MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015 **ANDREA SKÁCELOVÁ**

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav technologie potravin

Studium změn frakcí bílkovin zrna pšenice a ječmene po vybraných agrotechnických zásazích

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna

Vypracovala:

Andrea Skácelová

Brno 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Studium změn frakcí bílkovin zrna pšenice a ječmene po vybraných agrotechnických zásazích vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.*

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:……..

podpis …….

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu prof. Ing. Dr. Luďku Hřivnovi a Ing. Barboře Kotkové za pomoc, kterou mi poskytli při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za umožnění studia a podporu během něj.

ABSTRAKT

Bakalářská práce zaměřená na téma „Studium změn frakcí bílkovin zrna pšenice a ječmene po vybraných agrotechnických zásazích“ se zabývá problematikou možností ovlivnění skladby bílkovinného komplexu zrna působením dusíkatých a sirných hnojiv. Jsou zde charakterizovány biologické vlastnosti a technologické parametry těchto plodin. Dále se práce zabývá strukturou a obsahem jednotlivých bílkovin. Vlastnosti bílkovin se promítají do technologického procesu a mají vliv na jakost finálních produktů. V práci je podrobně charakterizován vliv dusíku a síry na rostliny, projevy jejich nadbytku a nedostatku. Důraz je kladen na působení těchto prvků na výnos a kvalitu pšenice a ječmene. Toto bylo ověřeno maloparcelním pokusem založeným ve Velké Bystřici na Olomoucku v roce 2013.

Klíčová slova: pšenice, ječmen, hnojení, dusík, síra, frakce bílkovin

ABSTRACT

The aim of this bachelor work on the topic „Study of changes in protein fraction of grains of wheat and barley on selected agrotechnical interventions“ is a discovery of the influence the behavior of nitrogen and sulfur fertilizers on protein complex of wheat and barley. Biological properties and technological parameters of these crops are characterized. Furthermore, the work deals with the structure and content of each protein. Protein properties are reflected in the technological process and they influence the properties of the final products. Finally, this work shows the influences of nitrogen and sulfur on plants, their expressions of excess and deficiency. The emphasis is placed on the effect of these elements on the yield and quality of wheat and barley. This is verified by the experiment in Velká Bystřice near Olomouc city at year 2013.

Keywords: wheat, barley, fertilization, nitrogen, sulphur, protein fractions

OBSAH

1 ÚVOD 9

2 CÍL PRÁCE 11

3 LITERÁLNÍ PŘEHLED 12

3.1 Význam agrotechniky pro kvalitu obilovin 12

3.2 Výživa a hnojení 12

3.2.1 Dusík 13

3.2.1.1 Dusík v půdě a rostlině 13

3.2.1.2 Nadbytek a nedostatek dusíku 14

3.2.1.3 Dusík při výživě pšenice a ječmene 14

3.2.2 Síra 15

3.2.2.1 Síra v půdě a rostlině 15

3.2.2.2 Nadbytek a nedostatek síry 16

3.2.2.3 Síra při výživě pšenice a ječmene 17

3.3 Charakteristika pšenice jako plodiny 18

3.3.1 Zrno pšenice a jeho kvalita 19

3.4 Charakteristika ječmene jako plodiny 20

3.4.1 Obilka a její složení 21

3.4.2 Zrno ječmene a jeho kvalita 22

3.5 Bílkoviny zrna pšenice a ječmene a jejich význam 24

3.5.1 Frakce bílkovin 24

3.5.1.1 Protoplazmatické bílkoviny 25

3.5.1.2 Zásobní bílkoviny 25

3.5.1.3 Aminokyseliny v jednotlivých bílkovinných frakcích 27

3.5.2 Obsah bílkovin v závislosti na hnojení 27

3.5.3 Proteiny pšenice a lepek 28
3.5.3.1 Celiakie 29
3.5.4 Proteiny ječmene 29
4 MATERIÁL A METODIKA 32
4.1 Materiál 32
4.1.1 Charakteristika odrůdy pšenice ozimé použité v pokusu 32
4.1.2 Charakteristika odrůdy ječmene jarního použitého v pokusu 32
4.1.3 Charakteristika použitých hnojiv při pěstování pšenice ozimé 33
4.1.4 Charakteristika použitých hnojiv při pěstování ječmene jarního 33
4.2 Metodika 34
4.2.1 Metodika pokusu s pšenicí ozimou 34
4.2.2 Metodika pokusu s ječmenem jarním 36
4.2.3 Zpracování výsledků 37
5 VÝSLEDKY A DISKUSE 38
5.1 Vliv kombinace hnojení dusíkem a sírou na výnos a kvalitu zrna pšenice ozimé…….. 38
5.1.1 Analýza bílkovinného profilu zrna pšenice 43
5.2 Vliv kombinace hnojení dusíkem a sírou na kvalitu a obsah N-látek v zrně ječmene jarního 45
5.2.1 Analýza bílkovinného komplexu zrna ječmene 45
5.3 Doporučení pro praxi 48
6 ZÁVĚR 50
7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY 51
8 SEZNAM OBRÁZKŮ 58
9 SEZNAM TABULEK 59

10 SEZNAM ZKRATEK..... 59

1 ÚVOD

Po dobu historického vývoje se lidé stále více snažili získávat obiloviny z přírody a vylepšovat jejich parametry a výnosový potenciál. Obiloviny se dají pokládat za nejvýznamnější zdroj sacharidů. Dají se různým způsobem upravovat, jsou velmi dobře skladovatelné, a proto je jejich spotřeba velmi vysoká (PRUGAR, 2008). V roce 2013 se z plochy 829 393 ha sklidilo 4 725 877 t pšenice ozimé s průměrným výnosem 5,7 t/ha (ČSÚ, 2013).

Významnou roli z hlediska výnosu i kvality pšenice hraje výživa a hnojení. Aplikace dusíku má vliv zejména na pekařskou hodnotu zrna. Pozitivně je ovlivněn obsah bílkovin a mokrého lepku (PRUGAR, 2008). Pokud ho dávkujeme postupně, můžeme do jisté míry ovlivnit i příjem ostatních živin (ZIMOLKA, 2006). Celkové aplikační rozmezí se pohybuje u pšenice od 140 do 200 kg/ha. Další živiny, jež by se neměly opomínat, jsou hořčík, draslík, fosfor a síra. Velmi úzký vztah k dusíku má právě síra. Nachází se v zrnu hlavně v sirných aminokyselinách methioninu a cysteinu, pokud jí má rostlina nedostatek, snižuje se i využitelnost dusíku a kvalita produkce (SAHOTA, 2006).

Pšenice je nejdůležitější hospodářskou plodinou v ČR. Zrno je využíváno k potravinářským, krmivářským a technickým účelům (KŘEN, 1998). Největší podíl se zkrmuje a větší část osevních ploch je pěstovaná s cílem dosažení potravinářské kvality, proto zde dominují jakostní skupiny A (kvalitní) a E (elitní), které ale nezohledňují strukturu potřeby a využití zrna (ZIMOLKA, 2005).

Ječmen je po pšenici považován za druhou nejstarší obilninu. Za oblast původu je pokládána Asie. Na základě archeologických nálezů se datuje pěstování ječmene v našich zemích na 500 let př. n. l. Sporným dosud zůstává, zda se dříve pěstoval dvouřadý nebo víceřadý (ZIMOLKA, 2006). V původních oblastech sloužil ječmen jako potravina, krmivo i jako léčivo pro své antiseptické účinky. Pivo se dříve vařilo z pšenice, ale od 17. století se rozmáhá sladování ječmene (KOSAŘ A KOL, 2000). Vysoká adaptabilita, komplexní mechanizace, krátká vegetační doba a nízké nároky na příjem živin zejména dusíku z něj dělají důležitou zemědělskou plodinu

(PELIKÁN A KOL., 2004). Ječné bílkoviny jsou důležité zejména k výrobě sladu. K výživě kvasinek slouží nízkomolekulární produkty štěpení, zatímco vysokomolekulární bílkoviny mají vliv na plnost a pěnivost piva, ale mohou tvořit i zákal (PROKEŠ, 2000).

Bílkovinný komplex pšenice a ječmene se skládá z jednotlivých frakcí, jejichž zastoupení ovlivňuje technologické parametry. Tato práce se věnuje problematice možností ovlivnění jednotlivých frakcí prostřednictvím výživy dusíkem a sírou.

2 CÍL PRÁCE

- Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku vlivu hnojení dusíkem a sírou na technologickou kvalitu zrna pšenice a ječmene.
- Zaměřit se na hodnocení změn ve složení bílkovinných frakcí po hnojení N a S-hnojivy
- Ověřit účinnost zásahů v maloparcelním pokusu.
- U sklizeného zrna stanovit jednotlivé bílkovinné frakce a konfrontovat je s literárními údaji v bakalářské práci.
- Vypracovat pěstitelská doporučení, která vedou ke zlepšení technologické kvality zrna.

3 LITERÁLNÍ PŘEHLED

3.1 Význam agrotechniky pro kvalitu obilovin

K dosažení dobrého výnosu pšenice musíme volit správná agrotechnická opatření, jako jsou zařazení do osevního postupu, příprava půdy a setí. Hlavní význam má zejména střídání plodin, což může mít zásadní vliv na obsah lepku a bílkovin. Velmi vhodná je díky svým posklizňovým zbytkům vojtěška, dále pak bobovité rostliny, které uvolňují do půdy dusík. Neméně důležité je zpracování půdy po předplodině, volba správného termínu setí a vhodné rozmezí výsevku, přičemž vyšší hustota setí negativně ovlivňuje obsah bílkovin (BĚHALOVÁ, 2013).

Pěstování ječmene se kvůli zvyšování průměrné roční teploty přesouvá do bramborářské oblasti. Nejlepšími předplodinami jsou cukrovka, řepa a okopaniny. Časné setí pozitivně ovlivňuje výnos. Ječmen je citlivý na výkyvy počasí a na různé agrotechnické zásahy (PRUGAR A KOL., 2008).

3.2 Výživa a hnojení

Rostliny přijímají živiny pomocí kořenové soustavy a listy, zejména N, P, K, Mg, Ca, Fe a mikroprvky ve formě solí (RICHTER, 2004). Příjem živin rostlinou ovlivňují vnější a vnitřní faktory. Mezi vnitřní faktory patří mohutnost kořenového systému, dána geneticky. Mezi vnější faktory můžeme zařadit složení atmosféry, povětrnostní vlivy, vlastnosti půdy, zdravotní stav porostu a agrotechnické zásahy (RICHTER A KOL., 1999).

Z hlediska pěstování obou plodin je důležité stanoviště, významně se zde projevuje půdní druh i typ. Půda je pak charakterizovaná mimo jiné jejími agrochemickými vlastnostmi, které ukazují na to, jak je zásobena jednotlivými živinami. Rozhodující je průběh povětrnosti. Úhrn srážek výrazným způsobem ovlivňuje obsah bílkovin v zrnu a tím i jeho celkovou jakost. Předpokladem dobrého výnosu zrna jsou bohaté srážky do fáze kvetení a následující vyšší teploty. Vlhké počasí v době tvorby obilky podporuje

výnos, ale způsobuje snížení obsahu dusíkatých látek v zrnu a také zhoršení ostatních znaků jakosti (PRUGAR, 2008).

Příjem vody a živin je ovlivňován teplotou. Například příjem nitrátového dusíku neprobíhá při teplotě pod 5 °C, zatímco amoniakální je přijímán i při nižší teplotě (KOVÁČIK, 2012). I v zimním období bez sněhové pokrývky je kořen schopen přijmout, transformovat a přepravit dusíkaté a fosforečné látky. To spolu s aktivní fotosyntézou tvoří podmínky pro vznik sušiny (PETR, 1980). Sluneční osvětlení podporuje fotosyntézu, hromadění látek jako sacharidů, bílkovin a podporuje tvorbu produktivních odnoží (BEZDÍČKOVÁ A KOL., 1997).

3.2.1 Dusík

3.2.1.1 Dusík v půdě a rostlině

Dusík je významný prvek pro všechny živé organismy. Jeho obsah v rostlině kolísá a závisí na části rostliny a jejím stáří. Zpočátku vývoje je jeho obsah vysoký, ale s tvorbou biomasy klesá. V době zrání přechází z vegetačních orgánů do obilek (IVANIČ, 1984).

V atmosféře je 78,08 % dusíku ve formě plynu a oxidů. Plynný dusík se musí ionizovat a musí se vytvořit NH_4^+ a No_3^- ionty, aby byl přijatelný pro vyšší rostliny. Fixace dusíku probíhá samovolně nebo symbioticky (bakterie rodu *Rhizobium*). Symbiotická fixace je závislá na druhu rostliny a využívá se zde energie z fotosyntézy k transformaci N_2 a NH_3. V organické formě se vyskytuje až 99 % N v orné půdě. (RICHTER A KOL., 1999, ZIMOLKA, 2000). Rozlišujeme proces imobilizační a mineralizační. Během imobilizačního procesu se vlivem mikroorganismů zabudovává nitrátový a amonný dusík do organických sloučenin. Při mineralizačním procesu se složité organické látky rozkládají na amonný dusík, který bývá částečně nitrifikován na dusičnany. Pro rostliny je nejdůležitější nitrát vzniklý činností nitrifikačních bakterií a je přijímán kořeny (RICHTER, 2004). Nitrát je třeba před absorpcí redukovat na NH_3 za přítomnosti enzymů nitrátreduktáza a nitritreduktáza. Nitrát je aktivně přijímán kořeny ve směru elektrochemického gradientu. Dusík je zabudováván do aminokyselin.

V půdě se organický dusík nachází jako součást humusu, biomasy a biologických přeměn organického dusíku (RICHTER A KOL., 1999).

3.2.1.2 Nadbytek a nedostatek dusíku

Při nedostatku dusíku je omezená tvorba bílkovin a omezení růstu. Rostliny jsou slabé, porost je světlejší a nevyrovnaný. Při silném nedostatku starší listy žloutnou a opadávají (VANĚK, 2007). Listy z nižších pater obvykle trpí nedostatkem N dříve, protože se z nich N přemisťuje, aby udržel vývoj mladších listů, plodů a semen. To někdy vede ke klamnému dojmu rychlého dozrávání. Kořen roste do délky a málo se větví. Redukuje se i délka klasů, počet a hmotnost zrn v klase, čímž se snižuje výnos (RICHTER, 2004).

Nadbytek dusíku není tak častý. Rostliny jsou sytě zeleně zbarveny a mají větší asimilační plochu. Jsou robustní, dobře vyvinuté, ale náchylné k poléhání. Listy mají temně zelenou barvu, ale listy spodních pater vlivem nedostatku světla žloutnou (RICHTER, 2004). Porost přechází později do generativní fáze, čímž se prodlužuje vegetační doba. Hustota porostu zadržuje vlhkost, kde se daří chorobám, zejména houbám (VANĚK, 2007).

3.2.1.3 Dusík při výživě pšenice a ječmene

Pšenici dusíkem na podzim obvykle nehnojíme, pokud následuje po plodině hnojené hnojem nebo po jetelovinách. Při opožděném vývoji, a pokud je suchý podzim přihnojujeme dávkou 20 – 30 kg N/ha. Pšenice ozimá do zimy odčerpá pouze asi 12 % z celkové potřeby dusíku na předpokládaný výnos. V průběhu vegetace hnojení dělíme na regenerační, produkční a kvalitativní. Regenerační hnojení slouží k nastartování rychlého růstu, obnově kořenového systému a biomasy. Aplikujeme brzy z jara na rozmrzlou půdu. Dávku určíme výpočtem na základě obsahu minerálního dusíku v půdě. Preferujeme dělené dávky, které jsou ekonomicky výhodné, a dosahujeme lepšího využití rostlinou. Používáme dusičnan amonný, močovinu a ledky. Produkční hnojení dusíkem se provádí na počátku sloupkování. Dávku určujeme z aktuálního stavu porostu na základě rozboru. V této fázi tvoří rostliny velké množství sušiny.

Kvalitativní hnojení podle průběhu povětrnostních podmínek se podílí na technologické jakosti pšenice. Důležité je hlavně na lehkých a středních půdách. U slabších porostů přihnojujeme v době objevení posledního listu. Normální porost se hnojí v počátku metání. Při užití kapalných hnojiv by mohlo dojít k popálení porostu, proto preferuje pevná. Dávka je asi 30 kg N/ha (ZIMOLKA, 2005; RICHTER, 2005).

