	66,525	66,625	0,9829
	**		A	A	A	A	A	A	A	
	*	2015/16	67,925	68	67,65	67,75	67,55	68,3	67,45	1,3689
	**		A	A	A	A	A	A	A	
objemová hmotnost (g/l)	*	2014/15	816,8	816,775	812,475	819,925	782,65	817,375	813,7	10,079
	**		A	A	A	A	B	A	A	
	*	2015/16	750,775	753,8	751,55	752,675	755,1	751,6	750,7	17,291
	**		A	A	A	A	A	A	A	

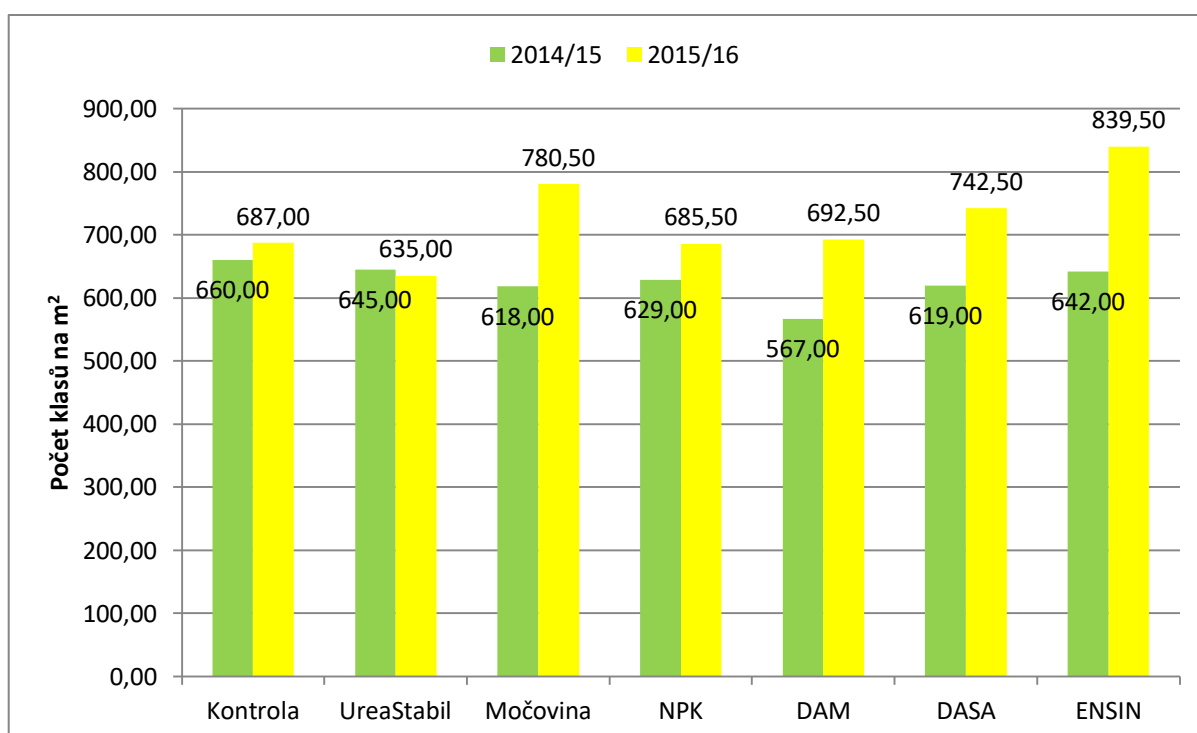
Tabulka 7: Statistické vyhodnocení před sklizňových a sklizňových pozorování

Vysvětlivky: \* průměrná hodnota  
 \*\* průkaznost (rozdíly mezi průměry označenými stejným písmenem jsou statisticky neprůkazné)  
 MSD - Minimum Significant Difference (Minimální statisticky významný rozdíl)

### 5.3.1 Počet klasů na m<sup>2</sup>

V pokusném roce 2014/2015 nebyl zjištěn pozitivní vliv podzimního hnojení dusíkem na počet klasů na m<sup>2</sup>. Nejvyššího počtu klasů na m<sup>2</sup> dosáhla varianta kontrola (660). Z hnojených variant byl nejvyšší počet klasů na m<sup>2</sup> zjištěn u varianty UreaStabil (645) což oproti nehnojené kontrole (660) představuje o 2,3 % nižší počet, naopak nejnižší počet klasů na m<sup>2</sup> byl zaznamenán u varianty DAM (567) což oproti nehnojené kontrole představuje rozdíl o 14,1 %, to může být způsoben nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení.

V pokusném roce 2015/2016 byl nejvyšší počet klasů na m<sup>2</sup> zaznamenán u varianty ENSIN (839,5) což je oproti nehnojené kontrole (687) nárůst o 22 %. Nárůst počtu klasů na m<sup>2</sup> oproti nehnojené kontrole byl zaznamenán také u ostatních variant, zejména u variant močovina (+13 %) a DASA (+8 %). Pozitivní vliv na počet klasů na m<sup>2</sup> nebyl zaznamenán pouze u varianty UreaStabil (635), která vykazovala o 7,4 % nižší počet klasů na m<sup>2</sup>. Rozdíly mezi jednotlivými variantami však nejsou statisticky průkazné.

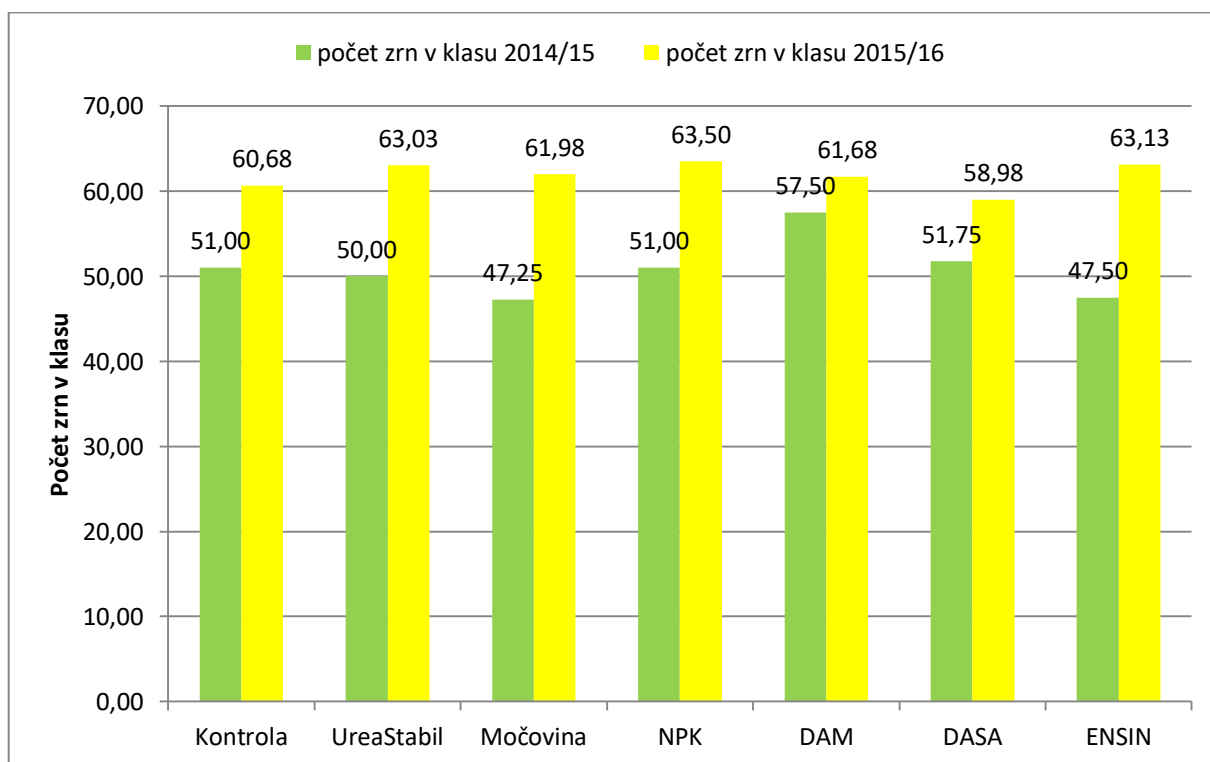


Obrázek 8: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3.2 Počet zrn v klasu

V pokusném roce 2014/2015 byl nejvyšší průměrný počet zrn v klasu zjištěn u varianty DAM (57,5), což oproti nehnojené kontrole (51) představuje o 7,5 zrna na klas více. Tento počet zrn byl zaznamenán i přes popálení porostu hnojivem, způsobeným nevhodným termínem podzimní aplikace, což lze vysvětlit dobrou kompenzační schopností odrůdy. Vyšší počet zrn v klasu vykazovala také varianta DASA (51,75). Ostatní varianty vykazovaly průměrný počet zrn v klasu nižší než nehnojená kontrola. Nejnižší průměrný počet zrn v klasu byl zaznamenán u varianty močovina (47,25).

