

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

VERONIKA DOLEŽALOVÁ



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



**Vliv diferencované výživy dusíkem a sírou na výnos a
kvalitu zrna ječmene**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Prof. Ing. Dr. Luděk Hřivna

Vypracovala:
Bc. Veronika Doležalová

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci:

Vliv diferencované výživy dusíkem a sírou na výnos a kvalitu zrna ječmene

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 vědoma, 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: 26.04.2015

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Prof. Dr. Ing. Lud'ku Hřivnovi za vedení při vypracování diplomové práce, jeho odborné rady a cenné připomínky. Ráda bych také poděkovala svému manželovi a rodině za podporu a trpělivost při mém studiu.

ABSTRAKT

V rámci diplomové práce je posuzováno, zda má odlišná aplikace výživy vliv na výnos a kvalitu zrna ječmene jarního. Teoretická část se zabývá základní charakteristikou ječmene jarního a jeho výživou sírou a dusíkem. V praktické části jsou vyhodnoceny výsledky dlouholetého pokusu, který probíhal v letech 2005-2013. Hnojení sírou a dusíkem ječmene jarního bylo provedeno ve více variantách v různých dávkách. Jednotlivé aplikace byly v této práci vyhodnoceny a zpracovány v rámci výnosu a kvality zrna jarního ječmene.

Klíčová slova:

ječmen jarní, dusík, síra, hnojení, výnos, kvalita

ABSTRACT

The thesis is judged whether the different application of nutrition has impact on yield and grain quality of spring barley. The theoretical part deals with the basic characteristic of spring barley and its sulfur and nitrogen nutrition. In the practical part are evaluated the results of a long-term experiment which ran from 2005 to 2013. Fertilization by sulfur and nitrogen was made on spring barley in multiple variants in different doses. Each made application were evaluated and processed within the yield and quality of spring barley.

Key words:

spring barley, nitrogen, sulfur, fertilization, yield, quality

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Základní charakteristika sladovnického ječmene	11
3.1.1	Anatomická stavba obilky ječmene.....	11
3.1.2	Chemická stavba obilky ječmene	12
3.2	Kvalita sladovnického ječmene	15
3.2.1	Barva, tvar, vůně, lesk a velikost zrna.....	16
3.2.2	Vlhkost zrna ječmene	17
3.2.3	Klíčivost	18
3.2.4	Obsah škrobu a dusíkatých látek	18
3.2.5	Mechanická poškození	18
3.2.6	Podíl předního zrna, objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn	19
3.3	Výnosotvorné prvky	19
3.4	Růst a vývoj ječmene.....	20
3.4.1	Klíčení a vzcházení	22
3.4.2	Odnožování	22
3.4.3	Sloupkování.....	23
3.4.4	Metání a kvetení	23
3.4.5	Tvorba zrna a zrání.....	24
3.5	Výživa a hnojení ječmene.....	25
3.5.1	Dusík	27
3.5.2	Koloběh dusíku	28
3.5.3	Nadbytek a nedostatek dusíku.....	29
3.5.4	Vliv dusíku na výnos zrna ječmene.....	30

3.5.5	Síra	31
3.5.6	Koloběh síry	32
3.5.7	Nadbytek a nedostatek síry	33
3.5.8	Vliv síry na výnos zrna ječmene	34
4	MATERIÁL A METODIKA.....	35
4.1	Použitý materiál.....	35
4.1.1	Charakteristika použité odrůdy ječmene	35
4.1.2	Charakteristika použitých hnojiv	35
4.1.3	Pokusné stanoviště	37
4.2	Metodika pokusu	37
4.2.1	Popis pokusu	37
4.2.2	Prováděné analýzy.....	41
4.2.3	Statistické metody	41
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1	Výnos zrna	42
5.2	Přepad zrna na síť 2,8 mm.....	43
5.3	Přepad zrna na síť 2,5 mm.....	45
5.4	Podíl předního zrna.....	46
5.5	Objemová hmotnost.....	48
5.6	Obsah dusíkatých látek	49
5.7	Obsah škrobu	51
6	ZÁVĚR	53
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
8	SEZNAM TABULEK	60
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	61
10	SEZNAM GRAFŮ.....	62

1 ÚVOD

Ječmen, jako druhá nejstarší obilnina na světě, byl poprvé popsán v roce 1848 Kochem, který ho pojmenoval *Hordeum spontaneum* C. Koch. Do Evropy pronikl ječmen asi před 7000-4000 lety př.n.l., a to z různých směrů a míst, díky kterým se pak postupně utvářely jednotlivé ekotypy ječmene (LEKEŠ ET AL., 1985).