Ječmen vyžaduje dobrou zásobu pohotových živin a má vysoké nároky na předplodinu jako je cukrovka, kukuřice a brambory. Pro kvalitní výnos je třeba zásobit prvních 15 dní intenzivněji fosforem než dusíkem. Po vytvoření třetího listu se z důvodu zvětšování biomasy zvýší i potřeba dusíku. Optimální dávka N a P vede k lepší tvorbě odnoží, vysoké dávky k zahuštění, poléhání, tvorbě neproduktivních odnoží, snížení výnosu a jakosti. Do období prvního kolénka ječmen odčerpá až 60 % všech živit za vytvoření asi jen 20 % sušiny. Přihnojování provádíme také v závislosti na vývinu porostů. Pokud se do konce dubna na rostlině nevyskytují tři listy a půda je chudá na dusík, přihnojujeme v dávce 30 kg/ha. Pro sladovnické využití zrna volíme spíše organizované porosty s vyrovnaným růstem a tvorbou odnoží. Při pěstování ječmene po řepě volíme časnější zaorání řepného chrástu, aby se dusík stihl včas mineralizovat (ZIMOLKA, 2006; RICHTER, RYANT).

3.2.2 Síra

Dříve se působení síry na rostliny nevěnovala velká pozornost. V půdě byla obsažena v dostatečném množství v důsledku vysokých spadů oxidu siřičitého, díky průmyslové činnosti. Do půdy se dostávala s kyselými dešti, kde se oxidovala na vstřebatelné sírany. Pokud má rostlina nedostatek síry z půdy, je schopna oxid siřičitý získávat i ze vzduchu. Dnešní průmyslovou činností se však obsah síry vypouštěné do ovzduší značně snížil (ze 100 kg/ha na 20 kg/ha) (VANĚK, 2007; HŘIVNA A KOL., 2011).

3.2.2.1 Síra v půdě a rostlině

Množství celkové síry obsažené v půdě se pohybuje okolo 50 – 500 mg/kg, z toho 98 % je v organických sloučeninách a zbytek v biomase mikrobů (VANĚK, 2007).

Vyskytuje se ve sloučeninách minerálních i organických. V normálních půdách je nejvíce síry ve formě sádry. Značný podíl síry se vyskytuje v organické formě, nejvíce u černozemí. Přeměna síry probíhá sulfurikací, desulfurikací a imobilizací za pomoci půdních chemoautotrofních mikroorganismů až na H_2SO_4. Při desulfurikaci dochází k redukci SO_4^{2-} na H_2S. Tyto procesy se podobají nitrifikaci a denitrifikaci. Redukované formy se v anaerobních podmínkách mění z SH_2 na elementární síru. Purpurové bakterie síru oxidují na H_2SO_4. Zelené a purpurové bakterie rozštěpují H_2S pro získání vodíku. Síra je sorbována chemicky nebo fyzikálně chemicky ve formě SO_4^{2-}. K ztrátám SO_4^{2-} dochází výrazně vyplavováním (FECENKO A KOL., 2000; RICHTER, 2007).

Pro výživu rostlin bývá síra zařazována hned po dusíku. Kořeny ji mohou absorbovat i ve formě cysteinu a methioninu, ale těchto aminokyselin se v půdě vyskytuje málo (MARSCHNER, 2006). Nejčastěji je přijímána kořeny ve formě aniontů SO_4^{2-}, nebo průduchy v omezeném množství jako atmosférický SO_2 (FLOHROVÁ, 1996). Celkový obsah síry je v rostlinách 0,2 – 0,5 %. Hlavní funkcí síry je vytváření disulfidických můstků mezi polypeptidickými řetězci a stabilizace bílkovinných struktur (ZELENÝ, 1993). Příjem sulfátů je ovlivněn přítomností aniontů v půdním roztoku. Přenos sulfátů přes membránu z kořenové buňky do protoplastu je prováděno specifickou permeázou umístěnou v cytoplazmatické membráně nebo na jejím povrchu. Před utilizací dochází k redukci a následnému zabudování do organických látek. Cystein je první stálý produkt, kde je síra přítomna ve formě redukované a zároveň organické vázané. V této formě se pak síra dostává do bílkovin, sirných derivátů, glutathionu, a nebo je donorem SH skupiny pro účast v enzymatických reakcích (RICHTER, 2004).

3.2.2.2 Nadbytek a nedostatek síry

Projevy nadbytku jsou podobné projevům vysoké teploty, sucha nebo zasolení. Akutní poškození se podobá působení kyseliny sírové. Poškození se projevuje žloutnutím listů, vybělení tkání mezi nervaturou, protože se rozpadají karoteny a chlorofyl. Vybělují se i mezižilní prostory a dochází k opadu listů (ZELENÝ, 1996). Dnes k nadbytku nedochází, rostliny ji ukládají ve svých pletivech bez výrazného poškození. Depresivně působí vysoká koncentrace SO_4^{2-} (VANĚK, 2007).

Nedostatek způsobuje omezenou syntézu sirných aminokyselin a tím i inhibici tvorby bílkovin. Navyšuje se množství nitrátů a amidů. Růst nadzemních částí rostlin se omezuje. Podobně jako u deficitu dusíků dochází ke chloróze, nejdříve ale na mladých listech. Chloróza se od okrajů listů šíří k žilnatině, která si však zachovává zelenou barvu, ale neobjevují se nekrózy, jak tomu bývá u nedostatku dusíku (BERGMANN, 1992). Porost má z dálky různé odstíny zelené barvy. Na jeho záchranu aplikujeme listové hnojivo obsahující síru (ZIMOLKA, 2006).

3.2.2.3 Síra při výživě pšenice a ječmene

U pšenice můžeme síru aplikovat v tuhých hnojivech nejlépe v kombinaci s dusíkatým přihnojením, tudíž volíme dusíkatá hnojiva obsahující síru. Síra podporuje utilizaci a příjem dusíku. Síra je významným faktorem působícím také na nutriční hodnotu zrna a ovlivňuje pekařskou jakost. Výnos zrna se zvyšuje pouze minimálně, ale narůstá bobtnavost pšeničných bílkovin, zvyšuje se obsah dusíkatých látek, pádové číslo a enzymatická aktivita zrna klesá (ZIMOLKA, 2005). Deficit síry působí na glutenové bílkoviny zrna, které spolu s gliadiny ovlivňují reologii a objem těsta. Gluteniny se podílejí na elasticitě a pevnosti střídy a gliadiny ovlivňují tažnost a viskozitu (GÁLOVÁ A KOL., 2004).

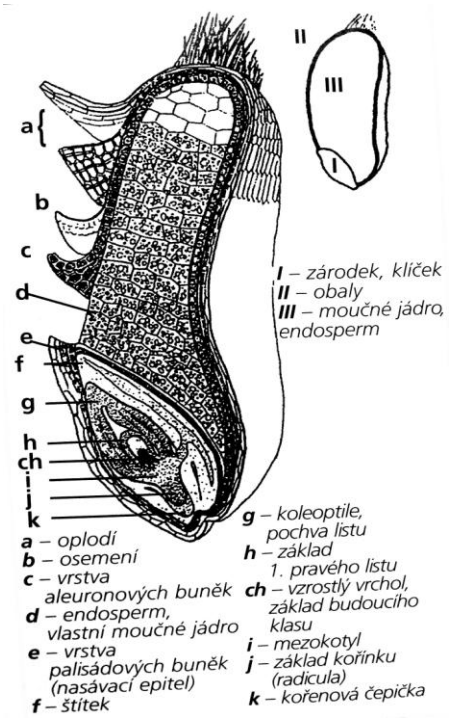
Při hnojení ječmene používáme hnojiva síru obsahující, pokud ale síru neobsahují, aplikujeme samostatně. Používá se sádrovec, superfosfát a hořečnatá i draselná hnojiva s obsahem síry. Neuvažuje se množství síry z posklizňových zbytků ani organických hnojiv při výpočtu dávky sirného hnojiva (ZIMOLKA, 2006). Množství sirných sloučenin působí na obsah dimethylsulfidu v ječném sladu, podílejícího se na chuti a vůni ležáků. Pokud dimethylsulfid překročí hranici 100 $\mu g.l^{-1}$, tak zhoršuje senzorické vlastnosti piva. (ANNES A KOL., 1982). V pozdějších fázích růstu a vývoje ječmene se sirný deficit obtížně odstraňuje, je třeba dodat na výnos 6 – 7 t zrna asi 30 kg/ha (RICHTER A KOL., 2008).

Síru je vhodné aplikovat v kombinaci s dusíkatými hnojivy. Individuální dávka se stanoví v závislosti na jejím obsahu v půdě. Jedná se o nový prvek používaný při hnojení, protože v minulosti bylo velké množství jejich sloučenin vypouštěno do ovzduší. Pro technologické zpracování obilovin je velice přínosná, neboť u pšenice

zlepšuje vlastnosti těsta a u ječmene se podílí na senzorických vlastnostech piva, kde v menším množství příznivě ovlivňuje vůni piva.

3.3 Charakteristika pšenice jako plodiny

Pšenice ozimá (*Triticum aestivum*) je naše nejrozšířenější zemědělská plodina. V roce 2013 zaujímala 31,8 % z celkové osevní plochy v ČR a celková produkce dosáhla 4 265 tisíc tun (ČSÚ, 2013). Vedle použití v potravinářství ji můžeme použít k výrobě piva, lihu a škrobu. Své využití mají také vedlejší produkty, jako jsou plevy, otruby a pšeničná sláma (ŠAŠKOVÁ A KOL., 1993).



Obrázek 1: Stavba zrna pšenice (ZIMOLKA, 2005)

Pšenice náleží do rodu *Triticum* L. a čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Rozlišujeme diploidní, tetraploidní a hexaploidní pšenici. Diploidní má úzký klas, pěstitelsky významnější je však tetraploidní a hexaploidní (ZIMOLKA, 2005). Odnožuje na podzim i časně z jara. Stéblo je rozděleno čtyřmi až šesti kolénky. Listová pochva má blanitý jazýček a úzká, brvitě chlupatá ouška. Květenstvím je osinatý nebo bezosinný lichoklas. Zrno je nahé, vejčitého tvaru. Objemová hmotnost bývá 700 – 800 g, HTS se pohybuje od 30 do 55 g. Zrno optimální vlhkosti má průměrně 65,5 % škrobu, 12,5 % bílkovin,

1,7 % tuků, minerální látky a vitamíny skupiny E a B (KUCHTÍK A KOL., 1995). Podrobnou anatomickou stavbu zachycuje **Obrázek 1**.

3.3.1 Zrno pšenice a jeho kvalita

Podle kategorizace pšenici dělíme na pekárenskou (třída E, A, B), pečivárenskou pro výrobu sušenek, oplatků, krekrů, pšenici pro ostatní použití jako jsou technické účely a krmnou pšenici (třída C) a tvrdou pšenici pro výrobu těstovin (KŘEN, 1998). Technologická jakost pšenice je komplexní veličina související s chemickým složením zrna, zejména zásobních prolaminových bílkovin endospermu, a je podložena genetikou odrůdy (HUBÍK, 2000, NOVOTNÝ A KOL., 2002).

Znaky, které stanovujeme u pšenice, můžeme rozdělit do tří skupin. První skupinou jsou obchodní ukazatele, také nazývány jako znaky obilní masy. Ty dělíme na smyslové (barva, pach, chuť a zdravotní stav) a objektivní (vlhkost, příměsi a nečistoty). K druhé skupině patří znaky mlynářské jakosti a do třetí skupiny řadíme znaky pekařské jakosti.

Z hlediska mlynářské jakosti je důležité z poskytovaného zrna namlít co nejvíce mouky. Vhodnost pro mlynářské účely se posuzuje výtěžností krupic a jejich luštitelnost, výtěžnosti mouky, popela, barvy mouky, podílu otrub popř. spotřeby elektrické energie. (DUDÁŠ A KOL., 1992). Cílem mletí je co nejlepší oddělení endospermu a obalových vrstev, protože chceme dosáhnout mouky s nízkým obsahem popelovin. Zrno by mělo mít mělkou rýhu, tenké obaly, hladký povrch, vyrovnanou velikost a vysoký podíl endospermu. Zrna nesmí být ani příliš měkká, ani příliš tvrdá. Přímý jakostní ukazatel je pokusný zámel. Mezi nepřímé ukazatele patří objemová hmotnost (hmotnost jednoho litru zrna v kg na hl), hmotnost tisíce zrn, tvrdost zrna, obsah popela a podíl plných zrn (%) (CHLOUPEK, 2005). Tvrdost zrna hodnotíme hlavně v mlýnské technologii kvůli stanovení tvorby krupic a spotřebě energie. Obsah popelovin není v obilce rovnoměrný a souvisí s technologií výroby mouky (DUDÁŠ A KOL., 1992). Hmotnost tisíce zrn ovlivňují klimatické podmínky a odrůda (JUREČKA A KOL., 2002).

U znaků pekařské jakosti stanovujeme: obsah bílkovin, enzymatickou aktivitu, sedimentační aktivitu (Zelenyho test), lepek, fyzikální vlastnosti těsta a provádíme

pekařský pokus (Rapid Mix test) (ZIMOLKA, 2005). Obsah bílkovin stanovujeme mineralizací vzorku koncentrovanou kyselinou sírovou za přítomnosti katalyzátoru. Enzymatická aktivita je způsobena α-amylázou, která rozkládá škrob na jednoduché cukry. Chceme, aby číslo poklesu bylo nejméně 220 s. Zelenyho test se provádí za pomoci kyseliny DL-mléčné (25ml) smícháním s 3,2 g mouky a 50 ml izopropylalkoholu. Po pěti minutách odečítáme výšku sedimentu. Mouka je tím kvalitnější, čím je větší bobtnatelnost bílkovin. Čím máme vyšší obsah hrubých bílkovin, tím je kvalitnější těsto. Vypočítáme je na základě stanovení obsahu dusíku a vynásobení faktorem 5,7. Mezi hlavní kritéria hodnocení pšenice řadíme Rapid Mix test. Jedná se o pekařský pokus, při kterém se hodnotí výtěžnost pečiva, pružnost těsta, vzhled, lepivost, vyvázanost, barvu, pružnost střídy, stejnoměrnost pórů, křehkost kůrky a chuť (NOVOTNÝ A KOL., 2002; JUREČKA A KOL., 2002). Doplňkovým kritériem pro hodnocení pšenice je obsah mokrého lepku, což je nerozpustný podíl pšeničných bílkovin, zejména gliadinů a gluteninů. Optimální tažnost je 11 – 12 cm. Zásobní bílkoviny endospermu zrna jsou schopny v procesu zpracování těsta vytvářet heterogenní soustavy bílkovin, škrobu, lipidů a minerálů s přidanou vodou určující technologickou jakost zrna pšenice (HUBÍK, 2000, NOVOTNÝ A KOL., 2002). Lepek tvoří trojrozměrnou síť zvětšující svůj objem při pečení. K vyhodnocení změn odporu těsta při hnětení nám slouží farinografické údaje (JUREČKA A KOL., 2002).

Hnojení dusíkem ovlivňuje obsah bílkovin i mokrého lepku v sušině zrna. Vyšší úroveň hnojení dusíkem negativně ovlivňuje bobtnatelnost a tažnost lepku. Na hodnotu výšky sedimentu SDS-testu a zároveň i na kvalitu mouky působí dusík pozitivně. Z pohledu využití dusíku je významná síra, protože spolu metabolické cesty úzce souvisí. Síra má příznivý vliv na rheologické vlastnosti těsta, tedy na objem pečiva a kvalitu střídy (HŘIVNA L., 2012).

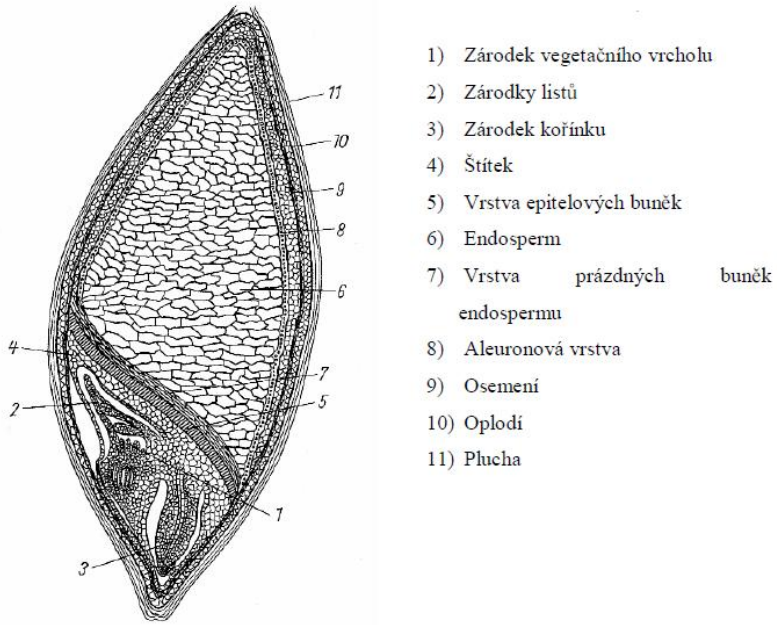
3.4 Charakteristika ječmene jako plodiny

Ječmen (*Hordeum Vulgare* L.) se v našich podmínkách pěstuje zejména na slad, ze kterého se vyrábí pivo. Jakostí sladu jsou ovlivněny jeho vlastnosti, stabilita a chemické složení (KOSAŘ A KOL, 2000). Ze 70 % se zrno ječmene využívá jako jadrné krmivo, zejména pro monogastrická zvířata. Pěstitelské požadavky na krmný ječmen se

značně liší od požadavků na ječmen sladovnický. Ječmen lze využívat i jako cereální zdravou výživu a průmyslově slouží jako surovina k výrobě lihu, škrobu, detergentů, farmaceutických a kosmetických přípravků (ZIMOLKA, 2006).