V pokusném roce 2015/2016 vykazovali všechny varianty, mimo variantu DASA (58,98), vyšší průměrný počet zrn v klasu než nehnojená kontrola (60,68). Nejvyšší počet zrn v klasu byl zjištěn u varianty NPK (63,5). Ani v jednom pokusném roce nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami.



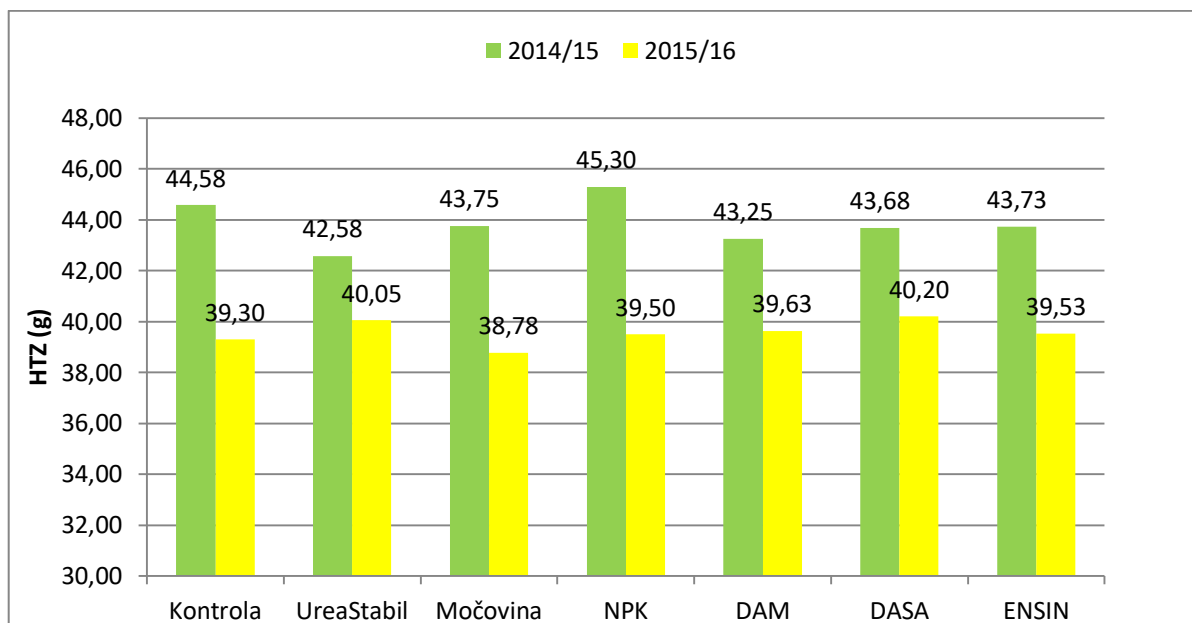
Obrázek 9: Průměrný počet zrn v klasu v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3.3 HTZ

V pokusném roce 2014/2015 vykazovala nejvyšší hmotnost tisíce zrn varianta NPK (45,3 g). Ostatní varianty vykazovali nižší průměrnou hmotnost tisíce zrn než nehnojená kontrola (44,58 g). Nejnižší průměrná hmotnost tisíce zrn byla zjištěna u varianty UreaStabil (42,58 g). V pokusném roce 2014/2015 byl rozdíl mezi variantami NPK a UreaStabil vyhodnocen jako statisticky významný, mezi ostatními variantami nebyl v hmotnosti tisíce zrn prokázán statisticky významný rozdíl.

V pokusném roce 2015/2016 byla nejvyšší hmotnost tisíce zrn zjištěna u varianty DASA (40,2 g). Vyšší hmotnost tisíce zrn než u nehnojené kontroly (39,3 g) byla zaznamenána také u variant UreaStabil (40,5 g), DAM (39,63 g), ENSIN (39,53 g) a NPK (39,50 g). Snížená hmotnost tisíce zrn oproti nehnojené kontrole byla zaznamenána pouze u varianty močovina (38,78 g)

Jak ukazuje obrázek 10, mezi jednotlivými variantami byly v hmotnosti tisíce zrn zaznamenány jen malé rozdíly. V roce 2015/2016 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v hmotnosti tisíce zrn mezi jednotlivými variantami.

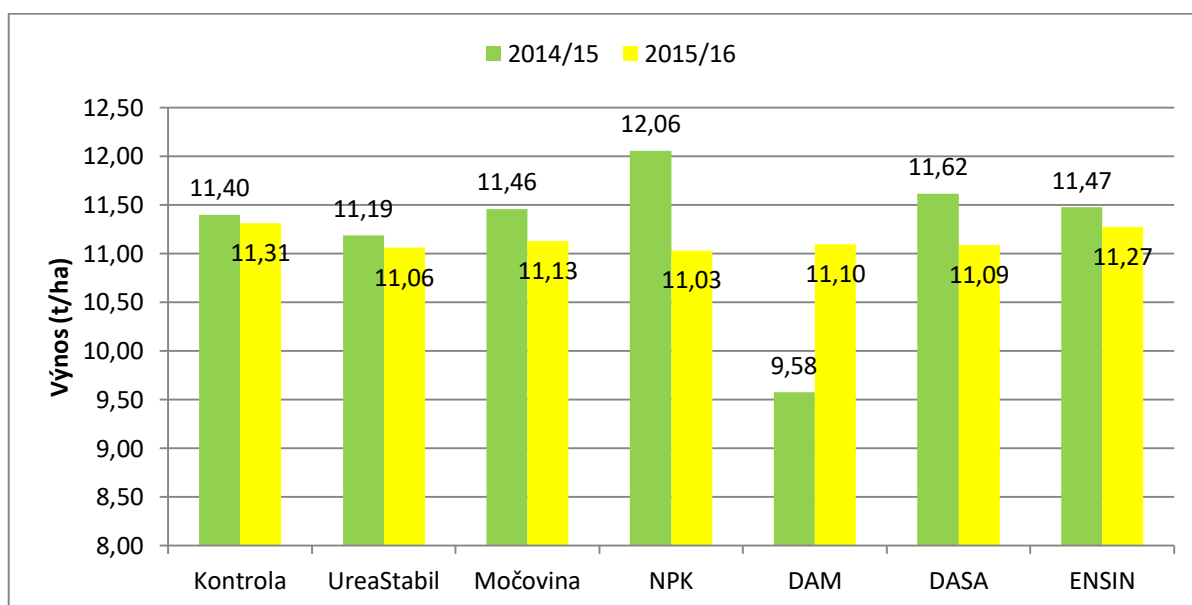


Obrázek 10: Průměrná hmotnost tisíce zrn v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3.4 Výnos

Nejvyšší výnos byl v pokusném roce 2014/2015 zjištěn u varianty NPK (12,06 t/ha), u této varianty byl v tomto roce oproti variantám UreaStabil (11,19 t/ha) a DAM (9,58 t/ha) zjištěn statisticky významný rozdíl. A varianta UreaStabil vykazovala statisticky prokazatelně vyšší výnos než varianta DAM, u které byl zjištěn statisticky průkazně nejnižší výnos, což může být způsobeno nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení porostu. Výsledky dále naznačují pozitivní vliv hnojení na výnos pšenice také u variant DASA (11,62 t/ha), ENSIN (11,47 t/ha) a močovina (11,46 t/ha), tento rozdíl není oproti nehnojené kontrole (11,4 t/ha) statisticky významný.