Za původní oblast ječmene se považuje Asie – oblast tzv. úrodného půlměsíce. Ječmen dvouřadý je kulturně mladší než ječmen víceřadý. Ve středověku byla éra obou typů ječmenů – jak dvouřadého tak víceřadého. V novověku, zvláště ve střední Evropě, převažuje již dvouřadý ječmen (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Zrno ječmene je významnou surovinou pro výrobu krup, sladových a farmaceutických výtažků, náhražek kávy, avšak především je po staletí využíván k výrobě sladu a piva. Skutečnost, že se ječmen používá z velké části k výrobě sladu a piva, zatlačila do pozadí ostatní využití ječmene. Zrno sladovnického ječmene, které má vysoký obsah bílkovin a nízký obsah škrobu, je využito jako hodnotné jaderné krmivo v živočišné výrobě. Ječmen se dále využívá v lékařství, k výrobě průmyslového lihu, škrobu, v kosmetickém průmyslu a v genovém inženýrství – GMO, a to při šlechtění nových odrůd obilnin. Z těchto důvodů se ječmen řadí k velmi perspektivním plodinám (ZIMOLKA ET AL., 2006).

V současnosti patří sladovnický ječmen mezi stabilní zemědělské plodiny. V loňském roce byl ječmen jarní pěstován na ploše 248 tisíc ha, kdy průměrný výnos byl 5,6t.ha⁻¹. U nás se na výrobu sladu spotřebuje asi 600 tisíc tun ječmene, což při celkové produkci 1386 tisíc tun představuje asi polovinu naší produkce (HARTMAN, 2015).

Vzhledem k tomu, že je třeba zajistit dostatek kvalitního sladovnického ječmene a jeho plochy neustále klesají, roste tlak na získání kvalitních partií zrna při nižší celkové produkci. Z tohoto důvodu je nezbytné, abychom produkovali ječmen kvalitní. Jednou z cest, jak toho můžeme dosáhnout, je řízená výživa. K té patří i cílené hnojení dusíkem a sírou. Vzhledem k tomu, že emise síry jsou minimální a ječmen se pěstuje po stále horších předplodinách, které nezanechávají dostatek dusíku v půdě, je nezbytné se problematikou cílené dusíkaté i sirmé výživy zabývat. V rámci této práce jsou zpracovány výsledky dlouholetých maloparcelních pokusů, kde byla tato problematika řešena.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je:

1. Vypracovat literární rešerši k dané problematice, zaměřit se na vliv dusíku a síry na tvorbu výnosotvorných prvků a kvalitu zrna.
2. Statisticky zpracovat výsledky dlouhodobých maloparcelních polních pokusů, ve kterých byla testována různá dusíkatá hnojiva a dusíkatá hnojiva se sírou.
3. Zaměřit se na hodnocení vybraných ukazatelů kvality zrna a porovnat je v kontextu s výnosem.
4. Posoudit efekt samotného hnojení dusíkem a společnou aplikací N a S - hnojiv. Vyvodit z dosažených výsledků praktická doporučení.
5. Získané výsledky zapracovat do diplomové práce, zkonfrontovat s dosud známými údaji z dané problematiky.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Základní charakteristika sladovnického ječmene

Z hlediska botanické systematiky je ječmen zařazen do říše rostlin, oddělení semenných (*Spermatophyta*), pododdělení krytosemenných (*Angiospermae*), třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (NOVÁK ET AL., 2009). Ječmeny se dělí podle jejich způsobu růstu na divoce rostoucí plané ječmeny (ječmen myší) a seté ječmeny – *Hordeum sativum*. Toto jsou jednoleté kulturní trávy, které jsou jarní nebo ozimé (ARENDR, ZANNINI, 2013). Dále u kulturních ječmenů rozlišujeme ječmeny dvouřadé a víceřadé. Dvouřadé ječmeny dále rozdělujeme na ječmeny nící, ječmeny paví a ječmeny vzpřímené. U sladovnických ječmenů převažují zejména ječmeny nící (*Hordeum distichum*, var. *nutans*). Nyní se podle novějšího taxonomického zařazení používá jiný název, a to *Hordeum vulgare* var. *nutans* (KUČEROVÁ ET AL., 2010).