3.4.1 Obilka a její složení

Zrno se skládá z tří částí, což jsou obalové vrstvy, zárodek a endosperm (**Obrázek 2**). Na hřbetní straně obalů se nachází plucha a na břišní je pluška (INGR, 2003). Oplodí a osemení spolu srůstá pod pluchou a pluškou, nazývá se zde ektosperm. Pluchy s ektospermem chrání endosperm a klíček před mechanickým poškozením, vysycháním a mikrobiálním napadením (KUČEROVÁ, 2004). Obalové vrstvy propouští kyslík k zárodku, a tudíž jsou důležité pro klíčení (INGR, 2003). Zárodek (klíček) je s endospermem spojen štítkem a je základem pro novou rostlinu. Při sladování zde dochází k hydrolýze zásobních látek (PELIKÁN A KOL., 2004). Nejvýznamnější částí zrna je endosperm, který tvoří vnitřní obsah zrna a je tvořen zejména škrobem a bílkovinami (KUČEROVÁ, 2004). Na vnější straně se nachází aleuronová vrstva složená z bílkovin, tuku a škrobových zrn. Zde se na počátku klíčení aktivují enzymy, které dále degradují endosperm (ZIMOLKA, 2006).



Obrázek 2: Stavba zrna ječmene (KUNZE, 1994)

Zrno obsahuje 86 – 88 % sušiny a 12 – 14 % vody (ZIMOLKA, 2006). Obsah popelovin je 2 – 3 %, jejich množství je ovlivněno podmínkami pěstování a zásobení rostliny živinami. Uplatňují se při biosyntéze vysokomolekulárních organických sloučenin, jako jsou bílkoviny, škrob a nukleové kyseliny (KOSAŘ A KOL, 2000). Největší část (asi 82 %) organického podílu zrna představují sacharidy jako škrob, jednoduché cukry, celulosy, hemicelulosy, lignin, slizy a gumové látky (PELIKÁN A KOL., 2004). Tuky se nachází hlavně v aleuronové vrstvě a zárodku v množství 2 – 3 % (KRAUSKO, 1980). Mezi nejdůležitější vitaminy patří vitamin E, H, provitamín A, komplex skupiny B, kyselina listová a pantotenová (PELIKÁN A KOL., 2004).

3.4.2 Zrno ječmene a jeho kvalita

Jakost zrna (obilní masy) ječmene určujeme na základě subjektivního a objektivního hodnocení.

Mezi subjektivní znaky řadíme barvu, vůni, jemnost a podíl pluch, velikost a tvar zrna, odrůdovou čistotu a zdravotní stav (napadení škůdci). Barva by měla být slámově žlutá a zrno lesklé. Pokud je ječmen promoklý, je matný, zrna napadená rzí a plísněmi mívají zahnědlé špičky a jsou skvrnité. Nedozrálá zrna obsahují mnoho dusíkatých látek a jejich barva je bělavá nebo modro-zelená, ale mají málo enzymů (POLÁK A KOL., 1998, CHLOUPEK 2005). Vůně má být slámová, pokud je jiná, obilí se zapařilo, obsahuje škůdce nebo je uskladněno na nevyhovujícím místě (POLÁK A KOL., 1998). Podíl pluch bývá okolo 8 %. Kvalitní sladovnický ječmen, má jemnou pluchu, která slouží jako filtrační vrstva (KOSAŘ A KOL., 2000). Velikost a tvar zrna jsou odrůdovými znaky. Ovlivňují klíčení a příjem vody. Nejlepší jsou středně velká zrna (DUDÁŠ A KOL., 1987).

Objektivní znaky jakosti zrna ječmene jsou: objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn, podíly na sítech, moučnatost, klíčivost a klíčivá energie a čistota. Objemová hmotnost je vázána na extraktivnost sladu a je ovlivňována obsahem vody (KOSAŘ A KOL, 2000). Vyšší objemovou hmotnost mají ječmeny bohaté na škrob. Může ji zvýšit pozdní přihnojení dusíkem. Úroveň rozluštění sladu je dána rozdílem objemové hmotnosti a sladu (BASAŘOVÁ, 2010). Hmotnost tisíce zrn je v přímé korelaci s extraktem, proto je významnější než objemová hmotnost při stanovení sladovnické jakosti. Těžší ječmeny poskytují exktraktivnější slad (PELIKÁN A KOL., 1993). Přepad

zrna nad sítem 2,5 mm určuje vyrovnanost a plnost zrn. Při vysokém propadu se snižuje výtěžnost sladu, negativně je ovlivněna extraktivnost sladu a obsah bílkovin (KOSAŘ A KOL, 2000). Povahou endospermu rozumíme sklovitost a moučnatost určuje poměr dusíkatých látek a škrobu. Sklovitá zrna přijímají vodu pomalu, tudíž jsou těžko rozluštitelná, upřednostňován je moučnatý endosperm (KOSAŘ A KOL, 2000). Pokud je klíčivost nízká, vznikají komplikace při sladování. Sledujeme klíčivou energii i klíčivou rychlost. V nevyklíčených zrnech se mohou množit plísně a také jsou nezpracovatelným balastem. Špatně rozluštěné slady mají nedostatečnou klíčivost (KOSAŘ A KOL., 1997).

Z chemických znaků jsou nejdůležitější obsah vody, škrobu a bílkovin. Vlhkost by se měla pohybovat pod 15 %. Pokud je vyšší, množí se škůdci a mikroorganismy. Sledujeme ji již od počátku sklizně a podle ní pak rozhodujeme o posklizňové úpravě, dosoušení, čištění a uskladnění (POLÁK A KOL., 1998). Škrob je nositelem extraktivnosti sladu, při jeho nedostatku nelze jeho obsah zvýšit žádnou technologií. Optimální obsah škrobu by se měl pohybovat mezi 63 až 64 % (KOSAŘ A KOL., 1997). Obsah škrobu je závislý na obsahu bílkovin, délce slunečního svitu v závěru vegetace a stavu porostu. Škrob ovlivňuje stejnoměrné rozluštění v zrnu a obsah extraktu (KOSAŘ A KOL, 2000). Obsah dusíkatých látek je ovlivňován agroekologickými podmínkami a koreluje s hodnotou Kolbachova čísla (ZIMOLKA, 2006). Jedná se o nejvýznamnější kritérium sladovnické hodnoty. Pro kvalitní slady by měl být obsah bílkovin do 11,5 % (KOSAŘ A KOL., 2000).

K dalším technologickým ukazatelům, které jsou součástí tzv. ukazatelů sladovnické jakosti, můžeme řadit obsah β-glukanů, friabilitu, dosažitelný stupeň prokvašení, diastatickou mohutnost, hodnotu Kolbachova čísla a extrakt v sušině. Obsah β-glukanů je ve sladu ovlivňován řadou faktorů, jako jsou vliv předplodiny, ročníku, odrůdy, oblasti a technologií sladování. Nejlepší je komplexní hodnocení. Znát hodnotu β-glukanů v ječmeni a ve sladu a aktivitu enzymu β-glukanázy, který odbourává β-glukany a snižuje jejich obsah v pivu. U ječmene je hodnota β-glukanu asi do 5 %, zatímco u sladu do 1,9 % (KOSAŘ A KOL., 1997). Friabilita označuje křehkost či tvrdost sladu. Hodnotíme ji přístrojem friabilimetrem, sklerometrem nebo PSI (Particle Size Distribution) (BASAŘOVÁ, 2010). Hodnoty korelují s Kolbachovým číslem, obsahem bílkovin, vývinem střelky a viskozitou (KOSAŘ A KOL, 2000). Dosažitelný stupeň prokvašení vypovídá o celkové kvalitě složení sladiny (ZIMOLKA, 2006). Zvyšuje se

závislost rychlosti prokvášení při přechodu na kvašení v cylindricko-kónických tancích, čímž narůstají požadavky na hloubku stupně prokvašení (KOSAŘ A KOL, 2000). Diastatická mohutnost stanovuje aktivitu amylolytických enzymů, hlavně β-amylázy. Obsah dusíku v zrnu ječmene a diastatická mohutnost spolu korelují. Hodnota Kolbachova čísla koreluje s obsahem dusíkatých látek v ječmeni. Je spojena i s obsahem dusíku ve sladu. Kolbachovo číslo charakterizuje úroveň modifikace dusíkatých látek (ZIMOLKA, 2006). Názory na jeho velikost se liší podle stupně surogace, tzn. náhražek sladu v pivovaru. Nemělo by překračovat hodnotu 40. Důležitá je zejména hodnota celkového dusíku rozpustného ve 100 ml laboratorní sladiny a hodnota α-aminodusíku (KOSAŘ A KOL., 1997). Extrakt v sušině sladu vypovídá o úrovni modifikace škrobu. Relativní extrakt při 45 °C nás informuje o celkové enzymatické aktivitě vyjma amylázového komplexu (ZIMOLKA, 2006).

3.5 Bílkoviny zrna pšenice a ječmene a jejich význam

Obsah bílkovin se pohybuje u pšenice zpravidla v rozmezí 10 – 15 % a u ječmene 9 - 12 %. Jsou to polymery aminokyselin vzniklé proteosyntézou, aminokyseliny jsou vázány peptidickou vazbou (HUBÍK, 1991, VODRÁŽKA, 1999).

3.5.1 Frakce bílkovin

Pšeničná bílkovina lepek tvoří s vodou pružný gel. Podle rozpustnosti bílkovin ve vodě, solných roztocích a etanolu a slabých roztocích kyselin vypracoval Osborne na počátku minulého století frakcionační schéma. Podle tohoto schématu byly bílkoviny rozděleny na čtyři složky a to albuminy, globuliny, gliadiny a gluteliny (u pšenice nazývané gluteniny). Přechody rozpustnosti mezi jednotlivými frakcemi však nejsou ostré a jsou závislé na extračním činidle, jeho teplotě a době extrakce. Značná část bílkovin je za vyšší teploty rozpustná i ve vodném roztoku chloridu sodného. Jako nejvariabilnější frakce se jeví gluteliny z pohledu vlivu velikosti částic šrotu a době trvání extrakce (DVOŘÁČEK, 2006, HŘIVNA 2010).

3.5.1.1 Protoplazmatické bílkoviny

Obsah albuminů a globulinů je podmíněn geneticky a málo jej ovlivňuje agrotechnika a podmínky pěstování (NĚMEC A KOL., 1996). Mají funkci strukturální a metabolickou, řadí se do skupiny katalytických bílkovin a jsou součástí enzymů a enzymatických inhibitorů. Albuminy jsou dobře rozpustné ve vodě neutrální bílkoviny, které se koncentrací nad 60 % síranu amonného vysolují ze svých vodných roztoků a po zahřátí dochází k nevratné koagulaci (VODRÁŽKA, 1999). Nejvíce albuminů obsahuje zárodek (HURTOVÁ, 2004). Globuliny se vyskytují společně s albuminy a jsou jim blízké strukturou a konstitucí. Jsou to slabě kyselé bílkoviny rozpustné v zředěných roztocích solí. Koagulují při teplotě nad 100 °C (VODRÁŽKA, 1999). Největší množství globulinů se u pšenice nachází v zárodku a aleuronové vrstvě. Obsah globulinů je ovlivňován hlavně prostředím (HURTOVÁ, 2004).

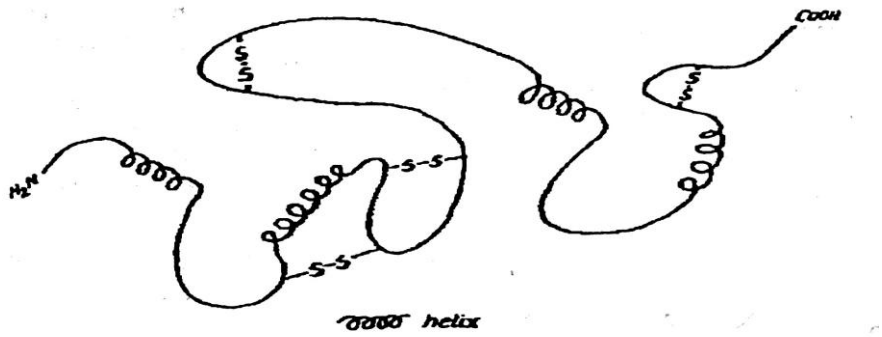
3.5.1.2 Zásobní bílkoviny

Zásobní bílkoviny jsou tvořeny gliadiny a gluteliny. Tvoří více než polovinu endospermu a obsahují mnoho hydrofobních skupin. Mají horší aminokyselinové složení než albuminy a globuliny. Obsahem zásobních bílkovin je ovlivněna biologická, nutriční a krmná hodnota (VODRÁŽKA, 1999).

Gliadiny aneb prolaminy jsou nerozpustné ve vodě (VODRÁŽKA, 1999). Název je odvozen od aminokyseliny prolinu (LASZTINY, 1984). Jejich přítomnost byla zjištěna u všech obilovin. U pšenice a žita se nazývá gliadin, u ječmene hordein a u ovsa avenin. Mají relativně malé molekuly o molekulové hmotnosti přibližně 35 kDa (PAYNE, 1987). Molekuly gliadinů netvoří disulfidické můstky a jsou tedy monomerní (HUBÍK, 1991).

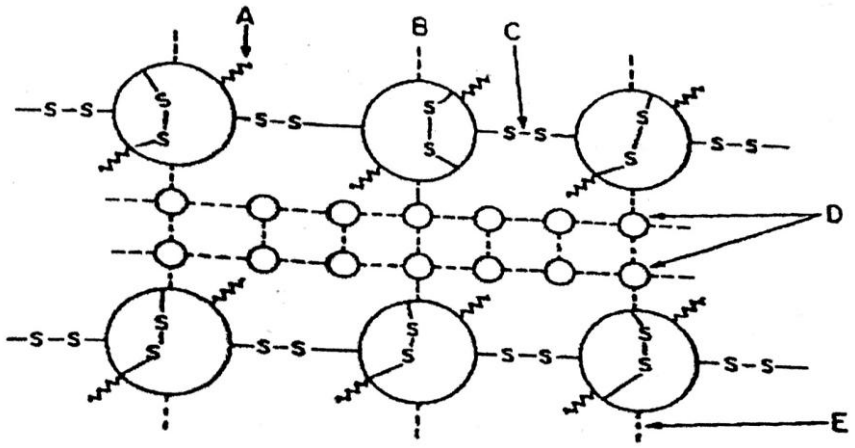
Prolaminy dělíme na S-chudé a S-bohaté. S-chudé obsahují pouze málo metioninu a žádný cystein. Nejvíce obsahují glutaminu, prolinu a fenylalaninu. Mají nízkou nutriční hodnotu díky malému obsahu lysinu. Pokud rostlina vyrostla v podmínkách s dostatkem síry, představují asi 15 % gliadinů, pokud však byl přísun síry nedostatečný, nebo se zvýšila úroveň dusíkatých hnojiv, mohou být zastoupeny až z 80 %. S-bohaté gliadiny jsou v podmínkách s normální výživou zastoupeny asi z 80 %. Jedná se o monomery obsahující intramolekulární disulfidické vazby.

Z aminokyselin je nejvíce obsažen prolin a glutamin (HURTOVÁ, 2004, FENGYUN, 2013). Strukturu gliadinu zobrazuje **Obrázek 3**.



Obrázek 3: Schéma struktury gliadinu (KUČEROVÁ, 2004)

Gluteliny jsou rozpustné v ředěných roztocích solí, kyselin a zásad, ale nejsou na rozdíl od prolaminů rozpustné v etanolu. Pokud provedeme redukci disulfidických vazeb, získáme nízkomolekulární a vysokomolekulární gluteninové podjednotky. Elastické vlastnosti těsta jsou určovány zejména vysokomolekulárními podjednotkami. (PAYNE, 1986, HŘIVNA 2010). Struktura gluteninu je na **Obrázek 4**.