V pokusném roce 2015/2016 nebyl pozorován pozitivní vliv podzimního přihnojení pšenice na její výnos. Všechny varianty vykazovaly nižší výnos než nehnojená kontrola. Nejnižší výnos byl zaznamenán u varianty NPK, která v předchozím pokusném roce vykazovala nejvyšší výnos. Lze tedy pozorovat významný vliv ročníku. Tento rozdíl ve výnosech mezi jednotlivými ročníky byl pravděpodobně největší měrou ovlivněn nižšími hodnotami HTZ v druhém pokusném roce, u této varianty byl v druhém pokusném roce zjištěn také nižší počet klasů na m<sup>2</sup>, než v první pokusném roce. Rozdíl ve výnosech u jednotlivých variant v roce 2015/2016 není statisticky významný.

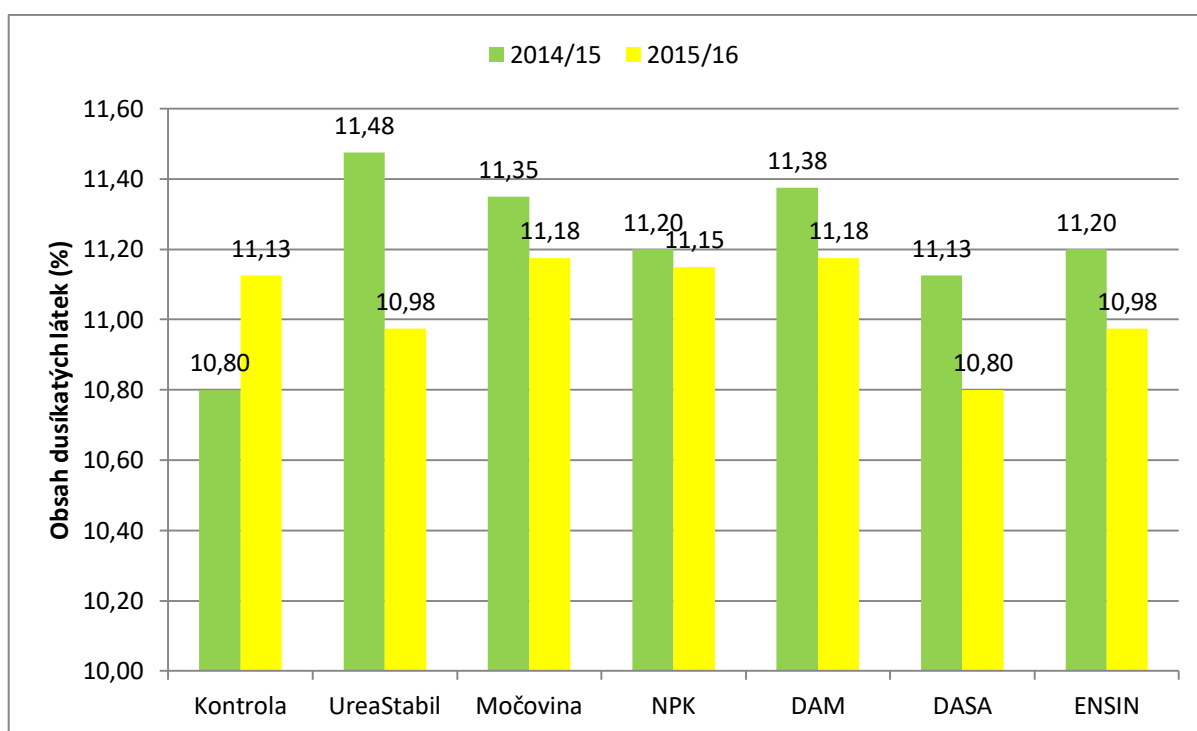


Obrázek 11: Průměrný výnos v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016



### 5.3.5 Obsah dusíkatých látek

V roce 2014/2015 byl zaznamenán pozitivní vliv na obsah dusíkatých látek u všech variant. Nejvyšší obsah dusíkatých látek zjištěn u varianty UreaStabil (11,48 %), dále u varianty DAM (11,38 %), močovina (11,35 %). Nejnižší obsah dusíkatých látek vykazovala varianta DASA (11,13 %). V pokusném roce 2015/2016 byl nejvyšší obsah dusíkatých látek zjištěn u varianty DAM (11,18 %). Dále vykazovali v porovnání s nehnojenou kontrolou (11,13 %) zvýšený obsah dusíkatých látek varianty močovina (11,18 %) a NPK (11,15 %). Nejnižší obsah dusíkatých látek byl zjištěn u varianty DASA (10,8 %). Zjištěné rozdíly jsou však statisticky neprůkazné.

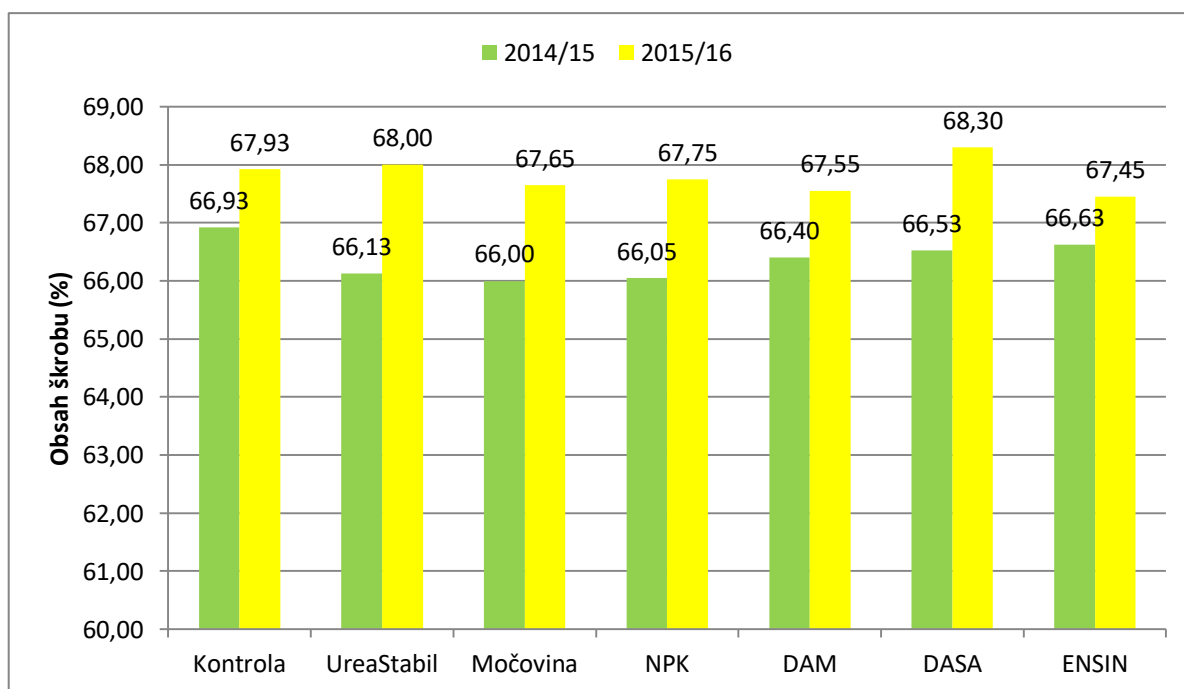


Obrázek 12: Průměrný obsah dusíkatých látek v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3.6 Obsah škrobu

Oproti nehnojené kontrole (66,93 %) vykazovaly v pokusném roce 2014/2015 všechny ostatní varianty nižší obsah škrobu. Nejnižší snížení obsahu škrobu bylo pozorováno u varianty ENSIN (66,63 %). Nejnižší naměřená hodnota obsahu škrobu byla zjištěna u varianty močovina (66 %)

V pokusném roce 2014/2015 vykazovaly zvýšený obsah škrobu oproti nehnojené kontrole (67,93 %) pouze varianty DASA (68,3 %) a UreaStabil (68 %). Nejnižší obsah škrobu byl naměřen u varianty ENSIN (67,45 %). Jak je znázorněno na obrázku 13, rozdíly v obsahu škrobu u jednotlivých variant nebyly vysoké a byly vyhodnoceny jako statisticky neprůkazné.