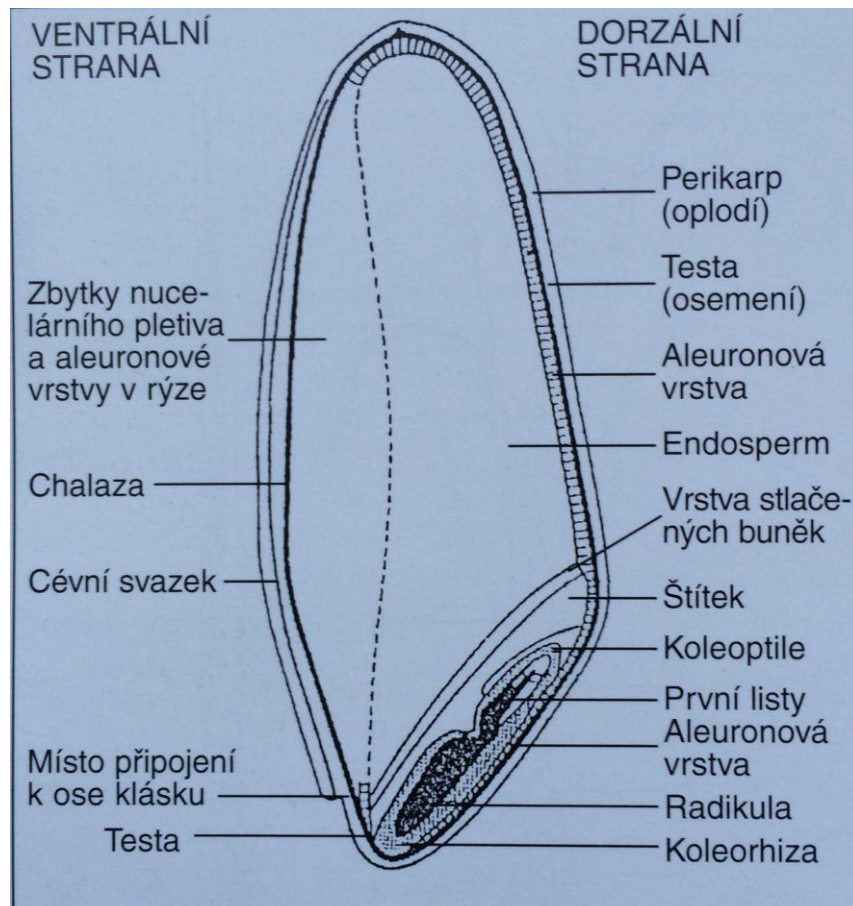
3.1.1 Anatomická stavba obilky ječmene

Obilku či zrno ječmene tvoří zárodek, endosperm a obaly. Barva obilky je různá – může být oranžová, hnědá, fialová až modročerná. Obilka pěstovaná v našich podmínkách má barvu světle žlutou.

Obilka pluchatého ječmene je na hřbetní straně kryta pluchou, jejíž okraje přesahují malou plušku. Tyto vrstvy se skládají z celulosy, ligninu a pentosanů. Plucha a pluška mají ochrannou funkci před vnějšími vlivy. Podélná rýha obilky je ve střední části kryta pluškou. K rýze obilky přilehá vrchol klásku – bazální štětička. Podle jejího obrvení můžeme rozpoznat určité formy a odrůdy ječmene. K pluše a plušce je napojeno oplodí a osemení, které je pevně srostlé s oplodím (PELIKÁN ET AL., 2004).

Základem zrna je zárodek (embryo, klíček), který je umístěn na spodní straně obilky a svou vnější částí je přilehlý na pluše. Z klíčícího zárodku prostřednictvím biologicky aktivních látek vychází podněty, které aktivují enzymy v aleuronové vrstvě endospermu a ve štítku. (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Štítek spojuje endosperm se zárodkem. Největší část zrna tvoří endosperm. Ve vnitřním endospermu je uložen převážně zásobní škrob, ale i jiné látky. Poměr škrobu a jiných látek (především dusíkatých), je určen vlastnostmi endospermu. Pokud je moučnatý, obsahuje více škrobu, pokud je sklovitý – obsahuje více bílkovin. (SKLÁDAL ET AL., 1967).



Obr. 1: Podélný řez zralou obilkou (KOSAŘ ET AL, 2000)

3.1.2 Chemická stavba obilky ječmene

Z chemického hlediska je obilka složena ze sušiny a vody, kdy 80-88% je sušina a 12 až 20% tvoří voda. Nižší obsah vody je nepřijatelný, protože voda je součástí protoplazmy a její obsah pod výše uvedenou hranici 12% by měl negativní vliv na technologickou jakost zrna. Vyšší procento by zase způsobilo problémy při skladování zrna (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Sušina obilky je dále tvořena z organických dusíkatých látek, bezdusíkatých látek a minerálních látek (ARENDR, ZANNINI, 2013).

Tab. 1: Chemické složení obilky ječmene (ZIMOLKA ET AL., 2006)

Látka	Procento v obilce
Sacharidy	
Škrob	60 – 65
Nízkomolekulární sacharidy	
Sacharóza	1 – 2
Ostatní cukry	1
Rafinóza	0,3 – 0,5
Maltóza	0,1
Glukóza	0
Fruktóza	0,1
Neškrobnaté polysacharidy	
Hemicelulózy	
- β – glukany	3,3 - 4,9
- pentosany	9,0
- celulóza	4 – 7
Tuky	3,5
Fosfáty	
Fytin	0,9
Polyfenoly	0,1 – 0,6
Dusíkaté látky	9,5 – 11,9 – (7 – 18)
Rozpusťné dusíkaté látky	1,9
Albuminy a globuliny	3,5
Hordeiny (prolaminy)	3 – 4
Gluteliny	3 – 4
Minerální látky	2

Největší část organických látek obilky zrna tvoří sacharidy (tab. 1). Ty se vyskytují v různých formách – jednoduché cukry, celulóza, škrob, hemicelulóza, gumovité látky, lignin a slizy.