Obrázek 4: Schéma struktury gluteninu (A-podjednotky gluteninu, B-intrařetězové disulfidické vazby, C-interřetězové disulfidické vazby, D-podjednotky gluteninu, E-sekundární vazby) (KHAN, BUSHUK, 1978)

3.5.1.3 Aminokyseliny v jednotlivých bílkovinných frakcích

Nejvíce esenciálních aminokyselin je obsaženo v protoplazmatických bílkovinách, mají tedy vyšší biologickou hodnotu než gliadiny a gluteliny, ty však zaujímají až 90 % bílkovin zrna, mají proto rozhodující vliv na aminokyselinové zastoupení v zrnu (PRUGAR A KOL., 1986). Gliadiny obsahují hodně kyseliny glutamové a prolinu, ale málo lysinu. Lysin je tedy limitující aminokyselinou pro gliadiny. Pro zlepšení skladby aminokyselin zrna je vhodné šlechtit na zvýšení glutelinů na úkor gliadinů (PELIKÁN, 1978). Gluteliny mají taktéž vysoký obsah glutaminu a prolinu. V porovnání s gliadiny, obsahují gluteliny více lysinu, glycinu, tryptofanu, argininu, thyrosinu, kyseliny aspartové, serinu a alaninu (EWART, 1980). Jednotlivé bílkovinné frakce mívají podobné složení, jak je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Elementární analýza jednoduchých pšeničných bílkovin (HAMPL, 1988)

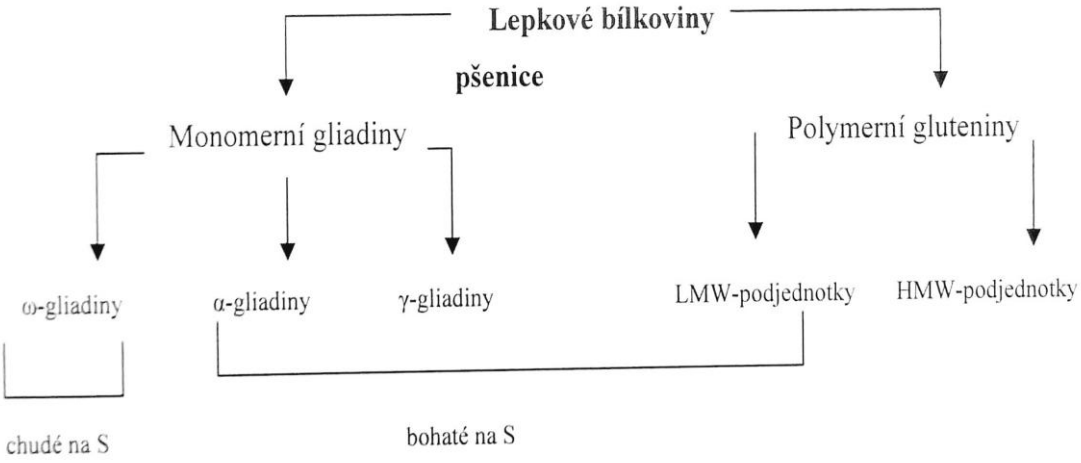
	Albumin	Globulin	Gliadin	Glutenin
Uhlík	53,02	51,03	52,72	52,34
Vodík	6,84	6,85	6,86	6,83
Dusík	16,8	18,39	17,66	17,49
Síra	1,28	0,69	1,03	1,08
Kyslík	22,06	23,08	21,73	22,26

3.5.2 Obsah bílkovin v závislosti na hnojení

Při zvýšení dávky dusíku se zvyšuje podíl zásobních bílkovin (PRUGAR, 1983). Spektrum aminokyselin se mění vlivem hlavně dělené aplikace hnojiv. Velice účinné je pozdní přihnojení dusíkem ve fázi metání a později, čímž zvýšíme obsah bílkovin v zrnu. Aplikací fosforu může dojít ke snížení obsahu dusíku vlivem intenzivnějšího růstu rostliny. Při nadbytku i deficitu sulfátů se mění frakce dusíku. V důsledku nedostatku sirných aminokyselin se inhibuje syntéza bílkovin a hromadí se volné aminokyseliny. Ve vysokých koncentracích mohou být oxidované meziprodukty až toxické. Snížení syntézy bílkovin v nadbytku sulfátu je následkem nedostatečného množství nízkomolekulárních sloučenin metabolismu dusíku (HURTOVÁ, 2004).

3.5.3 Proteiny pšenice a lepek

Pšenice má schopnost tvořit souměrné těsto díky lepkovým proteinům tvořících vysokoelastické proteinové sítě dávající těstu elasticitu a viskozitu. Jedná se zejména o gliadiny a gluteniny. Monomerní gliadiny jsou považovány za jednoduché polypeptidy s drobnými rozdíly v molekulové hmotnosti v mouce. Naproti tomu gluteniny mají široký rozsah molekulových hmotností, dělí se na: a) gluteniny s vysokou molekulovou hmotností (HMW glutenin) a b) gluteniny s nízkou molekulovou hmotností (LMW glutenin). Gluteniny s vysokou molekulovou hmotností mohou tvořit polymery a do značné míry přispívají k pevnosti těsta. Různé vlastnosti gliadinů a gluteninů na kvalitu těsta jsou dány polohou a počtem cysteinových zbytků. Gliadiny tvoří disulfidické vazby pouze uvnitř řetězce, zatímco gluteninové podjednotky mohou tvořit disulfidické vazby jak uvnitř řetězce, tak i mezi nimi. Strukturu lepku tvoří spolu pospojované vysokomolekulární podjednotky disulfidickými vazbami tvořící pružnou páteř, zatímco nízkomolekulární podjednotky vytvářejí příčnými vazbami větve z této páteře. Tyto elastické řetězce složené z HMW podjednotek s větvemi LMW podjednotek jsou gluteninové polymery. Gliadiny mohou být také s gluteninovými polymery spojené silnými kovalentními a non-kovalentními vazbami. Rozdělení pšeničných bílkovin je zobrazeno na obrázku 5. Při pečení pečiva s dostatkem síry roste roztažnost těsta a snižuje se odpor proti tlaku plynů a obsahu silných elastických lepkových bílkovin.



Obrázek 5: Klasifikace gliadinových a gluteninových podjednotek v pšeničné mouce (HŘIVNA, 2010)

Aveniny se nacházejí zejména v endospermu pšenice a jsou rozděleny na a-typ a b-typ. Tyto zásobní proteiny obsahují velké množství cysteinových zbytků. Některé z těchto cysteinových zbytků jsou zapojeny do inter-řetězce disulfidických vazeb. Jejich zvýšená exprese vedla mírně k zvýšení výtěžnosti těsta (FENGYUN, 2013, HŘIVNA 2010).

3.5.3.1 Celiakie

Jedná se o chronické střevní onemocnění způsobené toxoalergickým účinkem lepku, konkrétně α-gliadinu. Trpí jí přibližně 1 % populace. U lidí s touto nemocí se mění povrch sliznice tenkého střeva. Tím že zde mizí mikroklky se snižuje schopnost trávení a vstřebávání potravy. Dále dochází k chronickému zánětu střeva. Jedinou možností léčby je bezlepková dieta, která vede k obnově střevních klků (SAINSBURY, 2006).

3.5.4 Proteiny ječmene

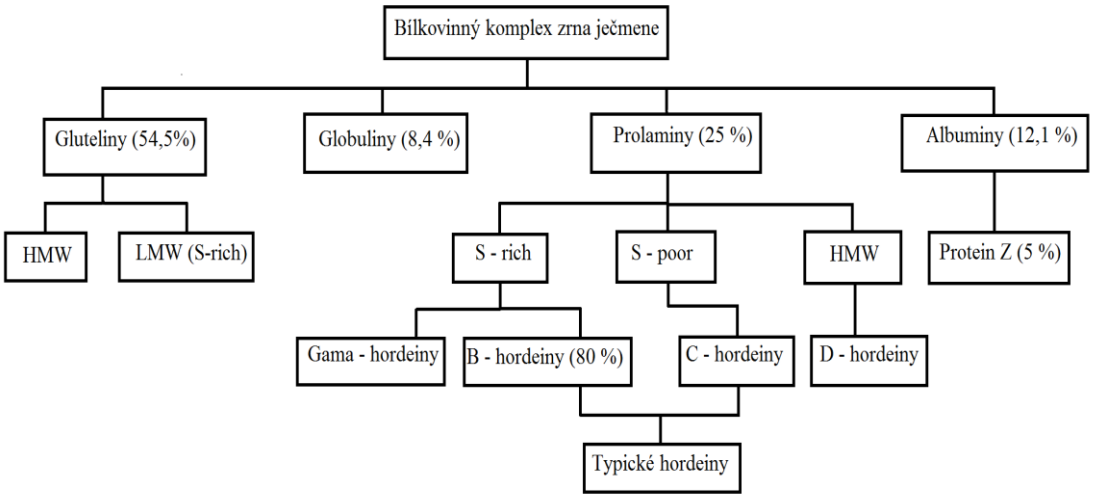
Obsah dusíkatých látek je značně ovlivněn podmínkami. Lepkové bílkoviny jsou uloženy v aleuronové vrstvě a pod ní jsou rezervní bílkoviny (KOSAŘ A KOL, 2000). Mezi dusíkaté látky nebílkovinné povahy patří amidy, dusíkaté báze, fosfatidy a amonné soli. Bílkovinou povahu mají bílkoviny se svými štěpnými produkty: peptidy

a aminokyselinami. Podle fyzikálně-chemických vlastností a rozpustnosti v rozličných rozpouštědlech dělíme bílkoviny na albuminy, globuliny, hordeiny a gluteliny (Tab. 2)

Tabulka 2 :Rozdělení bílkovin podle rozpustnosti (ZIMOLKA, 2006)

Druh bílkoviny	Rozpustnost	Obsah(%)
Albuminy	Ve vodě, ve zředěných roztocích solí, kyselin a hydroxidů	4
Globuliny	V roztocích elektrolytů	18
Hordeiny	V 70 % alkoholu	37
Gluteliny	V alkalických nebo alkalizovaných rozpouštědlech	32

Obsah albuminů tvoří 4 % všech bílkovin, jsou rozpustné ve vodě a štěpí se během skladování. Globuliny se rozpouští v roztocích solí a představují 18 % všech bílkovin (ZIMOLKA, 2006). Elektroforeticky se dělí na 4 frakce s rozdílnými molekulovými hmotnostmi. β-globulin tvoří při vysokém obsahu síry a pH 4,9 nebiologické zákaly piva (BASAŘOVÁ, 2010). Rozdělení bílkovin zrna je na obrázku 6.



Obrázek 6: Bílkovinný komplex zrna ječmene (HŘIVNA, KOTKOVÁ, 2012, JEČMEN)

Největší podíl ječného zrna tvoří prolaminy hordeiny, nacházející se jako zásobní bílkoviny a v aleuronové vrstvě. Jsou rozpustné v 70% etanolu. Hordein tvoří až polovinu z celkového obsahu proteinů v ječmeni. Na základě své elektroforetické mobility se člení na B, C, D a γ-hordein. Nejvíce jsou zastoupeny frakce B a C, zatímco

frakce D a γ, tvoří pouze minoritní složku. Při různých podmínkách pěstování se mění poměr jednotlivých hordeinů v zrnu. Zvyšuje se zejména s obsahem dusíku v půdě. Obsah B hordeinu velmi závisí na době setí, zvyšuje se při pozdějším výsevu. Nejvíce ale jeho zastoupení ovlivňuje odrůda, podobně je tomu tak i u β-amyláz. β-amylázy mají pozitivní korelaci s diastatickou silou. Negativní korelace je mezi bílkovinami zrna a sladovým výtažkem. Žádoucí jsou proto kultivary s vysokým obsahem β-amylázy, ale nízkým obsahem bílkovin zrna. Sladový výtěžek je tím nižší, čím se zvyšuje obsah B hordeinu, protože se jedná o hlavní faktor ovlivňující celkový obsah bílkovin. Pro krmný ječmen je naopak vysoký obsah bílkovin žádoucí (JUN-CANG, 2005).

Gluteliny jsou rozpustné z části ve zředěných roztocích kyselin a zásad, jsou v aleuronové vrstvě, a pokud je jich vyšší obsah, dochází k horšímu rozluštění sladu (ZIMOLKA, 2006). Prolaminy se dělí na pět složek, zapříčiňují nevratné zákaly piva (PROKEŠ, 2000). Podle svých funkčních a strukturních vlastností se rozdělují na tři skupiny: S-Rich (bohaté na síru, B a γ-hordeiny), S-Poor (chudé na síru, C-hordeiny) a HMW (vysokomolekulární frakce, D-hordeiny) prolaminy (HULÍN A KOL., 2008).

Při výrobě piva a během sladování vznikají činností kvasinek látky, které nejsou v ječmeni přirozeně obsaženy. Ze sirných sloučenin mohou v průběhu sladování vznikat senzoricky nepříznivě aktivní látky jako je dimethylsulfid (DMS) jehož prekurzor S-methyl-L-methionin (SMM) se tvoří při klíčení. Asimilací vzniká cystein, z něhož se tvoří transsulfurací homocystein a cystationin. Z homocysteinu vzniká transmetylací metionin, který je důležitou senzoricky aktivní látkou v pivu. Polovina DMS se v zrnu nachází v endospermu a zbytek v klíčku, štítku a embryu. Šestiřadé ječmeny mají obsah DMS vyšší než ječmeny dvouřadé. Obsah dimethylsulfidu (PDMS) ovlivňuje i hnojení sírou. Způsobem hvozdění lze regulovat obsah DMS v pivu. Pro výrobu piva by se měl obsah bílkovin v zrnu pohybovat okolo 11 %. Nižší hodnoty značí enzymaticky slabé ječmeny a je složité dosáhnout správné hodnoty relativního extraktu, rozpustného dusíku a diastatické mohutnosti. Takové pivo mívá prázdnou chuť a nestabilní pěnu. Pivo z ječmene s vyšším obsahem bílkovin má nižší koloidní stabilitu, špatně se čiří a mívá sklon k chladovým zákalům. Sirné sloučeniny v pivu mohou způsobovat cizí vůně a chutě. Tyto sirné látky pocházejí ze vstupních surovin nebo vznikly během pivovarského procesu. Při kvašení je SMM metabolizován kvasinkami za vzniku jiných produktů než je DMS (HŘIVNA, 2010).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

4.1.1 Charakteristika odrůdy pšenice ozimé použité v pokusu

V maloparcelních pokusech byla pěstována odrůda pšenice Mulan. Jedná se o polopozdní odrůdu, která tvoří výnos zejména hustotou porostu. Rostliny jsou středně vysokého vzrůstu se střední odolností vůči poléhání a střední až dobrou odolností vůči vyzimování. Vyznačuje se dobrým zdravotním stavem a vyšší schopností odnožování. Tato odrůda má střední odolnost proti chorobám se zvýšenou odolností proti rzi pšeničné, plísni sněžné a napadení braničnatkami v klase.

Odrůda Mulan se hodí do všech pěstebních oblastí. Není náročná na půdní ani klimatické podmínky. Zrno je středně velké pekařské jakosti A se středně vysokou až vysokou objemovou hmotností, výnos je velmi vysoký při výsevku 3,5 – 4,2 MKS/ha. Lze ji pěstovat po obilnině, kde se dávka dusíku pohybuje okolo 150 $kg.ha^{-1}$ s možností kvalitativního přihnojení. Nezbytné je fungicidní ošetření a ošetření morforegulátory růstu (HORÁKOVÁ ET AL., 2010).

4.1.2 Charakteristika odrůdy ječmene jarního použitého v pokusu

Odrůda ječmene Bojos vybraná pro pokus je polopozdní středně vysokou odrůdou. Tato odrůda disponuje výběrovou sladovnickou kvalitou a je vhodná pro výrobu českého piva. Je vhodná do všech výrobních oblastí a vyznačuje se vysokým výnosem a velmi dobrým zdravotním stavem přičemž je odolná proti napadení hnědou a rhynchosporiovou skvrnitostí, padlím travním a fuzariózám v klase. Citlivá je pouze na napadení rzí ječnou. Dále se tato odrůda vyznačuje velmi dobrou odolností vůči poléhání, dlouhým, středně hustým klasem, který v plné zralosti háčkuje. Zrno má vysoký přepad zrna nad sítem 2,5 mm i HTZ a jemně vrásčitou pluchu (ČERNÝ A KOL., 2007).