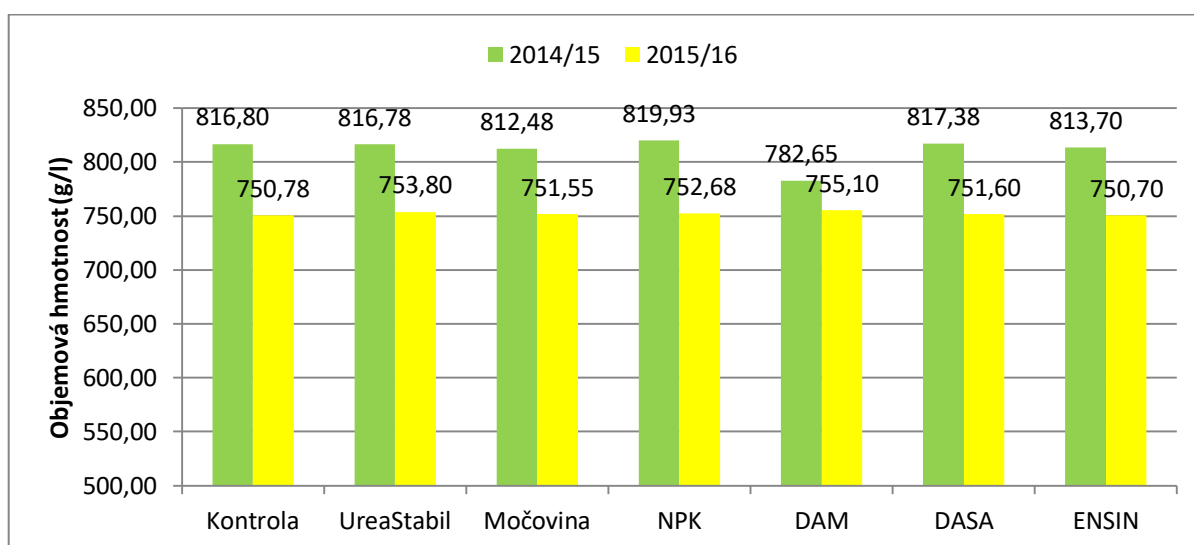


Obrázek 13: Průměrný obsah škrobu v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

### 5.3.7 Objemová hmotnost

Nejvyšší objemovou hmotnost vykazovala v pokusném roce 2014/2015 varianta NPK (819,93 g/l). Nejnižší zjištěnou objemovou hmotnost měla varianta DAM (782,65 g/l). Jak ukazuje obrázek 14, zjištěné hodnoty objemových hmotností jednotlivých variant vykazovaly jen malé rozdíly a byly vyhodnoceny jako statisticky neprůkazné.

V pokusném roce 2015/2016 se pohybovaly zjištěné hodnoty objemových hmotností v rozmezí od 755,1 g/l (varianta DAM) po 750,70 g/l (varianta ENSIN). Mimo varianty ENSIN vykazovaly všechny varianty vyšší objemovou hmotnost než nehnojená kontrola (750,78 g/l). Tyto rozdíly jsou však statisticky neprůkazné.



Obrázek 14: Průměrná objemová hmotnost v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

## 6 Diskuse

Na podzim přijímá ozimá pšenice za normálního průběhu počasí 10 - 12 % z celkově přijatých živin, za nepříznivých podmínek však podstatně méně. (Prugar a kol., 2008)

Toto tvrzení se v tomto pokusu nepotvrdilo. I přes to, že se rok 2014/2015 projevil jako srážkově chudší, tím pádem i pro příjem a transport živin méně příznivý, z výsledků vyplývá, že v roce 2014/2015 reagovaly rostliny na podzimní dusíkatou výživu výrazně lépe než v roce 2015/2016, který byl v první třetině vegetace srážkově bohatší. Toto dokládají hodnoty z předjarních měření, kdy sušší vegetační rok 2015/2016 měl na kontrolní variantě průměrně o více než 3,5 odnoží na rostlinu více. Vyšších výsledků v jarním měření bylo dosaženo ve všech sledovaných znacích (délka kořenů, počet listů počet odnoží a hmotnost nadzemní biomasy a kořenů 25 rostlin) v sušším pokusném roce 2014/2015.

Na výsledcích jarních měření se také významně podepsal fakt, že pšenice v pokusném roce 2015/2016 pomaleji vzcházela a tím pádem opožděný porost vstupoval do zimního období v horší kondici než v prvním pokusném roce 2014/2015.

Z pokusů, které prováděli Svoboda and Haberle (2006) v letech 1996 – 2003 vychází, že není přímá souvislost mezi délkou kořenového systému a hnojením dusíkem. Dále uvádějí, že na délku kořene mají vliv především podmínky v průběhu roku.

Z výsledků této práce vychází při srovnání kontrolní varianty s hnojenými variantami vyšší podíl ovlivnění délky kořene formou dodaného dusíku než jeho dávkou. Dokazuje to fakt, že některé hnojené varianty dosahují přibližně stejných nebo nižších hodnot délky kořenového systému než nehnojená kontrola, ale rozdíl mezi variantami ukazuje na ovlivnění délky kořene formou použitého dusíkatého hnojiva.

Omezení vzcházivosti a negativní ovlivnění růstu mladých rostlin způsobuje více amonná forma dusíku než ledková (nitratová). (Vaněk et al., 2005)

Toto tvrzení se potvrdilo i při vyhodnocení jarních odběrů, kdy při srovnání variant obsahujících amonnou a nitratovou formu dusíku, vykazovala varianta NPK, která obsahovala pouze amonnou formu dusíku, vyšší výsledky ve všech znacích sledovaných při jarních odběrech. Hnojiva, která obsahují jak dusičnanovou tak amonnou (DAM, DASA, ENSIN), měla také vyšší hodnoty u znaků sledovaných v jarním období, ale rozdíly nebyly tak výrazné. Varianta ENSIN, kde bylo použito hnojivo s vyšším podílem amonné formy dusíku také pozitivně ovlivňovala počet odnoží v jarním období, v ostatních sledovaných znacích (délka kořenů, počet listů a hmotnost nadzemní biomasy a kořenů 25 rostlin) se pozitivní vliv

převládajícího podílu amonné formy dusíku v hnojivu neprojevil. Kladný vliv na všechny sledované růstové prvky měla také varianta močovina s amidickou formou dusíku bez inhibitoru ureázy.

Nadbytek dusíku v povrchových horizontech půdy, zvláště na podzim a v předjaří způsobuje zvýšené větvení kořenů v zónách zvýšené koncentrace dusíku a omezení růstu hlavního a vedlejších kořenů. Zhoršuje se tak prokořenění celého půdního profilu, čímž se sníží příjmová kapacita kořenů pro živiny a vodu. (Vaněk et al., 2005)

Z výsledků vyplývá, že aplikovaná dávka 40 kg N/ha nezpůsobila omezení růstu hlavního a vedlejších kořenů, což dokládají pozorování sledovaných znaků délka kořene a hmotnost kořenové biomasy 25 rostlin. Naopak tato aplikovaná dávka pozitivně ovlivnila růst kořenového systému u variant močovina, NPK, DAM, DASA, ENSIN.

Podle Knopa (1974) je prokázáno, že v přirozených půdních podmínkách je příjem celých molekul močoviny kořeny rostlin málo pravděpodobný, vzhledem k jejímu rychlému hydrolytickému rozkladu na amoniak. Mérigout et al. (2008) tvrdí, že rostliny přijímají i nehydrolyzovanou močovinu, a to jak kořeny, tak i po aplikaci na list.