Nízkomelokulární sacharidy jsou důležité pro další zpracování ječmene i přesto, že jsou obsaženy v klíčku v poměrně malém množství, tj. kolem 5% a jsou tvořeny hlavně maltosou, sacharosou, rafinosou, glukosou a fruktosou (PELIKÁN ET AL, 2004). Hlavní složkou endospermu je škrob (60–65%), který je v endospermu uložen v krystalických vejčitých škrobových zrnech (SKLÁDAL A KOL., 1967). Škrob se skládá ze dvou látek, a to z amylozy a amylopektinu. Škrobová zrna jsou ve studené vodě nerozpustná, avšak pokud se zvýší teplota, začínají mazovatět (TANG ET AL, 2002).

Celulóza, hemicelulóza, gumovité látky a lignin tvoří 10-14% zrna a řadí se mezi neškrobové polysacharidy. Celulóza vytváří velmi pevná vlákna a společně s dalšími neškrobovými polysacharidy vytváří stavební materiál rostlin. Celulóza má i funkci mechanickou, kdy chrání semena před poškozením (JIA ET AL, 2014). Enzymaticky se špatně štěpí a ve vodě je těžko rozpustná. Má význam pro lidskou výživu, ale i při scezování sladiny a vyslazování mláta, protože působí jako kypřící složka. Buněčné stěny jsou složeny z hemicelulózy, která zajišťuje jejich pevnost (BASARŮVÁ, 2010).

Dusíkaté látky jsou v obilce obsaženy ze 7 – 18% a je to velice významná složka zrna ječmene. Obsah a kvalitativní skladba dusíkatých látek rozhodují o tom, jak bude ječmen způsobilý ke skladování i pro výrobu piva. Optimální obsah dusíkatých látek pro výrobu sladu se pohybuje kolem 10 – 12%. Pokud zrno obsahuje více dusíkatých látek, je vhodné jako krmivo pro hospodářská zvířata, v opačném případě je nevhodné pro sladování, protože vykazuje nízkou enzymatickou činnost (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Dusíkaté látky dělíme na bílkoviny a jejich štěpné produkty (aminokyseliny, peptony, peptidy a proteiny) a na dusíkaté látky nebílkovinné povahy. Sem řadíme amonné soli, dusíkaté báze, fosfatidy a aminy. Podle rozpustnosti v odlišných rozpouštědlech a fyzikálně-chemických vlastností se bílkovinné frakce dělí na albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny (EHRENBERGEROVÁ, 2006).

Albuminy tvoří 3,5% ječných bílkovin a jsou rozpustné ve vodě. Globuliny se rozpouští v roztoku soli a jejich obsah je 18% z celkového zastoupení bílkovin. Jako zásobní bílkoviny umístěné především v aleuronové vrstvě ječné obilky jsou známé hordeiny (prolaminy). Tyto jsou rozpustné v 70 % etanolu. Další bílkoviny, které jsou z části rozpustné ve zředěných

roztocích kyselin a zásad, a nacházejí se hlavně v aleuronové vrstvě, jsou gluteniny (gluteliny). Gluteniny i hordeiny tvoří zásobní bílkoviny zrna ječmene (BASAROVÁ, 2010).

V aleuronové vrstvě a embryu se dále nacházejí tuky, a to v obsahu až 3,5%. Jejich koncentrace není stejnoměrná, menší množství lipidů jsou volné tuky a větší část je ve formě vázaných tuků na jiné složky. Tuky jsou při sladování zrna zdrojem energie a ovlivňují chuť a pěnivost piva (EHRENBERGEROVÁ, 2006).

Převládající složkou organických sloučenin v zrně ječmene jsou popeloviny, jejichž obsah v sušině je 2-3%. Nejmenší obsah je v endospermu, nejvíce se vyskytují v obalových vrstvách. Nejvíce zastoupené prvky jsou hořčík, křemík, draslík a fosfor. Dalšími důležitými prvky jsou měď, selen, mangan, bór a zinek a to proto, že jsou součástí biokatalyzátorů, a jsou důležité pro působení enzymů (PELIKÁN ET AL., 2004).

Vitamíny jsou nepostradatelné pro normální život organismu. V obilce ječmene se nachází vitamíny B₁ – aneurin, B₂ – riboflavin, C – kyselina askorbová, E – α - tokoferol. (SKLÁDAL ET AL., 1967).