4.1.3 Charakteristika použitých hnojiv při pěstování pšenice ozimé

- Yara Bela Extran (YBE) – jedná se o granulovaný dusičnan amonný obsahující 27 % dusíku, který se uvolňuje rovnoměrně během celého vegetačního období. Toto hnojivo neobsahuje síru.
- Yara Bela Sulfan (YBS) – je dusíkaté granulované hnojivo se sírou obsahující vyvážený poměr amonného ($N\text{-}NH_4$) a nitrátového dusíku ($N\text{-}NO_3$). Celkově obsahuje 24 % dusíku, 6 % síry a 7 % vápníku. Velikost částic je 2 – 5 mm. Hnojivo je vhodné pro jarní přihnojování ozimých obilovin a olejnin a také jařin. Díky vhodnému poměru amoniakálního a nitrátového dusíku se používá jako regenerační hnojení ozimé pšenice a řepky, buď k základnímu hnojení, nebo k přihnojování v době vegetace. Hodí se pro rostliny, které mají velkou spotřebu síry.
- YaraVita Thiotrac (YVT) – kapalné dusíkaté hnojivo se sírou, které se používá k aplikaci na listy sloužící zejména k odstranění nedostatku síry. Obsah síry v 1 litru je 300 g a dusíku 200 g. Od konce metání do mléčné zralosti se aplikuje 5 l/ha.
- NPK 7:12:25 – obsahuje 7 % celkového dusíku, 12 % fosforu zejména jako P_2O_5 a 25 % celkového draslíku jako K_2O.
- NPK 7:20:28 – obsahuje 7 % celkového dusíku, 20 % celkového fosforu jako P_2O_5 a 28 % celkového draslíku jako K_2O.

4.1.4 Charakteristika použitých hnojiv při pěstování ječmene jarního

- LAV 27 – ledek amonný s vápencem obsahuje 27 % dusíku. Jedná se o hygroskopické průmyslové hnojivo k základnímu hnojení a přihnojování během vegetace. Vhodnější je zejména na kyselejší půdy. Obsahuje amonný a dusičnanový dusík v poměru 50 : 50. Uhličitanu vápenatého obsahuje 20 %.
- SA – je síran amonný neboli rýžové zrno. Obsahuje 20,89 % dusíku a 23,8 % síry. Síran amonný se rozpouští v půdním roztoku a vstupuje

do výměnných reakcí s kationty tuhé i kapalné půdní fáze. Velký podíl NH_4^+ kationtů přechází do sorpčního půdního komplexu výměnou za jiné kationty. Síran amonný má kyselou reakci, proto se hodí na neutrální půdy. Je vhodný k základnímu hnojení na podzim, protože nitrifikace NH_4^+ je po hnojení síranem amonným pomalejší ve srovnání s jinými hnojivy.

- DASA – Obsahuje 26 % dusíku a 13 % síry. Dusík je ve formě jak amoniakální, tak dusičnanové a síra v síranové formě rozpustné ve vodě.
- SAM – kapalné hnojivo obsahuje 19 % dusíku a 6 % síry. Eliminuje deficit dusíku a síry při základním předseťovém hnojení. Výhodné je ho aplikovat na slamnaté posklizňové zbytky.

4.2 Metodika

4.2.1 Metodika pokusu s pšenicí ozimou

V roce 2012 byl na pozemcích patřících do katastru ZP Agra Velký Týnec založen maloparcelní pokus. Pozemky se nachází v klimatickém regionu mírně teplém, mírně vlhkém. Půdu lze charakterizovat jako středně těžkou, půdní typ hnědozem. Průběh povětrnosti v nejvýznamnějších měsících uvádí tabulka č. 3.

Tabulka 3: Průběh povětrnosti

Měsíc	Průměrná teplota °C	Normál °C	Odchylka od normálu °C	Srážky (mm)	Normál (mm)	Srážky v %
Září	15	14	1	83,2	51,7	161
Říjen	8,6	8,8	-0,2	66,8	32,6	205
Listopad	6,1	3,4	2,7	22,4	35,9	62
Prosinec	-2,3	-1	-1,3	33,3	28,1	119
Leden	-2,1	-2,5	0,4	26,5	21,9	121
Únor	0	-0,7	0,7	43,4	18,1	240
Březen	0,8	3,5	-2,3	55,5	27,8	200
Duben	9,7	9,5	0,2	41,8	29,8	140
Květen	13,8	14,6	-0,8	112,7	63,8	177
Červen	17,3	17,3	0	117	68,3	177
Červenec	21,2	19,4	1,8	1,2	71,4	2
Srpen	19,6	19,1	0,5	87,7	62,7	140

Pro pokus byla použita odrůda ozimé pšenice Mulan (A), která byla zaseta (7.10. 2012) po předplodině ozimé řepce. Aplikace dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou byla provedena dle schématu uvedeného v tabulce č. 4. Každá z variant byla založena ve čtyřech opakováních. Pokus byl během vegetace dle potřeby ošetřen herbicidy, morforegulátory a insekticidy.

Tabulka 4: Varianty pokusu

Var.	Schéma pokusu	Termín aplikace a dávka (kgN + * Thiotrac)					Celkem kg S/ha	
		Regenerace 1B	1. produkční	2. produkční	kvalita	N	S-Sulfan	S-Thiotrac
1	Kontrola + YBE	40	30	30	20	174		
2	Kontrola + YBE	40	30	30	20*	174		1,5
3	Kontrola + YBS	40	30	30	20*	174	30	1,5
4	2q NPK 7:12:25 + YBE	40	30	30	20*	174		1,5
5	2q NPK 7:12:25 + YBS	40	30	30	20*	174	30	1,5
6	2q NPK 7:20:28 + YBE	40	30	30	20*	174		1,5
7	2q NPK 7:20:28 + YBS	40	30	30	20*	174	30	1,5

Poznámka: NPK – hnojiva aplikována na podzim. Porost byl plošně vyhnojen dusíkem v rámci 1A regeneračního hnojení dávkou 54kg N/YBE/ha, tato dávka není v tabulce uvedena, celkový součet N a S (viz poslední sloupec tabulky) s ní již ale počítá. *Thiotrac aplikován v dávce 5 l/ha. Každá varianta měla 4 opakování.

Sklizeň pokusu proběhla v plné zralosti porostu maloparcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger 8. 8. 2013 (každé opakování zvlášť). Byl zjištěn výnos zrna jednotlivých variant, přepočítán na ha a odebrán vzorek zrna pro laboratorní analýzy. Mlynářská a pekařská jakost byly stanoveny na Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně.

Ze znaků mlynářské jakosti byla u všech variant stanovena objemová hmotnost. Stanovení bylo provedeno obilním měřičem o obsahu 1 litru podle ČSN 461011–5, podíl plných zrn (PPZ) pro posouzení vyrovnanosti zrna (ČSN 461011–7). PPZ představuje podíl zrn, které nepropadnou sítem o velikostí otvorů 2,5 x 22 mm a zjištěný podíl byl vyjádřen procentuálně.

Pro určení pekařské jakosti bylo zrno pšenice pomleto na celozrnný šrot na šrotovníku MILL 120 fy Perten Instr. Byly stanoveny následující ukazatele: obsah N-látek v zrnu - v pomletém zrnu stanoven obsah dusíku Kjeldahlovou metodou (% N x 5,7) v přepočtu na 100 % sušinu (ČSN ISO 1871), sedimentační index dle Zelenyho, číslo poklesu v sekundách (Falling Number fy ZEOS). Stanovení bylo provedeno dle ČSN ISO 3093.

Analýza procentuálního zastoupení jednotlivých bílkovinných frakcí (gluteninů, gliadinů, albuminů a globulinů) v bílkovinném komplexu zrna pšenice byla provedena pomocí HPLC s UV detekcí při vlnové délce 214 nm. Použitá kolona Vydac 218TP C18, vyhodnocení pomocí software Agilent Chemstation for LC and LC/MS Systems.

4.2.2 Metodika pokusu s ječmenem jarním

V průběhu roku 2013 byl založen maloparcelní polní pokus, ve kterém byl ověřován účinek dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou při výživě jarního ječmene, odrůda Bojos. Byl sledován výnos zrna, jeho technologické parametry, sladovnická jakost zrna a kvalita bílkovinného komplexu.

Pokus byl založen na pozemku patřícím do katastru ZD Agrospol Velká Bystřice jako maloparcelní. Průběh povětrnosti je uveden v tab. 3. Pro pokus byla použita odrůda ječmene jarního Bojos, po předplodině cukrové řepě (zaoraný chrást). Dne 22. dubna 2013 byl proveden výsev, který činil 4 MKS. Pokus byl během vegetace ošetřen herbicidy, morforegulátory a insekticidy. Aplikace dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou byla provedena dle schématu uvedeného v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Schéma pokusu

Termín aplikace	Po vzejití (DC 13)		Počátek sloupkování (DC 31)		Celkem (kg.ha^{-1})		
Varianta	Typ hnojiva	N (kg.ha^{-1})	Typ hnojiva	N (kg.ha^{-1})	N	S	Kód
1	-	0	0		0	0	K0
2	LAV 27	30			30	0	N1
3	LAV 27	30	DAM	20	50	0	N2
4	SA	30			30	36	N1S1
5	SA	30	SAM	20	50	42	N2S2
6	DASA	30			30	15	N1S1
7	DASA	30	SAM	20	50	21	N2S2

Každá z variant byla založena ve čtyřech opakováních. Porost ječmene byl sklizen v plné zralosti maloparcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger a byly odebrány vzorky pro laboratorní rozbory.

U všech variant byl stanoven výnos zrna a jeho kvalita. Dále byl stanoven obsah N-látek (dle Kjeldahla).

Byla provedena analýza procentuálního zastoupení jednotlivých bílkovinných frakcí (gluteninů, hordeinů, albuminů a globulinů) v bílkovinném komplexu zrna ječmene. Analýza bílkovinného profilu byla provedena pomocí HPLC s UV detekcí při vlnové délce 214 nm. Použitá kolona Vydac 218TP C18, vyhodnocení pomocí software Agilent Chemstation for LC and LC/MS Systems. Vyhodnocení bylo provedeno s přihlédnutím k práci Celus et al. (2006).

4.2.3 Zpracování výsledků

U pokusů s ozimou pšenicí bylo provedeno vyhodnocení výnosu i ukazatelů technologické kvality zrna. U jarního ječmene jsme se zaměřili pouze na vyhodnocení kvality bílkovinného komplexu zrna po provedených agrotechnických zásazích. Získané výsledky jsou prezentovány v tabulkách a grafech. Hodnocení získaných dat bylo provedeno metodou jednofaktorové analýzy variance s následným testováním

průkaznosti rozdílů dle Tukeye. K statistickým výpočtům bylo použito software STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc.).

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

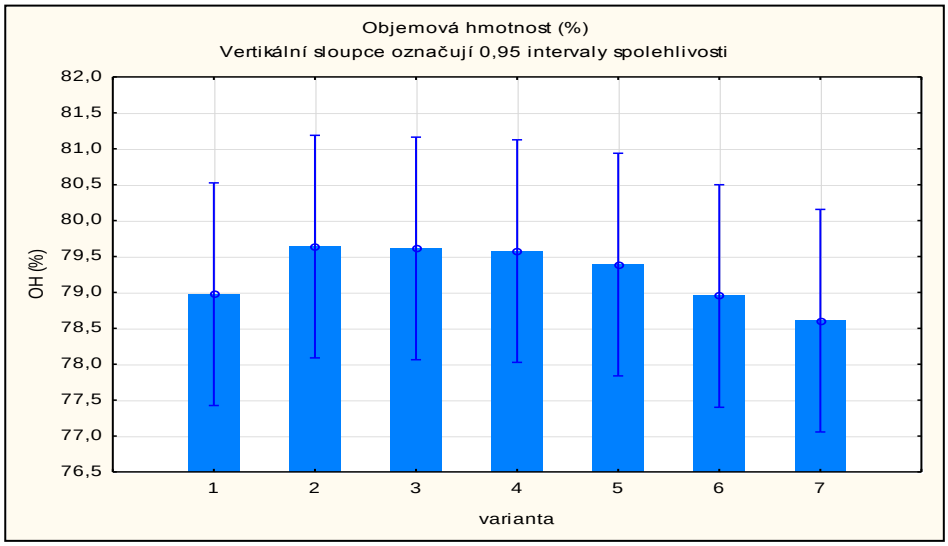
5.1 Vliv kombinace hnojení dusíkem a sírou na výnos a kvalitu zrna pšenice ozimé

Hlavní pozornost byla věnována hodnocení vlivu hnojení dusíkem a sírou na výnos a kvalitu produkce. Síra je z 80 – 90 % využita pro tvorbu sirných aminokyselin. Při jejím deficitu tvoří rostliny méně sirných aminokyselin, čímž je zásadním způsobem ovlivněn výnos zrna a kvalita bílkovin (HŘIVNA, KOTKOVÁ, 2012). To se i přes vysoké výnosy, dosahované v tomto roce, částečně potvrdilo u našich výsledků (tab. 6). Největší efekt hnojení byl pozorován u varianty 5 s aplikací NPK 7:12:25, YBS a Thiorac v pozdní fázi vegetace. Naopak při použití NPK 7:20:28 a stejném N a S-hnojení (var. 7) se tento efekt již neprojevil.

Tabulka 6: Výnos zrna

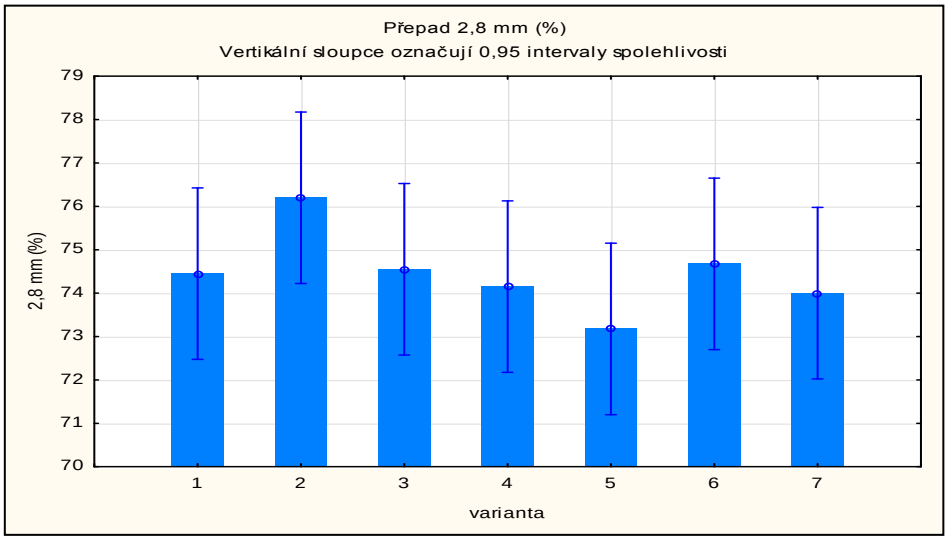
	opakování				
var.	a	b	c	d	Průměr (t/ha)
1	9,653	9,547	9,137	8,533	9,22
2	9,786	9,650	8,855	9,382	9,42
3	9,513	9,291	9,110	9,564	9,37
4	9,308	9,128	9,321	10,000	9,44
5	**9,530**	**9,368**	**8,914**	**10,009**	**9,46**
6	9,675	8,957	9,312	9,812	9,44
7	8,453	9,701	9,067	8,846	9,02

Byly hodnoceny jak znaky mlynářské, tak i pekařské jakosti zrna. Ze znaků mlynářské jakosti byla věnována pozornost objemové hmotnosti a stanovení podílu plných zrn. Spolu s tímto stanovením byla provedena frakcionace plných zrn na přepad zrna na sítě 2,5 a 2,8 mm a propad zrna.