Na dobrou přijatelnost močoviny rostlinami poukazují výsledky tohoto pokusu z pokusného roku 2014/2015, kdy varianta hnojená močovinou vykazovala výrazné zvýšení hodnot sledovaných znaků oproti nehnojené kontrole. V pokusném roce 2015/2016 nebyly tyto rozdíly tak významné jako v předešlém roce, což dokazuje významný vliv ročníku na růst a vývoj pšenice v těchto pokusných letech. Tento fakt mohl být způsobený pomalejším vzcházením rostlin a jejich celkově opožděným vývojem v tomto pokusném roce. U znaků počet odnoží, počet listů, délka kořene a hmotnost nadzemní biomasy 25 rostlin v sušině byl v obou pokusných letech pozorován pozitivní vliv hnojení močovinou oproti nehnojené kontrole. U sledovaného znaku hmotnost kořenů 25 rostlin byl mezi pokusnými lety vyhodnocen diametrální rozdíl. Zatímco v pokusném roce 2014/2015 mělo hnojení močovinou výrazný vliv na nárůst kořenové hmoty, v následujícím pokusném roce se tento pozitivní vliv hnojení močovinou a výsledky byly horší než u nehnojené kontrolní varianty.

V průběhu vegetace se fosfor významně podílí na intenzitě a rozsahu asimilace dusíku. Je významný v prvním období růstu, neboť zvyšuje odolnost proti vymrzání a podporuje tvorbu kořenového systému. Kladně ovlivňuje všechny pochody při metání, kvetení a formování zrna (Prugar et al., 2008)

Výsledky naznačují pozitivní vliv fosforu na tvorbu kořenového systému. Varianta NPK vykazovala nejvyšší hmotnost kořene v čerstvém stavu tak i v sušině. Oproti nehnojené kontrole vykazovala varianta NPK v pokusném roce 2014/2015 téměř dvojnásobný nárůst

kořenové biomasy. Pozitivní vliv hnojiva NPK byl zjištěn také u sledovaných znaků počet odnoží, počet listů, délka kořenů (to se v druhém pokusném roce nepotvrdilo, varianta NPK vykazovala v tomto roce nižší délku kořene než nehnojená kontrola), hmotnost kořene 25 rostlin, hmotnost nadzemní biomasy (pouze v pokusném roce 2014/2015).

Eriksen et al. (1998) uvádějí, že síra má pozitivní vliv na příjem dusíku rostlinami a tím může kombinaci s racionální výživou dusíkem významně přispět k vysokému a kvalitativně velmi dobrému výnosu zrna.

Z hlediska výnosu se toto tvrzení potvrdilo v prvním pokusném 2014/2015 kdy varianty obsahující síru vykazovali oproti nehnojené kontrole vyšší výnos. Ve druhém pokusném roce 2015/2016 se toto tvrzení nepotvrdilo. Všechny varianty se sírou dosahovali horších výnosů než nehnojená kontrola. Z tohoto pozorování můžeme soudit, že výnos je znakem, na který má rozhodující vliv ročník. Tvrzení Eriksena et al. se nepotvrdilo ani z hlediska kvalitativních parametrů, kdy varianty hnojiv obsahujících síru dosahovaly srovnatelných či nižších výsledků. Tyto výsledky však nejsou statisticky průkazné a proto lze usuzovat, že příznivý vliv síry se při pozdním podzimním přihnojení pšenice neprojeví.

V zimní fázi mohou některé, zvláště rané, odrůdy využít zimní nitrataci (zimní hnojení) (Ličková et al., 2016). Sledováním průběhu vegetace přezimujících rostlin se zjistilo, že i při teplotách pohybujících se kolem 0 °C probíhá vegetace.(Špaldon, 1963).

V průběhu obou pokusných let se teploty v průběhu zimy pohybovaly nad dlouhodobým normálem. V roce 2014/2015 neklesly průměrné měsíční teploty pod 0°C a v roce 2015/2016 byla zaznamenána průměrná měsíční teplota nižší než 0°C pouze v měsíci lednu se teploty pohybovali je mírně pod bodem mrazu, kdy průměrná měsíční teplota klesla na -0,42 °C. Tyto podmínky v průběhu zimy umožňovaly pšenici dobře vegetovat. Toto se projevilo zvláště u růstu nadzemní biomasy, v pokusném roce 2014/2015, kdy všechny pokusné varianty mimo variantu DAM lepších výsledků než nehnojená kontrola. Nižší růst nadzemní biomasy u varianty DAM byl nejspíše způsoben nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení porostu. V následujícím pokusném roce nelze usuzovat na významný vliv podzimního přihnojení dusíkem na růst nadzemní biomasy, jelikož všechny dosahovali velmi podobných výsledků. U hmotnosti kořene byl zaznamenán pozitivní vliv hnojení také jen v pokusném roce 2014/2015 (pokusný rok 2015/2015 byl výsledkově relativně vyrovnaný, což opět dokazuje významný vliv ročníku), a to u všech pokusných variant mimo varianty Urea Stabil, která jako jediná nevykazovala zvýšení hmotnosti kořenové biomasy.

Z pokusů s hnojením řepky ozimé různými druhy hnojiv, které prováděl Béréš et al. (2016) vyplývá, že nejlepším hnojivem pro podzimní přihnojení řepky je NPK, které navýšilo výnos o 12 %. Dobrý vliv na výnos měla také hnojiva s pomalu působícím dusíkem: UreaStabil – 11 % a hnojivo Ensin – 7 % navýšení výnosu oproti kontrole.

Pozitivní vliv hnojiva NPK, se v pokusném roce 2014/2015 projevil i ve výsledcích této diplomové práce, kdy varianta NPK vykazovala nejvyšší výnos ze všech sledovaných variant. Toto zvýšení výnosu se, na rozdíl od pokusů s podzimním hnojením řepky ozimé, u hnojení pšenice neprojevilo tak markantním rozdílem. Oproti nehnojené kontrole (11,4 t/ha) vykazovala varianta hnojená hnojivem NPK zvýšení výnosu jen o 5,8 % (u řepky byl tento rozdíl 12 %). Toto však nebylo vyhodnoceno jako statisticky průkazné. V Pokusném roce 2015/2016 se pozitivní působení hnojiva NPK nepotvrdilo, oproti nehnojené kontrole bylo zjištěno snížení výnosu o 2,4 %. Při porovnání účinku hnojiv s pomalu působícím dusíkem (Urea Stabil a ENSIN) na výnos řepky a pšenice, se u podzimního hnojení pšenice, na rozdíl od řepky, neprokázal pozitivní vliv těchto hnojiv. Varianta Urea stabil, která u řepky zvýšila výnos o 11 %, u pšenice v pokusném roce 2014/2015 snížila výnos o 1,8 % a v pokusném roce 2015/2016 o 2,2 %. Varianta ENSIN, která u řepky zvýšila výnos o 7 %, u pšenice v pokusném roce 2014/2015 vykazovala jen minimální zvýšení výnosu, a to o 0,7 % oproti nehnojené kontrole. V pokusném roce 2015/2016 byl výnos u varianty ENSIN dokonce nižší než u nehnojené kontroly, a to o 0,35 %. Z těchto výsledků lze usuzovat, že hnojiva s pomalu působícím dusíkem u pšenice, na rozdíl od řepky nemají pozitivní vliv na výnos.

Z pohledu statistického vyhodnocení nebyl v pokusném roce 2014/2015 ve výnosu zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi nehnojenou kontrolou a variantami NPK, DASA, ENSIN, močovina, Urea Stabil. Statisticky prokazatelné bylo pouze snížení výnosu u varianty DAM vůči ostatním variantám, také u varianty Urea Stabil bylo zaznamenáno statisticky významné snížení výnosu oproti variantě NPK. V pokusném roce 2015/2016 nebyly rozdíly mezi jednotlivými variantami statisticky významné

Vzhledem k tomu, že vliv jednotlivých druhů hnojiv na sledované znaky je ve většině případů statisticky neprůkazný a naměřené hodnoty spíše jen naznačují vztahy mezi použitými hnojivy a sledovanými znaky, přičemž nejvýznamnějším faktorem je vliv ročníku, bylo by vhodné ve zkoumání těchto vztahů dále pokračovat a opětovně je vyhodnotit po nashromáždění většího množství dat.