3.2 Kvalita sladovnického ječmene

Parametry na kvalitu sladovnického ječmene jsou upravovány výkupci a především se odvíjí od normy ČSN 46 1100-5. Nejdůležitějším kritériem je klíčivost – bez ní nelze vyrobit slad. USJ - neboli ukazatelé sladovnické kvality hodnotí jednotlivé odrůdy ječmene (ČERNÝ ET AL., 2007). Na klíčivost i vzházivost zrna ječmene může mít vliv i jeho přeskladnění (HONSOVÁ, 2014). Kvalita jednotlivých znaků sladovnického ječmene je výsledkem interakce mezi prostředím a genotypem rostliny. Tyto znaky jsou hodnoceny svoji stupnicí od 1-9. Jestliže sladovnický ječmen dosáhne 4-9 bodů ukazatele sladovnické jakosti, řadí se mezi sladovnické odrůdy. Jestliže má méně než 4 ukazatele sladovnické jakosti, jedná se o nesladovnickou odrůdu. Podle ukazatelů sladovnické kvality, členíme odrůdy do jednotlivých skupin – výběrové odrůdy, standardní odrůdy, nestandardní odrůdy a odrůdy vhodné pro české pivo (ČERNÝ ET AL., 2007).

U kvality ječmene rozlišujeme subjektivní, objektivní, fyziologické a chemické znaky kvality. Mezi subjektivní znaky řadíme barvu, tvar, podíl a jemnost pluch, velikost zrna i jeho vůni, vady a mechanická poškození. Do objektivních znaků řadíme podíl předního zrna, objemovou hmotnost, hmotnost tisíce zrn. Klíčivost, klíčivá energie a citlivost na vodu patří do znaků fyziologických a do chemických řadíme obsah dusíkatých látek a škrobu (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Tab. 3: Hodnoty jakostních ukazatelů sladovnického ječmene (ČSN 46 1100-5) (ČERNÝ ET AL., 2007)

Jakostní ukazatele	Základní jakost (%)	Závazná jakost (%)
Vlhkost	15	nejvýše 16
Přepad zrna nad sítím 2,5 x 2,2 mm	90	nejméně 70
Zrna poškozená	2	nejvýše 5
Zrna se zahnědlými špičkami	2	nejvýše 6
Zrna prorostlá	0	nejvýše 5
Celkový odpad, z toho:	3	nejvýše 7
neodstranitelná příměs	-	nejvýše 1
zelená zrna	-	nejvýše 1
Klíčivost	98	nejméně 92
Obsah N – látek (N x 6,2)	11	nejvýše 12,5
Barva zrna	světle žlutá	žlutá, i méně vyrovnaná
Plucha	jemně vrásčitá	i méně jemně vrásčitá

3.2.1 Barva, tvar, vůně, lesk a velikost zrna

Barva pluchy by měla být jasná, slámově žlutá po celé ploše zrna stejnoměrná. Tento znak lze považovat za odrůdovou vlastnost, ale správná barva značí i zdravý a velmi dobře ošetřovaný porost. Je to hlavní sensorický znak. Charakterizuje klimatické podmínky v průběhu dozrávání, správně provedenou sklizeň a také ukazuje na podmínky skladování (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Doplňujícím pohledem na kvalitu ječmene je vůně a lesk zrna. Přirozený lesk a vůně po slámě je znak zdravého ječmene. Pokud jsou zrna sklizená s vyšší vlhkostí, nemají lesk a jestliže nejsou dále správně ošetřena, mají i nepříznivou vůni, např. po houbách, tlejícím listí apod. (POLÁK ET AL., 1993).

Velikost a tvar zrna jsou do určité míry charakteristikou odrůdy, ale také vedlejším znakem podmínek prostředí. Sladovnický ječmen by měl mít středně velké a jednotné zrno, zdravou vůni zrna bez cizích pachů, které jsou zpravidla ukazatelem špatné jakosti. Velký důraz se klade na jednotnou velikost zrn, a to z důvodu mechanizace a automatizace ve sladařském průmyslu. Dále by měla být co nejlepší moučnatost zrna a kyprost, i když tato vlastnost je závislá na mnoha dalších faktorech agrotechnických, tak i klimatických podmínkách (BADALÍKOVÁ, 1997).

Kvalitu ječmene charakterizuje i to, jak je plucha jemná. Jestliže je plucha ječmene hrubá a nemá charakteristické příčné vrásnění, jedná se o zrno méně kvalitních ječmenů s vyšším obsahem bílkovin. (POLÁK ET AL., 1993).

Důležité je i posouzení zrna nejen z mechanického hlediska, ale i z chemického hlediska, neboť oba znaky poskytují reálné hodnoty a přesně vymezují jakost na základě konkrétních výsledků (SKLÁDAL ET AL., 1967).

3.2.2 Vlhkost zrna ječmene

Nejdůležitějším faktorem pro průběh biochemických a fyziologických procesů je vlhkost zrna. Optimální hodnota vlhkosti zrna je 14%. Vyšší vlhkost – nad 15% způsobuje zvýšení aktivity procesů, což je nežádoucí. Nižší vlhkost zrna – pod 13% zase způsobuje zánik vitality obilovin (ČERVENKA ET AL., 2004). Vlhkost zrna je nutné sledovat již při zahájení sklizně. Podle toho se potom rozhoduje o posklizňové úpravě a následné manipulaci se zrnem (POLÁK ET AL., 1993).