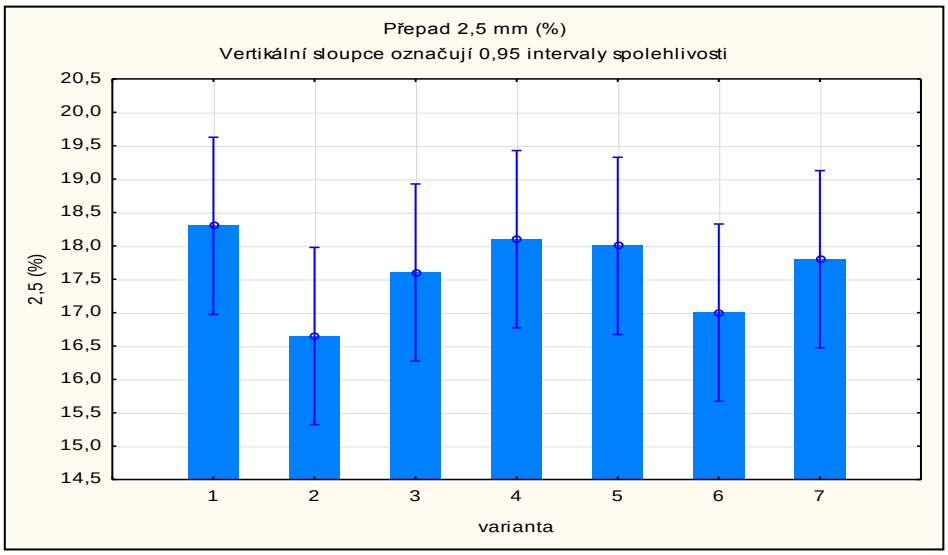


Obrázek 5: Objemová hmotnost

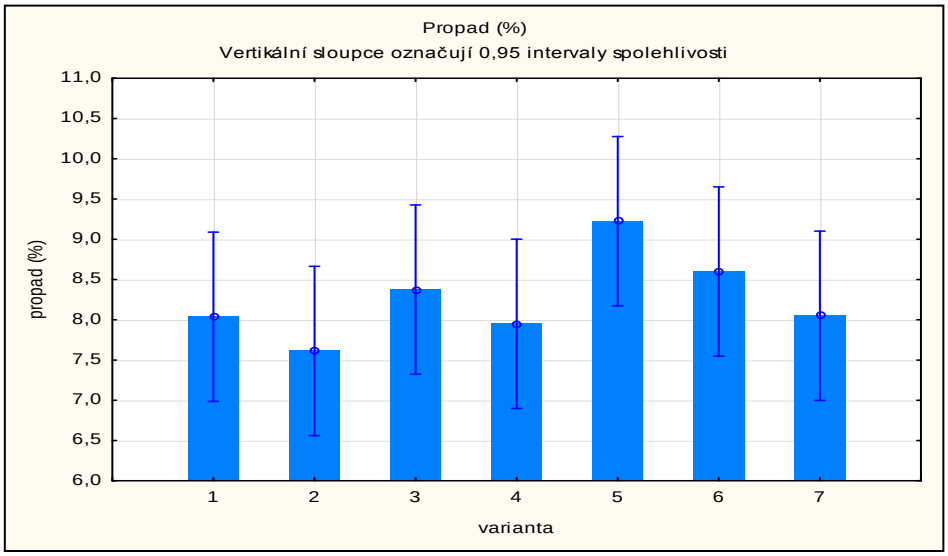
Objemová hmotnost zrna byla příznivá a u všech variant byly splněny požadavky ČSN 46 1100-2 pro potravinářskou pšenici, která požaduje objemovou hmotnost minimálně 76 kg.hl^{-1}. Optimální rozmezí objemové hmotnosti je 78 – 82 kg.hl^{-1} a pro pekárenskou pšenici kategorie jakosti A-kvalitní se vyžaduje hodnota minimálně 78 kg.hl^{-1} (HŘIVNA, KOTKOVÁ, 2012). Hodnoty se u jednotlivých variant pohybovaly v rozmezí zhruba 78,6 – 79,6 kg.hl^{-1} (Obr. 7) tzn., že tento požadavek byl splněn u všech variant. Nejvyšší objemová hmotnost zrna byla stanovena po aplikaci YBE a YVT v rámci kvalitativního hnojení (var. 2). Tato varianta vykázala také nejvyšší hodnoty přepadu zrna nad sítem 2,8 mm (Obr. 8) s hodnotou 76,2 %, a nejnižší propad zrna (Obr. 10). Naopak nejvyšší hodnota propadu a tedy i nejnižší výtěžnost předního mlynářsky využitelného zrna byla stanovena u varianty 5 po aplikaci NPK 7:12:25, YBS a YVT. Zde se zřejmě projevil negativně vliv vyššího výnosu zrna.



Obrázek 6: Přepad zrna nad sítem 2,8 mm

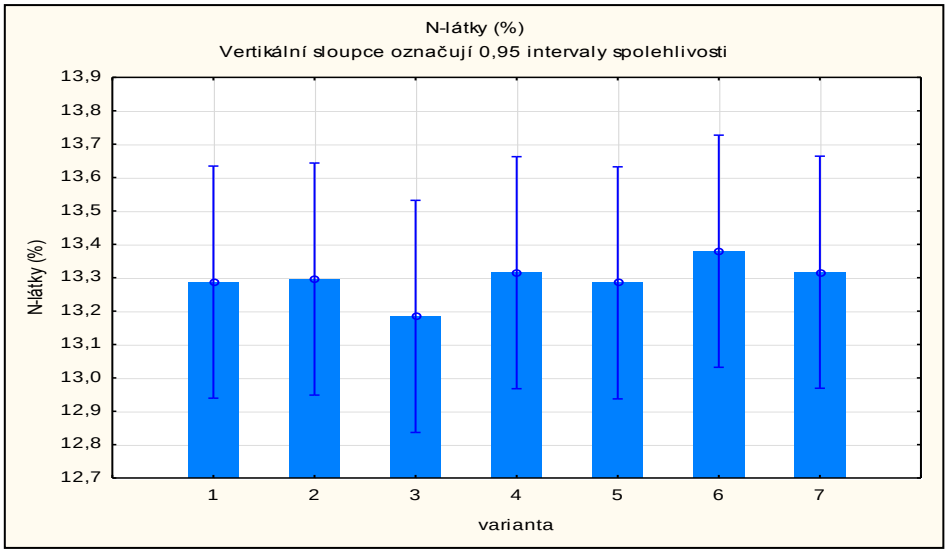


Obrázek 7: Přepad zrna nad sítem 2,5 mm



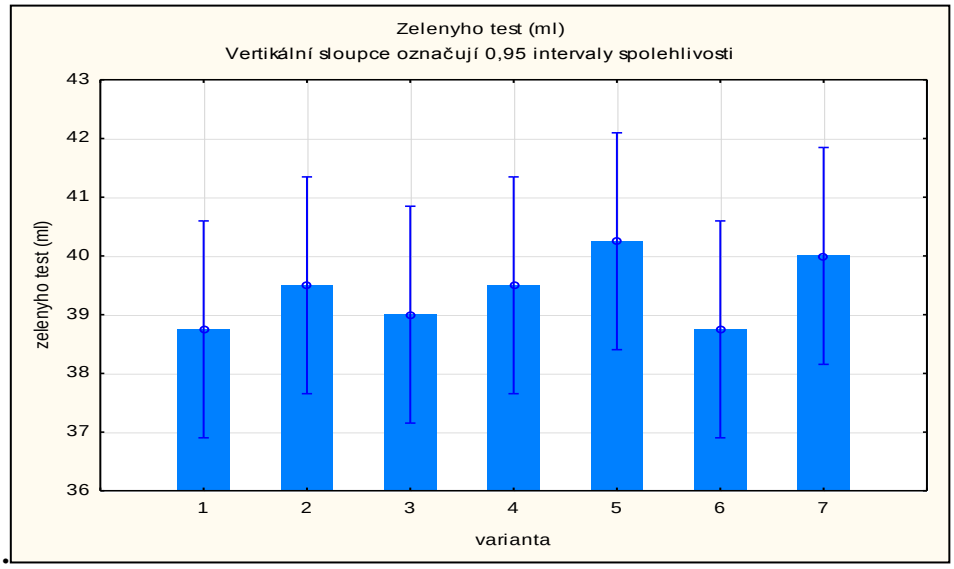
Obrázek 8: Propad zrna

Z ukazatelů pekařské jakosti zrna pšenice byly stanoveny dusíkaté látky, Zelenyho test a pádové číslo.



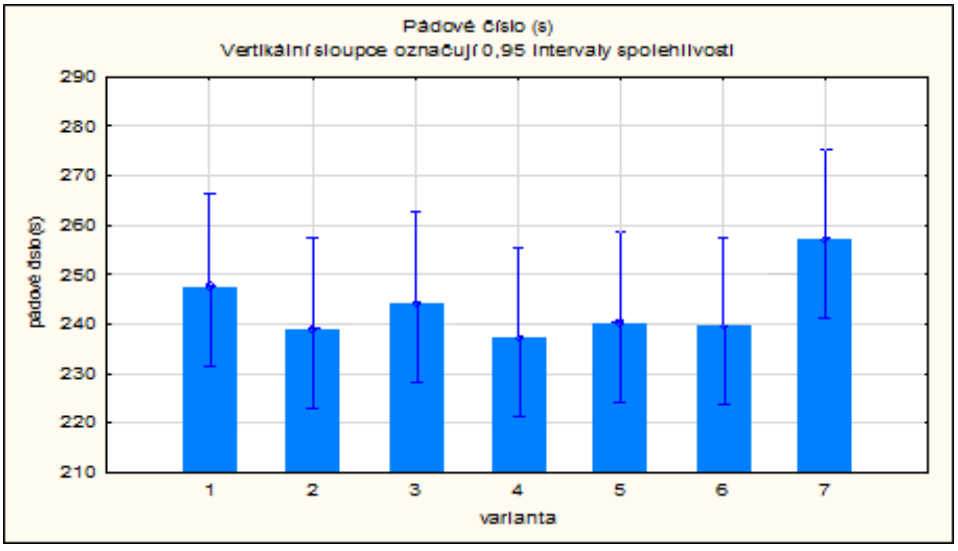
Obrázek 9: N-látky

Nejvíce dusíkatých látek bylo stanoveno u varianty 6, kde bylo použito hnojivo NPK 7:20:28 + YBE a 1,5 kg/ha S v YVT. Nejméně dusíkatých látek vykazovala varianta 3 s hnojením YBS a YVT (Obrázek **9**). Předpoklad, že aplikace síry v kombinaci s dusíkem zvyšuje obsah bílkovin, se potvrdila jen částečně. Je třeba ale podotknout, že rozdíly mezi variantami byly velmi malé.



Obrázek 10: Zelenyho test

Hodnota Zelenyho testu deklaruje kvalitu bílkovinného komplexu, viskoelastických vlastností, bobtnatelnost pšeničných bílkovin; je to hodnota odrůdově založená, která má vztah k obsahu hrubých bílkovin a objemu pečiva (PRUGAR ET AL., 2008). Tento faktor významně ovlivňuje ročník. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo u varianty 5 s výživou NPK 7:12:25 YBS a YVT. Nejnižší hodnotu vykázala varianta 6, kde byl místo YBS použit YBE, tzn., že dávka síry zde byla podstatně nižší. (Obrázek 10). Rozdíly mezi variantami ale nebyly vysoké. Je třeba reagovat na to, že i přes nejvyšší obsah N-látek u var. 6 byla právě zde zaznamenána nejhorší kvalita bílkovin.

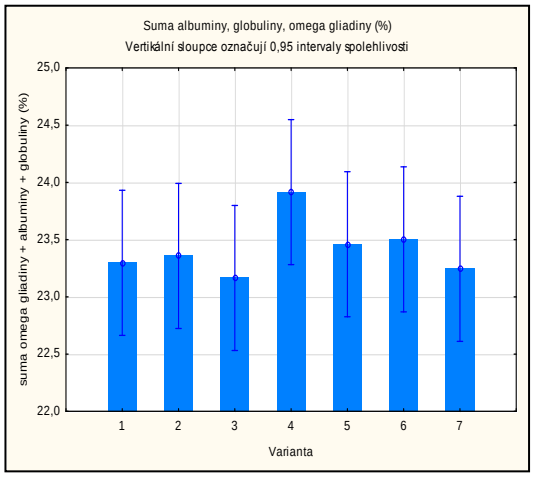


Obrázek 11: Pádové číslo

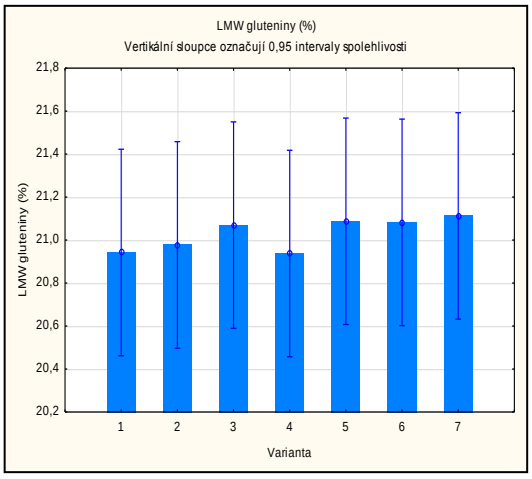
Z pohledu technologického zpracování je významná i enzymatická aktivita zrna. Příliš vysoké hodnoty pádového čísla nejsou vhodné a značí nízkou enzymatickou aktivitu zrna (ZIMOLKA, 2005). Toto tvoří problémy při zrání těsta a jeho kynutí. Předpokládá se vyšší rezistence škrobu, což se odráží v horším mazovatění. Pádové číslo je významně ovlivňováno průběhem počasí v době dozrávání a sklizně. Zrno s číslem poklesu nižším než 200 s, nebo vyšším než 400 s je nevhodné pro pekárenské využití. Podle ČSN 46 1100-2:2001 by mělo mít zrno určené pro pekárenské zpracování číslo poklesu alespoň 220 s. Naměřené hodnoty se pohybují zhruba mezi 237 – 257 sekundami, což značí střední aktivitu amyláz a příznivou kvalitu. Aplikace hnojiv se na hodnotách pádového čísla výrazněji neprojevila. Hodnoty pádového čísla zobrazuje obr. 13.

5.1.1 Analýza bílkovinného profilu zrna pšenice

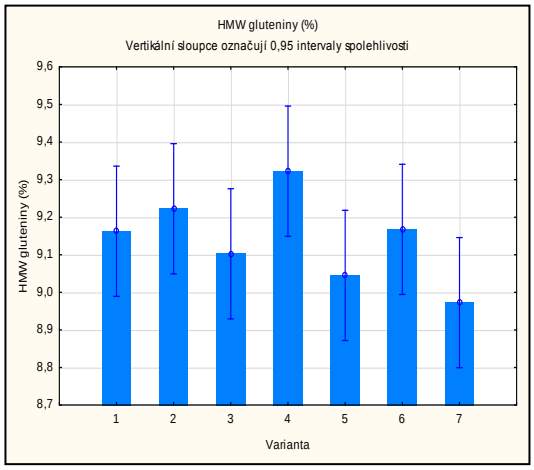
Frakční složení bílkovin ovlivňuje jak technologickou, tak i nutriční a nepřímo i hygienickou kvalitu zrna (PALÍK, 2009). Z technologického hlediska a následného pekařského využití je podstatný obsah lepkových bílkovin zastoupených prolaminovou a glutelinovou frakcí. Aplikace síry měnila zastoupení prolaminové a glutelinové frakce, což je zřejmé z následujících grafů. Mezi nejdůležitější zásobní proteiny patří skupina na síru bohatých gliadinů (S-rich: frakce α, β, γ), na síru chudých gliadinů (S-poor: frakce Ω) a vysokomolekulární frakce gluteninů (SHIMONI, GALILI, 1996).



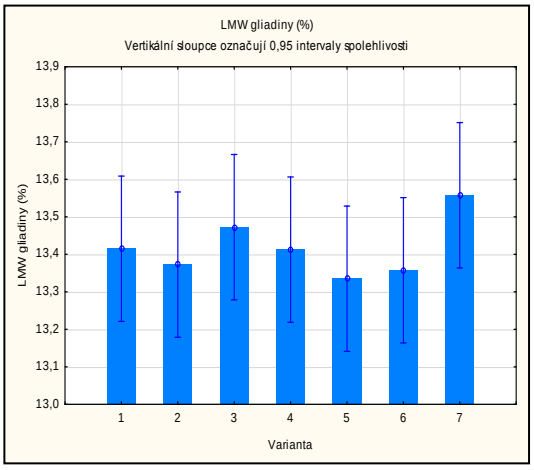
Obrázek 12: Suma albuminy, globuliny, Ω- gliadiny



Obrázek 13: LMW gluteniny

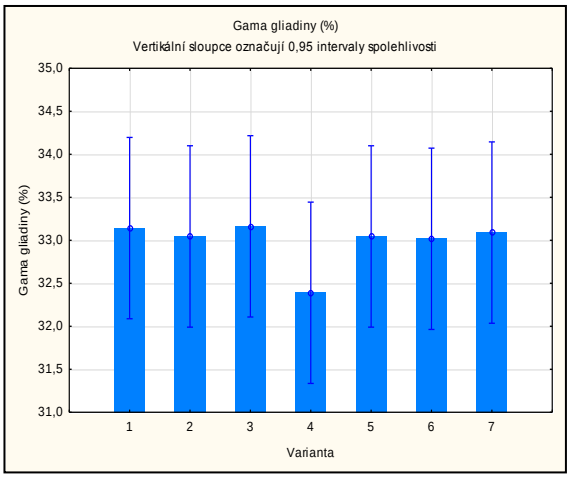


Obrázek 14: HWM gluteniny



Obrázek 15: LMW gliadiny

Očekávaný vliv aplikace většího množství síry se na nižším zastoupení sumy Ω-gliadinů, albuminů a globulinů výrazněji neprojevil (obr. 14). Nižší hodnoty s ohledem na vyšší úroveň hnojení sírou byly stanoveny u var. 3 a 7, u var. 5, kde byla rovněž dávka S vyšší se tato skutečnost neprojevila. Zřejmě se zde uplatnil více vliv průběhu teplot v období tvorby zrna, který přispěl ke zkreslení dosažených výsledků. U většiny variant s vyšší aplikací síry (var. 3, 5 a 7) rostl obsah LMW gluteninů (obr. 15), což se následně odrazilo v nižším obsahu HMW gluteninů u těchto variant (obr. 16). Obsah LMW gliadinů byl nejvyšší u var. 3 a 7 (obr. 17). Zastoupení gama gliadinů bylo vyrovnané s výjimkou 4. varianty (obr. 18).