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv různých druhů dusíkatých hnojiv na výnos pšenice ozimé.

- Výsledky naznačují rozdíly ve výnosech pšenice ozimé vlivem použití různých druhů hnojiv.
- Jako nejvhodnější pro pozdní podzimní přihnojení pšenice ozimé se jeví hnojivo NPK, které oproti variantám UreaStabil a DAM prokazatelně zvýšilo výnos v roce 2014/2015
- Mezi hnojivy NPK, DASA, ENSIN, močovina a neošetřenou kontrolou nebyl v roce 2014/2015 zjištěn statisticky významný rozdíl
- Snížený výnos u varianty DAM v pokusném roce 2014/2015 mohl být způsoben nevhodným termínem podzimní aplikace, který způsobil popálení porostu
- V pokusném roce 2015/2016 nemělo podzimní hnojení pozitivní vliv na výnos, rozdíly mezi jednotlivými variantami nejsou statisticky průkazné

Stanovisko k vědeckým hypotézám:

1. Výnos zrna ozimé pšenice může být zvýšen podzimním přihnojením dusíkem
  - Ne, tuto hypotézu se nepodařilo potvrdit, i když výsledky z roku 2014/2015 naznačují možné zvýšení výnosu hnojivem NPK.
2. Existují rozdíly mezi dusíkatými minerálními hnojivy s různými formami dusíku z hlediska jejich vhodnosti pro podzimní přihnojení ozimé pšenice a jejich vlivu na přezimování.
  - Močovina a NPK vykazovaly nejvyšší hmotnost nadzemní biomasy a kořenů 25 rostlin v pokusném roce 2014/2015, to se však v roce 2015/2016, kdy rostliny pomaleji vzcházely, nepotvrdilo.
  - Rozdíl mezi dusíkatými minerálními hnojivy s různými formami dusíku z hlediska jejich vlivu na přezimování se nepodařilo prokázat
  - Ne, tuto hypotézu se nepodařilo potvrdit

Doporučení pro praxi:

- Vzhledem k tomu, že v posledních několika letech stoupá v zimních měsících průměrná teplota, je třeba se tomuto tématu věnovat i nadále a shromáždit větší množství údajů, které by napomohly zjistit, zda existuje vliv podzimního přihnojení na výnos pšenice ozimé.



## 8 Seznam použité literatury

Baierová, V. 2004. Pomoc porostům obilnin. *Farmář* 10 (4). 20-21.

Béreš, J., Bečka, D. Vašák, J. 2016. Prihnojit' repku na jeseň?. *Agromanuál* 11 (9/10), 59 - 61

Bezděk, V., Pešík, J., Vlach, M. 1970. Odrůdová agrotechnika a hnojení pšenice. *Československá akademie zemědělská Ústav vědeckotechnických informací. Praha.* 59

Diepenbrock, W. 2000. Frühsaat bei Winterweizen. In.: zamyšlení nad rostlinnou výrobou. *Úroda* 48 (8). 18 – 19

Dyke GV. 1993. John Lawes of Rothamsted Pioneer of science farming and industry. Harpenden, UK: Hoos Press. 234.

Dubcovsky J., Dvorak J. 2007. Genome plasticity a key factor in the success of polyploidy wheat under domestication. *Science* 316, 1862–1866.

Eriksen, J., Murphy, M. D., Schnug, E., 1998. The soil Sulfur cycle. *Sulfur in Agroecosystems. Kluwer Academic Publisher, s. 39-73.*

Faměra, O. 1993. Základy pěstování ozimé pšenice. *Institut výchovy a vzdělání ministerstva zemědělství České republiky. Praha.* 51. ISBN 80-7105-045-8.

Faměra, O., Micková, M. 2007. Vliv odrůd a hnojení dusíkem na kvalitu zrna pšenice. *Úroda.* 55 (7). 18.

Feldman M. 2001. Origin of cultivated wheat. In: Bonjean AP, Angus WJ, eds. *The world wheat book: a history of wheat breeding.* Paris, France: Lavoisier Publishing, 3–56.

Foltýn, J., et al. 1970. *Pšenice. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.* 441 s.

Foltýn, J. 1989. *Pšenice - systém. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR. České Budějovice.* 110. ISBN:. 80-7084-020-X

Fossati D, Ingold M. 2001. Mountain wheat pool. In: Bonjean AP, Angus WJ, eds. The world wheat book: a history of wheat breeding. Paris, France: Lavoisier Publishing, 311–332.

Heun M, Schäfer-Pregl R, Klawan D, Castagna R, Accerbi M, Borghi B, Salamini F. 1997. Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278, 1312–1314.

Horčíčka, P. et al. 2012. Pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice. Kurent s.r.o. České Budějovice. 37. ISBN: 978-80-87111-31-4.

Hřivna L. Výživa a hnojení pšenice ozimé a kvalita produkce. [online] Šlechtitelské listy. 2012. [cit. 2017-02-02]. Dostupný z [http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva\\_a\\_hnojeni\\_porostu\\_psenice\\_ozime\\_a\\_kvalita\\_produkce.pdf](http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf)

Jantasuriyarat C, Vales MI, Watson CJW, Riera-Lizarazu O. 2004. Identification and mapping of genetic loci affecting the freethreshing habit and spike compactness in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 108, 261–273.

Knop K. (1974): Močovina v zemědělství. TES, Praha, 174.

Kulp, K., Ponte, J. G. 2000. Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker, Inc. New York. 790. ISBN: 0-8247-8294-1

Křen, J., et al. 1998. Metodika pěstování ozimých obilnin: Pšenice ozimá, ječmen ozimý, žito, tritikale. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s.r.o. Kroměříž. 143. ISBN 80902545-2-7

Kvěch, O., et al. 1985, Osevní postupy, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 208.

Ličková, S., Vašák, J., Bečka, D., 2016. Zimní nitratace pšenice ozimé a Akademik Emil Špaldon. *Agromanuál* 11 (3), 94 - 97

Marko, F., Miština, T., Kováč, K. 1992. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe: Agrotechnické opatření při pěstování ozimé pšenice. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Nitra. ISSN: 0231-9470

Mérigout, P.; Gaudon, V.; Quillere, I.; Briand, X.; Daniel-Vedele, F. (2008): Urea use efficiency of hydroponically grown maize and wheat. *Journal of Plant Nutrition* 31 (3): 427-443.

Nalam VJ, Vales MI, Watson CJW, Kianian SF, Riera-Lizarazu O. 2006. Map-based analysis of genes affecting the brittle rachis character in tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 112, 373–381.

Nesbitt M. 1998. Where was einkorn wheat domesticated? *Trends in Plant Science* 3, 1360–1385.

NIIR Board of Consultants & Engineers. 2006. Wheat, Rice, Corn, Oat, Barley and Sorghum Processing Handbook. Asia Pacific Business Press Inc. 464 s. ISBN 81-7833-002-4

Novák, J., Skalický, M. 2012. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint, Praha. 336. ISBN 978-80-87415-53-5.

Palík, S. et al. 2009. Metodika pěstování ozimé pečárenské pšenice. Agrotest. Kroměříž. 68. ISBN: 978-80-86888-07-1

PETERSON, R. F.: Wheat. World Crops Books. New York, 1965. 422.

Petr, J., Černý, V., Hruška, L. 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 448.

Pessarakli, M., (ed.) 2014. Handbook of Plant and Crop Physiology Third Edition. CRC Press. 1031. ISBN 978-1-4665-5329-3

PULKRÁBEK, J., PROCHÁZKA, O., PULKRÁBEK, J., ŠVACHULA, V. (1995): Rádce hospodáře: Rostlinná výroba. Praha: Sdružení soukromých zemědělců ČR. 172.

Remeslo, V. N., et al. 1986. Šlechtění a odrůdová agrotechnika pšenice intenzivního typu. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 288.

Růžek, P., Haberle, J., Kusá, H. 2004. Jarní hnojení ozimé pšenice. Farmář. 10 (4). 18-19

Růžek P., Kusá H., Pišánová, J. 2008. Produkční hnojení ozimé pšenice. Úroda 56 (4). 83-84.

Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R. 2007. Zakládání porostů ozimé pšenice a reakce odrůd na různé technologie zpracování půdy. Agromanuál. 2 (9/10). 63-65

Růžek, P., Kusá, H., Vavera, R. 2011. Kvalitativní hnojení pšenice dusíkem. Zemědělec. 19 (21). 22.

Serna-Saldivar, S.O. 2011. Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes. CRC Press. New York. 752. ISBN 978-1-4398-1560-1

Shewry, P. R. 2009. Wheat. Journal of Experimental Botany 60 (6). 1537- 1553

Simons KJ, Fellers JP, Trick HN, Zhang Z, Tai Y-S, Gill BS, Faris JD. 2006. Molecular characterization of the major wheat domestication gene Q. Genetics 172, 547–555.

Szabo' AT, Hammer K. 1996. Notes on the taxonomy of farro: *Triticum monococcum*, *T. dicoccon* and *T. spelta*. In: Hulled wheats Proceedings of the 1st International Workshop on Hulled Wheats, 21–22 July 1995, Tuscany, Italy. IPGRI, Italy, 2–40.

Špaldon, E. et al. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 720. ISBN 40-29-07-124-86.

Špaldon, E. 1963. Za vyšší výnosy obilnin. Ministerstvo zemědělství, lesního a vodního hospodářství v Podohospodářském vydavatelství. Praha. 38.

Štípek, K., Shejbal, P., Černý, J., Vaněk, V., Kulhánek, M., 2007. Výživa a hnojení ozimé pšenice určené (nejen) k potravinářskému využití (2. část). Agromanuál. 2 (8). 48-49

Svoboda, P.,Haberle. 2006.The effect of nitrogen fertilization on root distribution of winter wheat.Plant soil environ. 52 (7). 308-313

Vaněk. V., Balík. J., Pavlík. M.,Pavlíková. D., Tlustoš. P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi press. Praha. 176 s. ISBN 976-80-86726-25-0

Watson, S., A., Ramstad, P., E. 1987. Corn: chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. 605. ISBN 0-913250-48-1

Zimolka, J., et al. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, s.r.o., Praha. 180. ISBN: 80-86726-09-6.

## **8.1 Další použité prameny**

Food and Agriculture Organization of the United Nations – [www.fao.org](http://www.fao.org)

Nářízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů. Dostupný z <http://www.nitrat.cz/images/NS%20-%20platne%20zneni%20160727.pdf>

Výrobkový list hnojiva DAM 390

Výrobkový list hnojiva DASA 26+13 S

Etiketa hnojiva ENSIN)

Eiketa hnojiva NPK 10 – 10 – 10 +13 S

Výrobkový list hnojiva močovina)

Výrobkový list hnojiva Urea Stabil).



## 9 Přílohy



Obrázek 15: Popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)

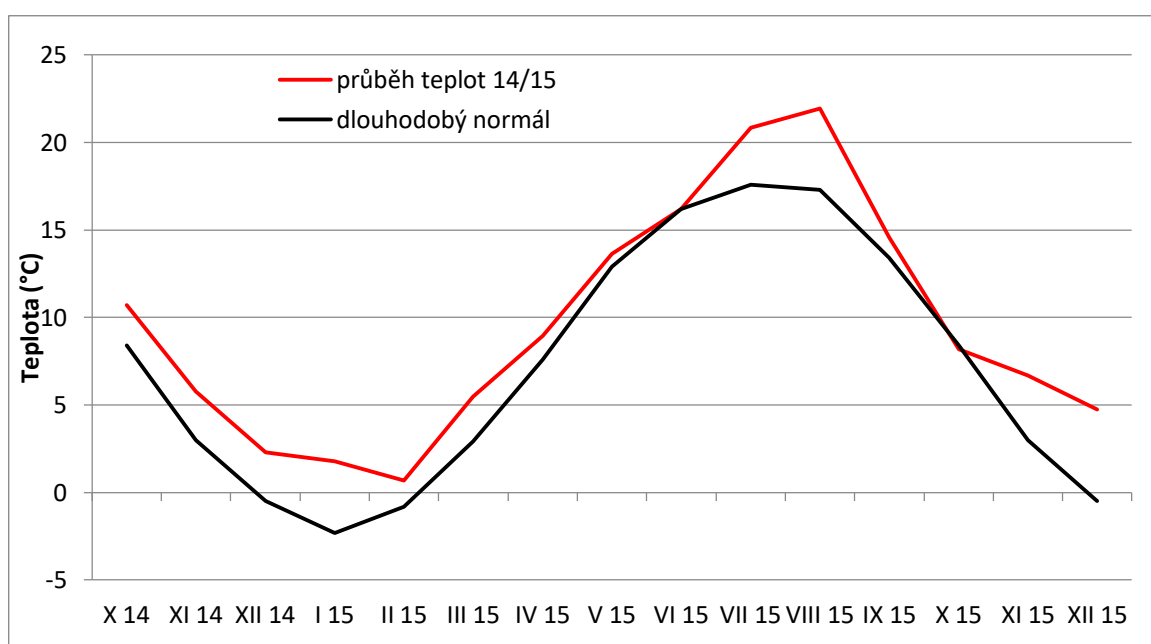


Obrázek 16: Vliv popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)