3.2.3 Klíčivost

Nezbytnou podmínkou pro osivo i jeho skladování je rychlá a vyrovnaná klíčivost. Klíčivost je vyjádřena v procentech a značí, jaké množství zrn je schopné při množství 0,04 ml vody na jedno zrno za daný čas (120 hodin) vyklíčit. Dále určujeme energii klíčivosti, kterou udává procentický podíl zrn vyklíčených za 72 hodin. Tyto hodnoty jsou závislé na stupni zralosti zrna při sklizni, posklizňovém klidu semen i způsobu uskladnění zrna (LEKEŠ ET AL., 1985). Zrna, která mají nízkou klíčivost, nejen že negativně ovlivňují sladovnický proces, z technologického hlediska jsou nezpracovatelná, ale mohou být i materiálem pro rozvoj a šíření plísní (KOSAŘ ET AL., 1997).

3.2.4 Obsah škrobu a dusíkatých látek

U ječmene by se měl obsah škrobu pohybovat kolem 63-64% v sušině. Pokud je v zrně malé procento škrobu, nelze ho žádnou technologií zvýšit (KOSAŘ, 1997). Obsah škrobu v zrně ječmene je dán nejen obsahem bílkovin, ale i stavem porostů a délkou slunečního záření v poslední fázi vegetace ječmene (KOSAŘ ET AL., 2000).

Obsah škrobu v ječmeni se určuje Ewersovou metodou. Tato metoda spočívá v tom, že se nerozpustný škrob zrna ječmene převede slabou kyselinou chlorovodíkovou v rozpustný škrob. Tento škrob je již opticky aktivní a množství se dá určit polarimetricky (PELIKÁN, 1993).

3.2.5 Mechanická poškození

Mechanická poškození a vady patří mezi důležitý jakostní parametr, protože zrna ječmene, která jsou poškozená, např. zrna s chybějící pluchou, viditelnými poškozeními na povrchu, mechanicky deformovaná, s vyřazeným nebo poškozeným klíčkem nebo vyšším stupněm mechanického poškození přijímají při máčení více vody, během klíčení střečí a přemáčejí se. Toto vede k plesnivění klíčícího ječmene, neboť tímto vytváří vhodné prostředí pro mikroorganismy. Rozdělení jednotlivých poškození a vad je určeno v normě ČSN 46

1100-5. Tato norma rozděluje zrna sladovnického ječmene na „zrnové příměsi částečně sladařsky využitelné“ a „zrnové příměsi sladařsky nevyužitelné“ (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Zrna, které i přes vady a mechanické poškození jsou schopné klíčit (zahnědlé špičky, zrna bez pluch) se řadí do kategorie „zrnové příměsi částečně sladařsky využitelné“. Avšak tyto zrna kazí vzhled vyrobenému sladu a negativně ovlivňuje jak hygienickou nezávadnost, tak i homogenitu vyrobeného sladu (PSOTA, 2006).

Zrna, která jsou znehodnocena pro sladovnické účely – zrna s vyraženým klíčkem, či mechanicky deformovaná se řadí do kategorie „zrnové příměsi sladařsky nevyužitelné“. Tyto zrna s největší pravděpodobností nikdy nevyklíčí. V případě, že i přes poškození vyklíčí, tak to bude netypické, a toto negativně ovlivní kvalitu sladu i finálního výrobku (PSOTA, 2006).

3.2.6 Podíl předního zrna, objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn

Charakteristika plnosti a vyrovnanosti zrn je dána podílem předního zrna nad sítím 2,5 mm. Pokud jsou zrna vyrovnaná, tak v průběhu sladování přijímají vodu stejnoměrně, klíčí rovnoměrně a dosahují tak i žádaný stupeň rozluštění. Pokud je podíl předního zrna nad sítím vysoký, znamená to, že je dobrý ročník, byla dlouhá vegetační doba a byly příznivé podmínky při dozrávání (POLÁK ET AL., 1993).

Hmotnost jednoho hektolitru zrna v kg je rovna objemové hmotnosti. Závisí na tvaru, velikosti a hmotnosti zrna. Pokud má zrna vysoký obsah škrobu, má i vyšší objemovou hmotnost. Taková zrna ječmene jsou vhodná ke sladování (PSOTA, VEJRAŽKA, 2006). Na tvaru a hustotě zrna je závislá hmotnost tisíce zrn (HTZ). Sladovnický ječmen by měl mít hodnotu HTZ kolem 40 g (KOSAŘ ET AL., 1997).

3.3 Výnosotvorné prvky

Výnos jarního ječmene je odvislý od spousty činitelů, které na sebe vzájemně působí. Velký vliv na výnos má odrůda, ale i působení okolního prostředí, tj. půdních organismů, klimatu v období růstu ječmene a v neposlední řadě i agrotechnické ošetření porostu (SKLÁDAL ET AL., 1967).