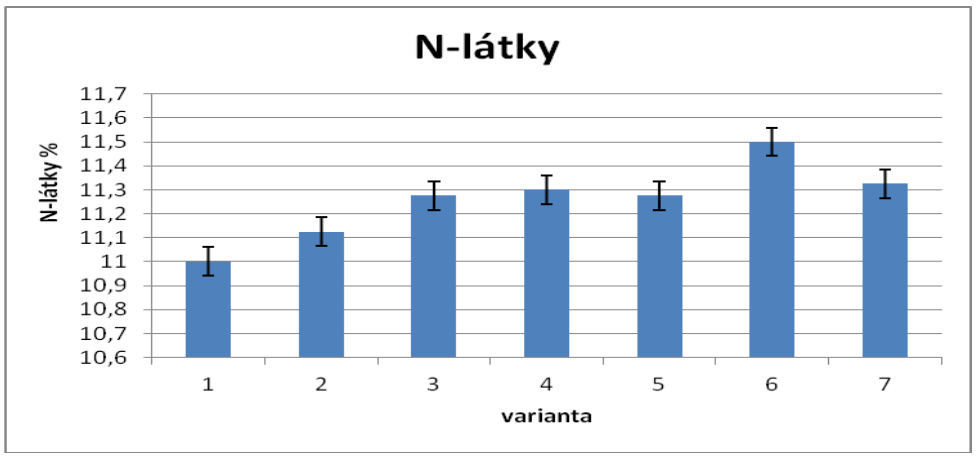


Obrázek 16: Gama gliadiny

5.2 Vliv kombinace hnojení dusíkem a sírou na kvalitu a obsah N-látek v zrně ječmene jarního

Ječmen patří mezi plodiny, které jsou náročné na pěstování a na jeho kvalitu mají vliv nejen agrotechnické zásahy, ale také povětrnostní podmínky.

Optimální obsah bílkovin v zrnu ječmene je 10,7 – 11,5 % v sušině. Sladovnické ječmeny obsahující méně bílkovin jsou sice dostatečně extraktivní, ale enzymaticky slabé, a jsou proto hodnoceny jako sladařsky nevhodné. (HŘIVNA, KOTKOVÁ, 2012). Ve sklizeném zrnu se obsah N - látek pohyboval v rozmezí 11 – 11,5 %, kdy nejnižší byl u variant bez aplikace síry (**Obrázek 19: N-látky** Obrázek). Celkově můžeme obsah N-látek vyhodnotit jako uspokojivý. Prakticky u všech variant nehrozí nebezpečí horšího číření, menší koloidní stability a vzniku koloidních zákalů, tak jak se to stává u zrna s vyšším obsahem N-látek (PROKEŠ, 2000). Aplikace síry v kombinaci s dusíkem naopak pozitivně přispěla k nárůstu obsahu N-látek v zrnu a lze v ní spatřovat opatření přispívající k možnosti regulace obsahu N v případě jejich očekávaného nižšího obsahu v zrně.

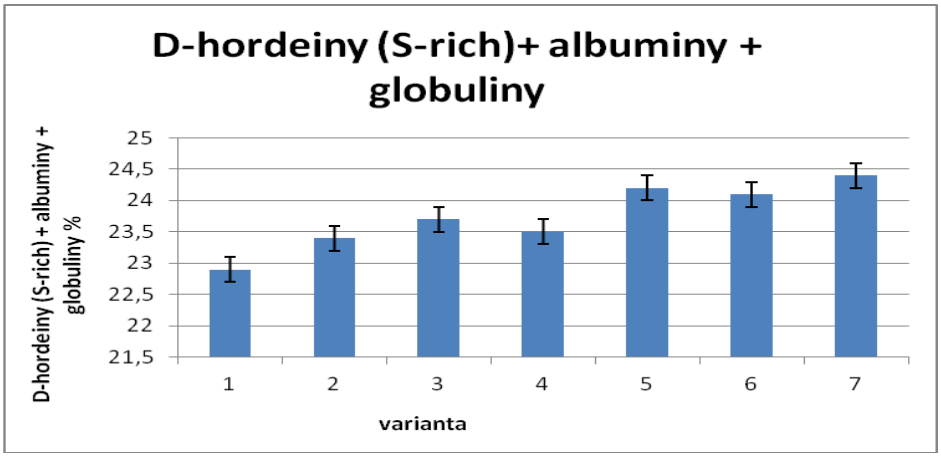


Obrázek 19: N-látky

5.2.1 Analýza bílkovinného komplexu zrna ječmene

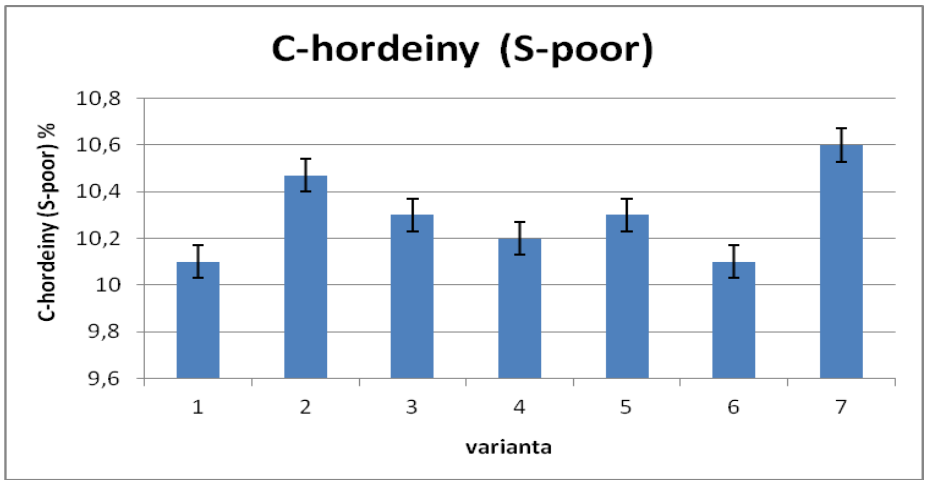
Zastoupení jednotlivých skupin proteinů je závislé na celkovém obsahu bílkovin v zrnu. Obsah albuminů se pohybuje okolo 12,1 %, globulinů 8,4 %, prolaminů 25 % a glutelinů 54,5 % (HULÍN, 2008) z celkového množství obsažených N-látek. Prolaminy neboli hordeiny rozdělujeme do 3 základních subtrakcí a to na B, C a D-hordeiny. D-

hordeiny jsou sírou bohaté (S-ritch) a jak je vidět z obr. 20, jejich obsah se zvyšoval u variant s aplikovanou sírou. Tuto frakci jsme stanovili v sumě s albuminy a globuliny. Uvádí se, že jejich obsah se zvyšuje ve při degradaci vysokomolekulárních proteinů.

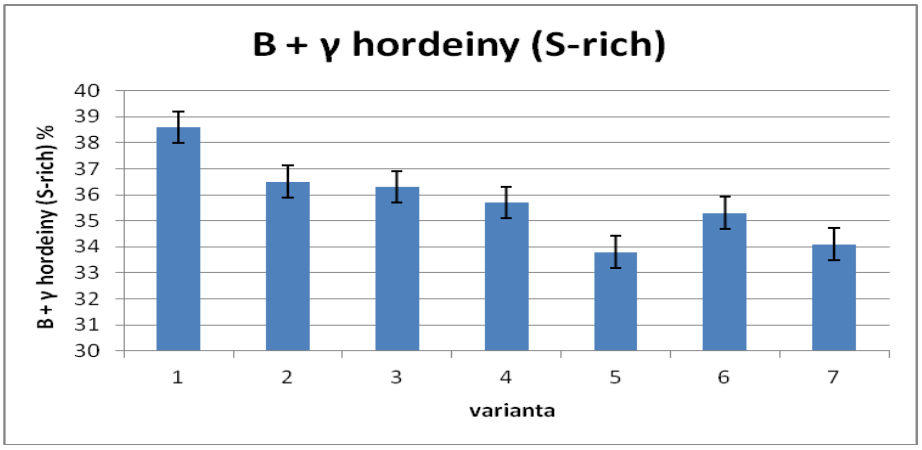


Obrázek 17: D-hordeiny (S-rich) + albuminy + globuliny

Obsah C hordeinů, které patří k S-Poor, tj. chudým na síru, byl poměrně vyrovnaný, rozdíly mezi jednotlivými variantami nebyly vyšší jak 0,5 %. U většiny variant se sírou byl jejich obsah o něco nižší (obr. 21), než u variant hnojených N-hnojivy bez síry (var. 2-3).

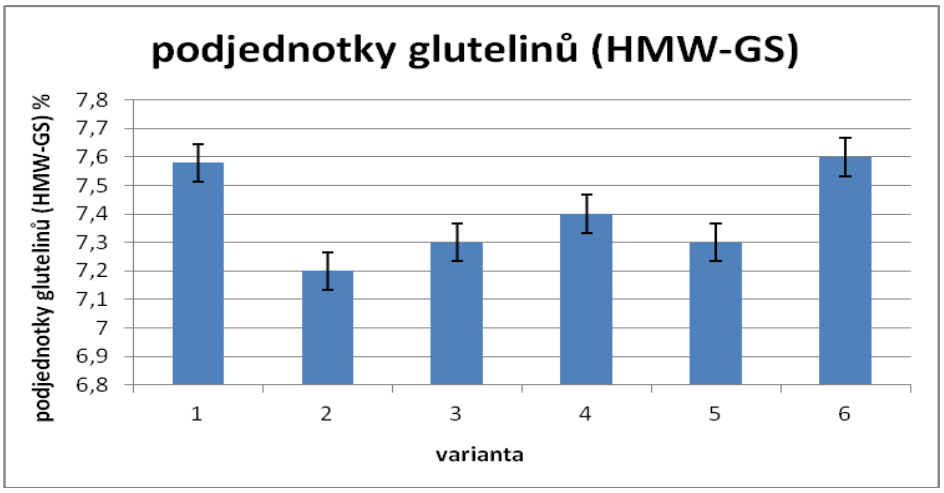


Obrázek 18: C-hordeiny (S-poor)

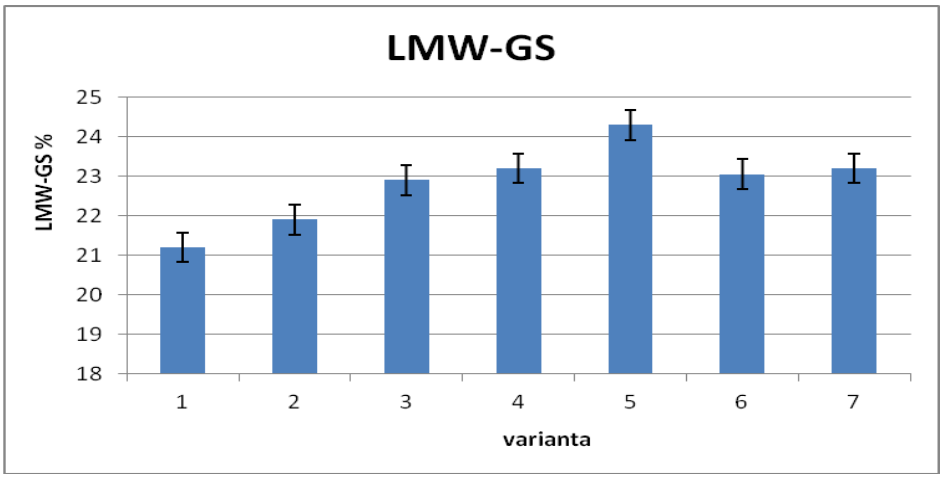


Obrázek 19: B + γ hordeiny (S-rich)

B-hordeiny jsou prolaminy bohaté na síru, jejich molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí 32 – 45 kDa a jsou největší hordeinovou frakcí (80 %). Nedostatek síry zapříčiňuje snížení B-hordeinů. V našem případě se aplikace síry na podílu této bílkovinné frakce neprojevila. Trend byl spíše opačný a obsah B hordeinů společně s gama hordeiny se po aplikaci síry a vyšší dávky dusíku snižoval (Obrázek **19**).



Obrázek 20: Vysokomolekulární podjednotky glutelinů (HMW-GS)



Obrázek 21: Nízkomolekulární podjednotky gluteninů (LMW-GS)

Nejvyšší obsah vysokomolekulárních podjednotek glutelinů (HMW-GS) byl zaznamenán u poslední varianty s 50 kg/ha dusíku a 21 kg/ha síry. Nejnižší u varianty bez síry s dávkou 30 kg/ha dusíku. U nízkomolekulárních podjednotek můžeme zaznamenat mírně stoupající tendenci v závislosti na rostoucí dávce síry, kde nejvyšší je u varianty 5 s 42 kg S/ha.

Ukázalo se, že celkové složení bílkovinného komplexu zrna může být významně ovlivněno průběhem povětrnosti a to často daleko více, než výživářskými zásahy. Potvrzuje to i ten fakt, že u vysokomolekulárních podjednotek bílkovin jsou vysoké procentuální hodnoty naměřeny u nehnojené kontroly. U této varianty došlo totiž v důsledku nižšího množství dusíku, který zde měl porost ječmene k dispozici, k lepšímu vývinu zrna a rychlejšímu dozrávání. Červencové sucho, které přispělo k urychlení dozrávání porostu, pak zabránilo tomu, aby se stačily vytvořit větší obsahy vysokomolekulárních bílkovin u porostů s opožděnějším vývojem v důsledku vyšší intenzity hnojení dusíkem.

5.3 Doporučení pro praxi

Výsledky získané v našich pokusech jsou pouze výsledky jednoleté a z tohoto pohledu k nim musíme takto také přistupovat. Je proto poměrně obtížné z nich vyvodit jednoznačné závěry pro praxi. Přesto se ukázalo, že aplikace síry společně s dusíkem i aplikace Yara Vita Thiorac formou postřiku na list má své opodstatnění s ohledem

na zlepšení kvality bílkovin, a proto je potřeba využití dusíkatých hnojiv se sírou, případně jejich aplikaci formou postřiku na list podporovat. U ječmene rovněž doporučujeme kombinovat hnojiva se sírou pro zlepšení kvality bílkovinného komplexu, úpravy obsahu N-látek v zrně a tím lepšího průběhu sladařského a pivovarského procesu.

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo popsat vliv agrotechniky na tvorbu bílkovin a změny v jejich složení u pšenice a ječmene. Jsou zde charakterizovány biologické vlastnosti a technologické parametry těchto plodin. Dále se práce zabývá strukturou a obsahem jednotlivých bílkovin. Ty se rozdělují na protoplazmatické a zásobní. Vlastnosti bílkovin se promítají do technologického procesu a mají vliv na jakost finálních produktů. V práci je podrobně charakterizován vliv dusíku a síry na rostliny, projevy jejich nadbytku a nedostatku. Důraz je kladen na působení těchto prvků na výnos a kvalitu obou obilovin.

Cílem praktické části práce bylo posoudit vliv aplikace dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou na výnos zrna a parametry mlynářské a pekařské jakosti zrna pšenice ozimé. Pokusy byly významně ovlivněny průběhem povětrnosti. Vyšší srážky v červnu i vysoké teploty v období dozrávání srovnaly výnos i kvalitu zrna.

- Nejvyšší výnos byl zaznamenán u varianty 5 hnojené NPK 7/12/25 a YB Sulfan + Thiorac.
- Nejvyšší objemová hmotnost a přepad zrna nad sítem 2,8 mm byla po aplikaci hnojiva YB Extran s přihnojením YV Thiorac na počátku metání.
- Kvalita bílkovin byla pozitivně ovlivněna po aplikaci hnojiva YV Thiorac téměř u všech variant.
- Vliv aplikované síry se nepotvrdil zřejmě z důvodu průběhu teplot.