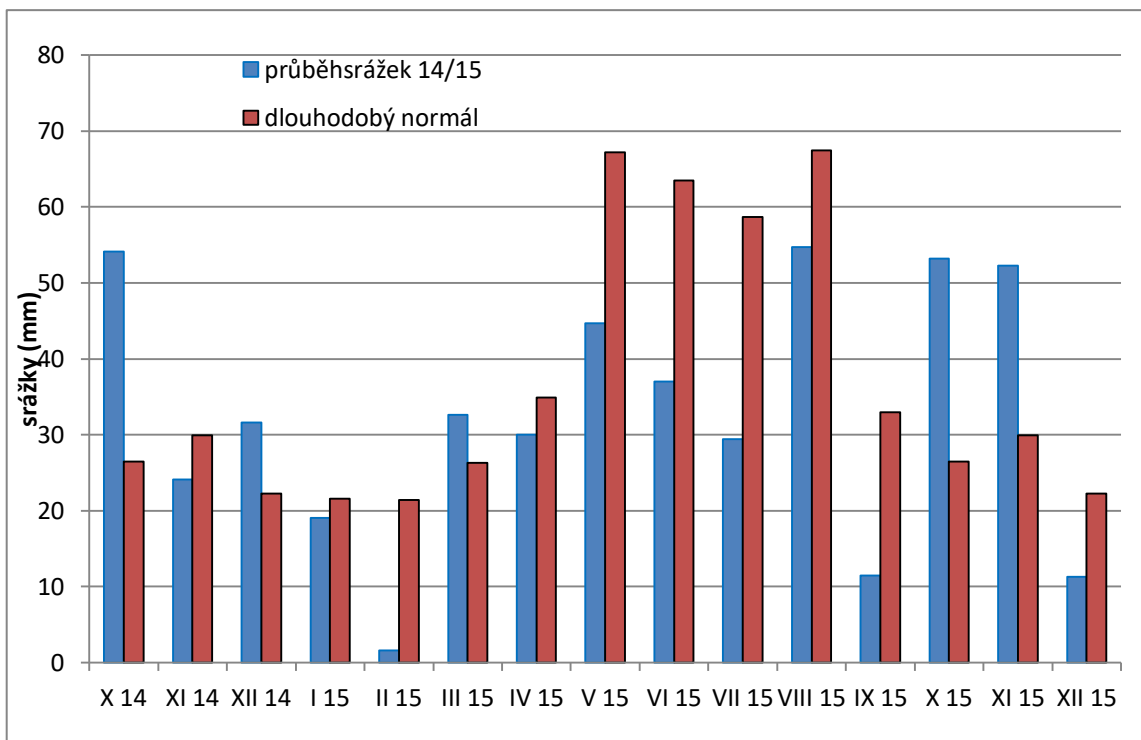




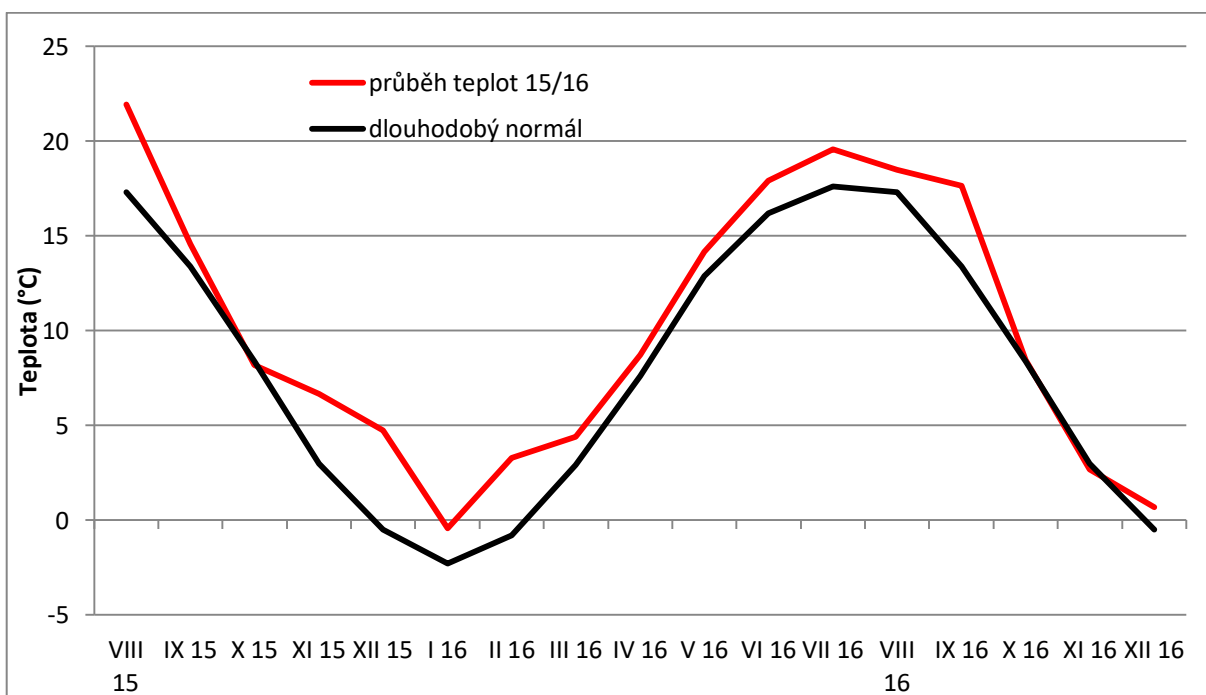
Obrázek 17: Vliv popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)



Obrázek 18: Průběh teplot ve vegetačním období 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým normálem

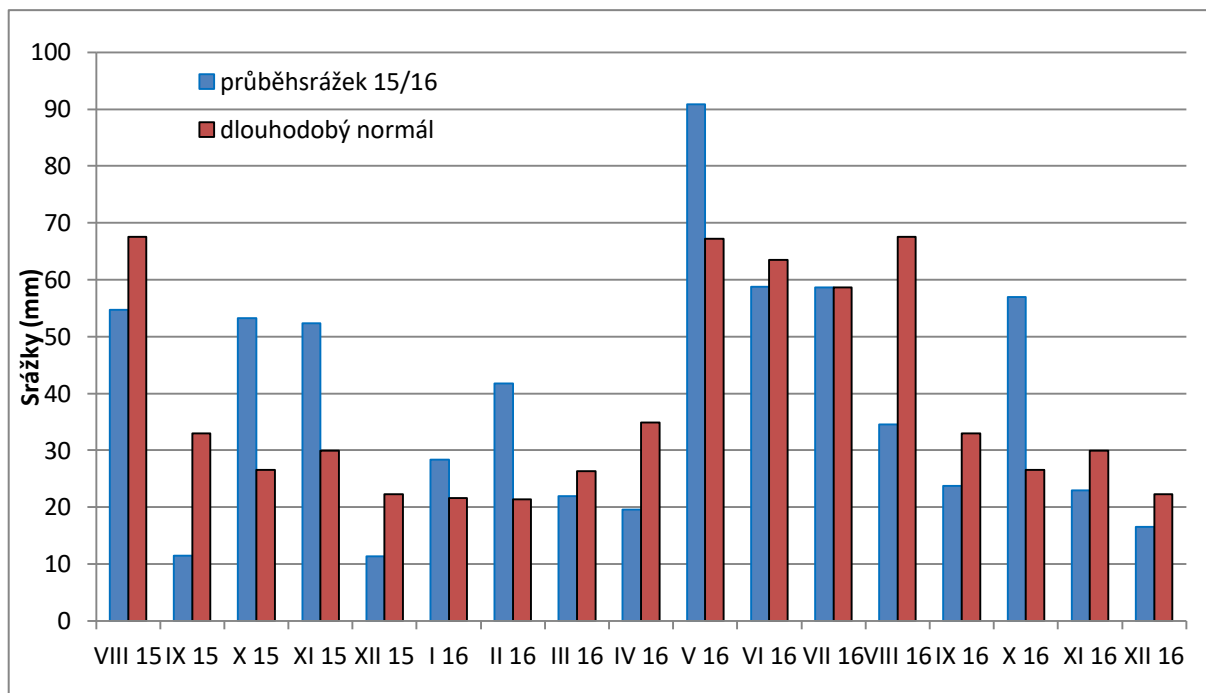


Obrázek 19: Průběh srážek ve vegetačním období 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým normálem



Obrázek 20: Průběh teplot ve vegetačním období 2015/2016 ve srovnání s dlouhodobým normálem





Obrázek 21: Průběh srážek ve vegetačním období 2015/2016 ve srovnání s dlouhodobým normálem

Poznámka: 23.5. 2016 - srážky včetně krupobití

## 10 Seznam příloh

Obrázek 1: Evoluční a genetické vztahy mezi pšenicemi a příbuznými planými trávami, příklady klasů a zrn (Shewry, 2009).

Obrázek 2: Spotřeba minerálních hnojiv v ČR (Vaněk et al., 2007).

Obrázek 3: Průměrný počet listů v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 4: Průměrný počet odnoží v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 5: Průměrná délka kořene v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 6: Průměrná hmotnost kořene 25 rostlin v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 7: Průměrná hmotnost nadzemní biomasy 25 rostlin v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 8: Průměrný počet klasů na m<sup>2</sup> v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 9: Průměrný počet zrn v klasu v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 10: Průměrná hmotnost tisíce zrn v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 11: Průměrný výnos v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 12: Průměrný obsah dusíkatých látek v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 13: Průměrný obsah škrobu v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 14: Průměrná objemová hmotnost v pokusných letech 2014/2015 a 2015/2016

Obrázek 15: Popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)

Obrázek 16: Vliv popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)

Obrázek 17: Vliv popálení porostu hnojivem DAM 390 (zdroj: Ing. Simona Ličková)

Obrázek 18: Průběh teplot ve vegetačním období 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým normálem

Obrázek 19: Průběh srážek ve vegetačním období 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým normálem

Obrázek 20: Průběh teplot ve vegetačním období 2015/2016 ve srovnání s dlouhodobým normálem

Obrázek 21: Průběh srážek ve vegetačním období 2015/2016 ve srovnání s dlouhodobým normálem

Tabulka 1: Růstové fáze obilnin (Zimolka et al., 2005)

Tabulka 2: Období zákazu používání dusíkatých hnojivých látek na orné půdě a trvalých travních porostech (NV č. 262/2012 Sb.)

Tabulka 3: Limity přívodu dusíku pro jednotlivé výnosové hladiny (NV č. 262/2012 Sb.)

Tabulka 4: maximální celková dávka dusíku v období po sklizni hlavních plodin (NV č. 262/2012 Sb.)

Tabulka 5: Agrotechnické zásahy na pokusném pozemku

Tabulka 6: Vyhodnocení vegetačních pozorování

Tabulka 7: Statistické vyhodnocení předsklizňových a sklizňových pozorování