Mezi výnosotvorné prvky řadíme počet rostlin na 1 m², počet zrn v klasu a hmotnost tisíce zrn. Je důležité využít výnosový potenciál ječmene naplno správným ošetřením porostu i agrotechnikou. Naší snahou je tedy dosáhnout optimálního počtu produktivních stébel i vysoké produktivity klasu (ZIMOLKA ET AL., 2006).

3.4 Růst a vývoj ječmene

Ječmen jarní určený pro výrobu sladu má omezené oblasti pěstování, i když v současnosti se v důsledku oteplování a v souvislosti s dostatkem vláhy posunuje i do marginálních oblastí. K nejvhodnějším oblastem řadíme Polabskou nížinu, nižší polohu Středočeské pahorkatiny, střední Moravu a jádro úrodné Hané. Vzhledem k tomu, že má jemný a mělký kořenový systém s intenzivní potřebou přijímat živiny a vodu, vyžaduje půdy v optimálním stavu tj. v tzv. staré půdní síle (BENADA, 2001).

Faktor, který nejvíce ovlivňuje pěstování ječmene jarního, je půdní kyselost. Tato je různá podle toho, v jaké výrobní oblasti ječmen jarní pěstujeme. V řepařské oblasti by půdní kyselost měla být v rozmezí 6,2 – 7,2 pH, v bramborářské oblasti 5,8 – 6,2 pH. Kyselé půdní prostředí se negativně projevuje na růstu ječmene i na jeho sladovnické kvalitě, potlačuje tvorbu kořenového systému a snižuje účinnost přijatých živin.

Půda by měla mít dobré zásoby makroprvků a vykazovat následující agrochemické vlastnosti (tab. 2):

Tab. 2: Obsah makroprvků v půdě (BENADA, 2001)

Makroprvek	mg.kg⁻¹ půdy
Fosfor	80 – 100
Draslík	201 – 261
Hořčík	160 - 230

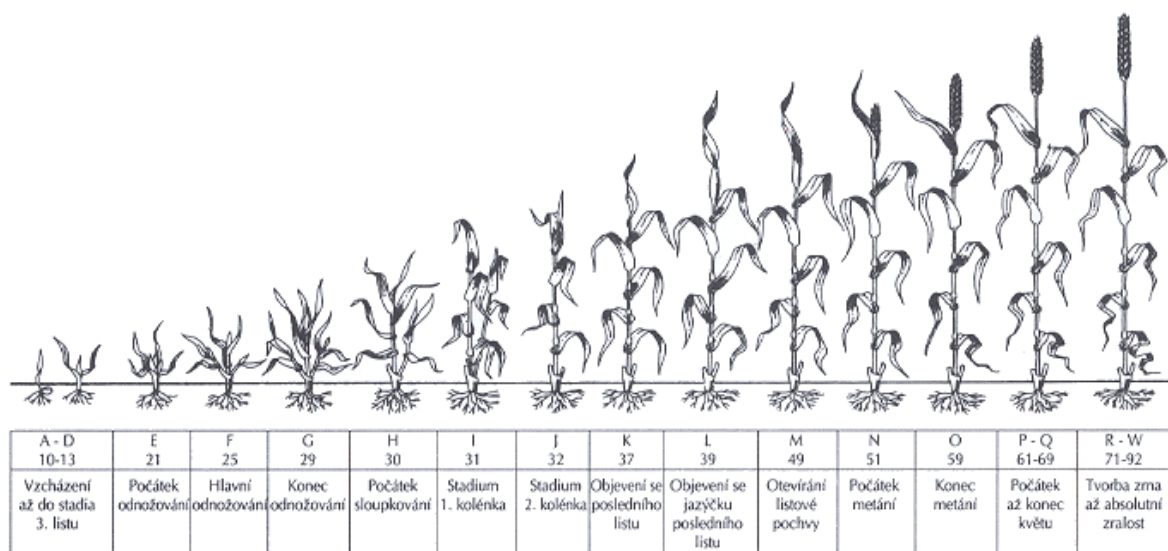
Na pozemcích s velkým utužením ornice a nevyrovnaným vláhovým režimem, vysokým zaplevelením a častým výskytem mlhy a rosy není vhodné sladovnický ječmen pěstovat (BENADA, 2001).

Jeden z charakteristických projevů živých organismů je jejich růst. Je to nevratné přibývání hmoty spojené s aktivitou živé protoplazmy. Pokud je organismus mnohobuněčný, neroste jen hmota a objem, ale i počet buněk, množství protoplazmy a komplexnost orgánů rostlinného těla. Vývoj je časový sled růstových změn živých organismů (PROCHÁZKA ET AL., 1998).

Růst a vývoj (ontogeneze) zahrnují období od nabobtnání a vyklíčení do vytvoření nové obilky. Při růstu přibývá obsah organické hmoty, vznik rostlinných orgánů a jejich prostorové uspořádání. Zároveň probíhají i kvalitativní změny, které vedou k přechodu z vegetativního do generativního období rostlin (obr. 2). Tyto změny zakončuje tvorba reprodukčních orgánů (zrna).