V rámci pokusu byl ověřován účinek dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou při výživě jarního ječmene.

- Aplikace síry zvýšila utilizaci a projevila se příznivě v obsahu bílkovin, zvýšila jejich obsah na 11 – 11,5 N-látek.
- Obsah D-hordeinů s dávkou N a S rostl.
- Obsah B-hordeinů naopak klesal.
- Obsah C hordeinů u variant bez síry s dávkou N klesal a u variant se sírou naopak rostl.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ANNESS B., BAMFORTH C. W., 1982: *Dimethyl sulfide a review*. Journal of the Institute of Brewing 88

BASAŘOVÁ G., 2010: *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 863 s., ISBN 978-80-7080-734-7

BERGMANN W., 1992: *Nutritional disorders of plants*. Gustav Fischer Verlag, ISBN 3-334-60423-3

BEZDÍČKOVÁ A., HŘIVNA L., 2007: *The effect of nitrogenefertilizing and fungicide application on the yield and selected parameters of grain quality of winter beat*. Acta univ. Agric. Et silvic. Mendel Brun

BĚHALOVÁ P., 2013: *Vliv diferencované výživy dusíkem a sírou na výnos zrna pšenice a jeho pekárenskou kvalitu*, diplomová práce, MENDELU, Brno, 67 s.

ČERNÝ J., ŠAŠEK A., 1996: *Bílkovinné signální geny pšenice obecné*. Praha, 61 s., ISBN 80-85120-55-0

ČERNÝ L. a kol., 2007: *Jarní sladovnický ječmen*: pěstitelský rádce, Kurent, České Budějovice, 39 s.

CHLOUPEK O., 2005: *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. Vyd., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 178 s., ISBN 80-7157-897-5

ČSÚ 2013: *Odhad sklizně zemědělských plodin k 15. Září 2013*. Online [cit. 2014-01-21]. Dostupné na: <http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/t/FF0039BA09/$File/21131303.pdf>

ČSÚ 2013: *Odhady sklizní – červen 2013*. Online [cit. 2014-01-24]. Dostupné na: <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cskl071113.doc>

DUDÁŠ F., PELIKÁN M., 1987: *Využití produktů rostlinné výroby*, návody do cvičení. Vysoká škola zemědělská, Brno, 174 s., ISBN 80-7157-009-5

DUDÁŠ F., PELIKÁN M., 1992: *Využití produktů rostlinné výrovy*, návody do cvičení. VŠZ, Brno, 174 s. ISBN 80-7157-00-95

EWART J. A. D., 1980: *Isolation of hordein wheat of low electrophoresis mobility*. J. Sci. Fd. Agric, 31

FECENKO J., LOŽEK O., 2000: *Výživa a hnojenie polných plodín*. Slovenská polnohospodářská univerzita v Nitre, 442 s., ISBN 80-7137-777-5

FENGYUN M., MIAO L., GUANGYUAN O., 2013: *Overexpression of Avenin-Like b Proteins in Brea Wheat (Triticum aktivum L.) Improves Dough Mixing Properties by Their Incorporation into Glutenin Polymers*. Online [cit. 2014-01-28]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3699606/#pone.0066758-Chen2>

FLOHROVÁ A., 1996: *Důsledky nedostatečného hnojení*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 48 s.

GÁLOVÁ J., PELIKÁN M., HŘIVNA L., 2004: *Vliv hnojení sírou na technologickou jakost a výnos pšenice a řepky*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 159 s.

HAMPL J., 1988: *Cereální chemie a technologie*. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 241 s.

HORÁKOVÁ V, DVOŘÁČKOVÁ O., MEZLÍK T., 2010: *Seznam doporučených odrůd 2010*, ÚKZUZ, Brno, 221 s.

HŘIVNA L., 2010: Habilitační práce – *Výnos a kvalita pšenice ozimé a jarního ječmene po hnojení sírou a dusíkem*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 163 s.

HŘIVNA L., 2012: Šlechtitelské listy – Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, Online [cit. 2014-04-24]. Dostupné na: <http://www.druvod.cz/files/aktualita/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf>

HŘIVNA L., KOTKOVÁ B., 2012: *Vliv diferencované aplikace dusíku a síry na výnos a technologické parametry zrna ječmene*, MENDELU

HŘIVNA L., KOTKOVÁ B., 2012: *Výnos a kvalita ozimé pšenice po aplikaci N a S*. Online [cit. 2014-04-04]. Dostupné na: <http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2012/articles/35_kotkova_636.pdf>

HŘIVNA L., RADOCH T., GREGOR T., ŠOTTNÍKOVÁ V., CERKAL R., RYANT P., PROKEŠ J., 2011: *Vliv aplikace N a S na chemické složení zrna ječmene a sladu*. Kvasný průmysl, 57/2011, 223

HUBÍK K., 1991*: Zásobní bílkoviny endospermu zrna pšenice a ječmene*. ÚVTIZ, Praha, 27 s.

HULÍN P., DOSTÁLEK P., HOCHEL I., 2008: Chemické listy: *Metody stanovení lepkových bílkovin v potravinách*. Česká společnost chemická, Praha, ISSN 1213-7103

HURTOVÁ L., 2004: Habilitační práce: *Vliv hnojení sírou na bílkovinné frakce pšenice ozimé*, MZLU, Brno, 132 s.

INGR I., 2003: *Zpracování zemědělských produktů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 249 s., ISBN 80-7157-520-8

IVANOVIČ J., HAVELKA B., KNOP P., 1984: *Výživa a hnojenie rostlin*. Priroda, Bratislava, 488 s.

JUN-CANG Q., JIN-XIN C., JUN-MEI W., FEI-BO W., LIAN-PU C., GUO-PING Z., 2005: *Protein and hordein fraction content in barley seeds as affected by sowing date and thein relationship to malting quality*. Online [cit. 2014-01-28]. Dostupné na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1390653/>

JUREČKA D., BENEŠ F., 2002: *Přehled odrůd obilovin 2002*. ÚKZUZ, Brno, 159 s.

KHAN K., BUSHUK W, 1978: *Glutenin: Structure and functionality in breadmaking*, Bakers Dig. 52

KOSAŘ K., ET AL., 1997: *Kvalita sladovnického ječmene a technologie jeho pěstování*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 45 s., ISBN 80-86153-02-9

KOSAŘ K., PROCHÁZKA S. a kol., 2000: *Technologie výroby sladu a piva*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 398 s. ISBN 80-902658-6-3

KOVÁČIK P., 2012: *Výživa rastlín*. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, 179 s., ISBN 978-80-552-0845-9

KRAUSKO A. ET AL., 1980: *Jarný jačmeň*. Príroda, Bratislava, 136 s., ISBN 64-071-80

KŘEN J., 1998: *Metodika pěstování ozimých obilnin*. Zemědělský výzkumný ústav, Kroměříž, 143 s., ISBN 80-902545-2-7

KUČEROVÁ J., 2004: *Technologie cereálií*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 141 s., ISBN 80-7157-811-8

KUCHTÍK F., PROCHÁZKA I., TEKSL M., VALEŠ J., 1995: *Pěstování rostlin II*. FEZ, Třebíč, ISBN 80-901789-1

KUNZE W., 1994: *Technologie Bauer und Malzer*, VLB, Berlin, 633 s., ISBN 3-921-690-31-5

LANGER I., 2006: Ječmenářská ročenka – *Agrotechnika pěstování sladovnického ječmene*. VÚ pivovarský a sladařský, s. 124 – 127, ISBN 80-86576-22-1

LASZTINY R., 1984: *The chemistry of cereal proteins*. CRC Press, Florida, 260 s. ISBN 978-0849327636

MARSCHNER H., 2006: *Mineral nutrition of Highter Plants*. Acad. Press, London, 889 s. ISBN 978-0-12-473543-9

MINĚJEV V. G., PAVLOV A. N., 1981: *Agrochemické základy zvyšování jakosti pšenice*. SZN, Praha

NĚMEC Z., PETR J., 1996: *Kvalita krmného obilí*. Úroda, 5

NOVOTNÝ F., JUREČKA D., 2002*: Odrůdová skladba a technologická jakost pšenice a ječmene*. Sborník přednášek z X. semináře šlechtitelů 29. 1. 2002, šlechtění na potravinářskou kvalitu, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno ISBN 978-80-7401-074-3

PALÍK S., BUREŠOVÁ I., EDLER S., SEDLÁČKOVÁ I., TICHÝ F., VÁŇOVÁ M., 2009: Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice [cit. 2015-04-02]. Dostupné na: <http://www.vukrom.cz/vyzkum/ukoncene-2009/qg50041/metodika>

PAYNE P. I., 1986: *A genetic approach to plant biochemistry*. Wien-New York

PAYNE P. I., 1987: *Genetics of wheat storage proteins and effect of allelic variation on bread-making quality*. Ann. Rev. Plant.

PELIKÁN M., 1978: Habilitační práce - *Bílkoviny, hlavní kritérium technologické a nutriční hodnoty pšenice.* VŠZ Brno

PELIKÁN M., 1996: *Zpracování obilovin a olejnin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno 148 s. ISBN 80-7157-195-4

PELIKÁN M., DUDÁŠ F., MÍŠA D., 2004: *Technologie kvasného průmyslu*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 129 s. ISBN 80-7157-240-3

PELIKÁN M., ET AL. 1993: *Zpracování zemědělských produktů* – cvičení. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 86 s., ISBN 80-7157-099-0

PETR J, HÚSKA J. a kol. 1997: *Speciální produkce rostlinná I. Obecná část a obiloviny*, Praha, 197 s., ISBN 80-213-0152-X

PETR J., 1980: *Tvorba výnosu hlavních polních plodin*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 447 s.

POLÁK B., VÁŇOVÁ M., ONDERKA M., 1998: *Základy pěstování a zpracování sladovnického ječmene*. Institut výchovy a vzdělávání Mze, Praha, 39 s., ISBN 80-7105-166-7

PROKEŠ J., 2000: *Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu.* Kvasný průmysl, 46 s. ISSN 0023-5830

PRUGAR J., 1983: *Optimising the nitrogen nutrition in the wheat from the point of view of grain field and quality, Progress in Cereal Chemistry and Technology*. World Cereal and Bread Congress

PRUGAR J., 2008: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2

PRUGAR J., HRAŠKA Š., 1986: *Kvalita pšenice*. Priroda, Bratislava, 220 s., ISBN 64-133-86

RICHTER R., 2004: *Dusík*. Online [cit. 2014-01-26]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/nasimilace.htm>

RICHTER R., 2004: *Příjem živin rostlinami*. Online [cit. 2014-01-26]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/a_index_prijem_zivin.htm>

RICHTER R., 2004: *Síra, Síra v půdě*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. Online [cit. 2014-01-27]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/s.htm>

RICHTER R., 2004: *Význam biogenních prvků*. Multimediální učební text, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. Online [cit. 2014-01-24]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm>

RICHTER R., 2007: *Síra v půdě*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. Online [cit. 2014-01-27]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_s.htm>

RICHTER R., HLUŠEK J., 1999: *Výživa a hnojení rostlin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 187 s., ISBN 80-7157-346-9

RICHTER R., HŘIVNA L., 2005: *Pšenice ozimá*. Online [cit. 2014-01-26]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/psenice_ozima.htm>

RICHTER R., RYANT P., BABIÁNEK P., HŘIVNA L., 2008: *Síra ve výživě sladovnického ječmene*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. Online [cit. 2014-01-27]. Dostupné na: <http://konference.agrobiologie.cz/2008-02-12/11-richter-ryant-babianek-hrivna_sira_ve_vyzive_sladovnickeho_jecmene.pdf>

RICHTER R., RYANT P., *Výživa a hnojení obilnin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. Online [cit. 2014-01-26]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/pdf/vyziva%20obilnin.pdf>

SAHOTA T. S., 2006: *Importance of Sulphur in Crop Production*. Norhwest Link. Online [cit. 2014-01-21]. Dostupné na: <http://www.tbars.net/sulphur.pdf>

SAINSBURY K., MULLAN B., SHARPE L., 2006: *Gluten free diet adherence in coeliac disease. The role of psychological symptoms in bridging the intention-behaviour gap*. Online [cit. 2014-01-29]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195666312004448>

ŠAŠKOVÁ D., ŠTOLFA V., 1993: *Trávy a obilí*. Artia, Praha, 64 s., ISBN 80-85805-03-0

SHIMONI Y., GALILI G., 1996: *Intramolecular Disulfide Bonds between Conserved Cysteines in Wheat Gliadins Control Their Deposition into Protein Bodies*. The Journal of Biological Chemistry, 271 (31):18869–1887.

SKLÁDAL V., BENADA J., BRÜCKNER F., KOPECKÝ M., MINAŘÍK F., PŘIKRYL K., VOŇKA Z., ZENIŠČEVA L., 1967: *Sladovnický ječmen*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 322 s.

VANĚK V., 1998: Výživa *a hnojení polních plodin, ovoce a zelen*iny. Farmář – Zemědělské listy, Praha, 124 s. ISBN 80-902413-1-X

VANĚK V., 2007: *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, 176 s.

VODRÁŽKA Z., 1999: *Biochemie 1-3 díl*. Academica, Praha, 506 s.

ZELENÝ F., 1993: *Výživa rostlin a potřeba hnojení*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 59 s.

ZELENÝ F., ZELENÁ E., 1996: *Síra a její potřeba pro výživu rostlin*. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 42 s., ISBN 80-861153-62-2

ZIMOLKA J., 2006: Ječmen – formy a užitkové směry v ČR. 1. Vyd. Profi Press, Praha, 200s. ISBN 80-86726-18-5

ZIMOLKA J., 2000: *Speciální produkce rostlinná*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 245 s., ISBN 80-7157-451-1

ZIMOLKA J., 2005: *Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna*. Profi press, Praha, 179 s. ISBN 80-86726-09-6

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Stavba zrna pšenice (ZIMOLKA, 2005) 18

Obrázek 2: Stavba zrna ječmene (KUNZE, 1994) 21

Obrázek 3: Schéma struktury gliadinu (KUČEROVÁ, 2004) 26

Obrázek 4: Schéma struktury gluteninu (A-podjednotky gluteninu, B-intrařetězové disulfidické vazby, C-interřetězové disulfidické vazby, D-podjednotky gluteninu, E-sekundární vazby) (KHAN, BUSHUK, 1978) 26

Obrázek 7: Objemová hmotnost 39

Obrázek 8: Přepad zrna nad sítem 2,8 mm 40

Obrázek 9: Přepad zrna nad sítem 2,5 mm 40

Obrázek 10: Propad zrna 41

Obrázek 11: N-látky 41

Obrázek 12: Zelenyho test 42

Obrázek 13: Pádové číslo 42

Obrázek 14: Suma albuminy, globuliny, Ω- gliadiny 43

Obrázek 15: LMW gluteniny 43

Obrázek 16: HWM gluteniny 44

Obrázek 17: LMW gliadiny 44

Obrázek 18: Gama gliadiny 44

Obrázek 20: D-hordeiny (S-rich) + albuminy + globuliny 46

Obrázek 21: C-hordeiny (S-poor) 46

Obrázek 22: B + γ hordeiny (S-rich) 47

Obrázek 23: Vysokomolekulární podjednotky glutelinů (HMW-GS) 47

Obrázek 25: Nízkomolekulární podjednotky gluteninů (LMW-GS) 48

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 : Elementární analýza jednoduchých pšeničných bílkovin (Hampl, 1988) 27

Tabulka 2: Rozdělení bílkovin podle rozpustnost (Zimolka, 2006) 30

Tabulka 3: Průběh povětrnosti 34

Tabulka 4: Varianty pokusu 35

Tabulka 5: Schéma pokusu 37

Tabulka 6: Výnos zrna……..……38

10 SEZNAM ZKRATEK

popř.	-	popřípadě
tzv.	-	tak zvané
SO_4^{2-}	-	aniont oxidu siřičitého
H_2SO_4	-	kyselina sírová
N	-	dusík
P	-	fosfor
K	-	draslík
Ca	-	vápník
Fe	-	železo
Mg	-	hořčík
S	-	síra
ha	-	hektar
kg	-	kilogram

g	-	gram
°C	-	stupně Celsia
kDa	-	molekulová hmotnost
NH_4^+	-	amonný kationt
NO_3^-	-	dusičnatý anion
NH_3	-	amoniak
t	-	tuna
mg	-	miligram
µg	-	mikrogram
DMS	-	dimethylsulfid
SMM	-	S-methyl-L-methionin
PDMS	-	dimethylsulfid
Ω	-	omega
kDa	-	molekulová hmotnost