V ontogenezi obilnin rozlišujeme:

- vegetativní období (klíčení, vzcházení, odnožování),
- generativní období (sloupkování, metání, tvorba zrna, zrání) (ZIMOLKA ET AL., 2006).



Obr. 2: Fáze růstu (PŘÍKOPA, 2005)

3.4.1 Klíčení a vzcházení

Aby mohlo semeno začít plně klíčit, musí projít tzv. obdobím posklizňového dozrávání, které je různě dlouhé u jednotlivých odrůd. Pro včasné klíčení musí být dostatečná zásoba půdní vláhy. Při klíčení se nerozpustné látky v endospermu působením enzymů mění na látky rozpustné, které jsou prostřednictvím štítka přijímány zárodkem. K tomuto procesu je potřebné dostatečné množství vody, kyslíku a tepla. Doba nabobtnání je závislá na více okolnostech – odrůdě, síle obalů zrna, velikosti endospermu a také na prostředí. Pokud jsou podmínky příznivé a vyrovnané, nabobtná zrno již za 24 hodin. V opačném případě je to mnohem později. To má pak další následky – vzcházení zrna i následné odnožování je nevyrovnané, což se negativně projeví na kvalitě a výnosu zrna (SKLÁDAL ET AL., 1967).

Minimální teplota pro klíčení ječmene je 1 – 2°C. Když semeno nasaje dostatečnou vlhkost, vyklíčí kořen ječmene. Kořen absorbuje vodu a živiny, jeho růst je směrem do země, kdy tímto způsobem ukotvuje rostlinu. Někdy se mohou vyvinout i vedlejší kořeny. První list hlavního stébla se ukáže ihned po vyklíčení kořene (PŘÍKOPA, 2005).

3.4.2 Odnožování

Jakmile se vyvine první list, k rozvíjení dalších dochází velmi rychle. V momentě, kdy má rostlina třetí list, začíná odnožovat (SKLÁDAL ET AL., 1967).

Když jsou vyhovující podmínky je více odnoží. Ve vhodných podmínkách trvá odnožování u ječmene jarního asi 2 týdny v závislosti na pěstované odrůdě a klimatických podmínkách. Pokud byl proveden výsev moc hluboko, má to vliv na množství odnoží. Některé odnože zakořeňují a tím vytvářejí uzlový kořenový systém. Odnože, které se vytvořily nejdříve, asi po 4 týdnech od vzcházení odumírají. Toto závisí na pěstované odrůdě a na aktuálních půdních podmínkách (ZIMOLKA ET AL., 2006).

3.4.3 Sloupkování

Tato fáze je období intenzivního růstu. Při sloupkování se od sebe oddalují stébelná kolénka, čímž se vytvářejí články, tzv. intermodia. Začátek sloupkování (5 – 10. fáze podle Feekese, DC 30 – 49) dokážeme určit hmatem, kdy se objeví první kolénko nad povrchem půdy. Toto je signál toho, že rostlina přechází do generativního období. Po nějaké době se růst článku zastaví, a začne růst dalších intermodií. Spodní články jsou nejkratší, protože v počátku je růst pomalejší. Začátek sloupkování nastává za 4 – 6 týdnů po vzejití. Její délka je kolem 30 – 40 dnů v závislosti na vegetačních faktorech. V této fázi dochází k největším přírůstkům sušiny rostlin, kdy se zvyšuje hladina růstových látek – giberelinů v rostlinách. V tomto období je důležité, aby rostlina byla zásobena všemi vegetačními faktory v optimální míře – vláha, teplota a živiny. Regulace sloupkování je možná a v praxi zcela běžná, neboť při této fázi se vytváří morfologické a anatomické předpoklady k polehání porostů (ZIMOLKA ET AL., 2006).

3.4.4 Metání a kvetení

Stav, kdy pochva posledního praporcového listu praskne a objeví se klas (květenství), nazýváme metání. V této fázi má ječmen již úplně vyvinuté generativní orgány (prašníky s pylem a semeník s bliznami). Rozhodující faktor pro průběh metání je venkovní teplota. Optimální teplota v době metání se pohybuje mezi 16 – 20° C. Pokud je velké sucho a jsou vysoké teploty – dojde k nevymetání klasu z pochvy listů.

Po dozrání pohlavních orgánů květu dochází k vlastnímu kvetení. K opylení dochází převážně vlastním pylem, takže k otevření kvítků často nedochází. K opylení cizím pylem dochází zcela výjimečně, a to většinou vlivem extrémního počasí. Lze tedy říci, že ječmen je ve fázi kvetení značně tolerantní k průběhu počasí, a to proto, že je samosprašný. Dobu trvání kvetení ovlivňuje počasí i odrůda, obvykle trvá kolem deseti dnů. Prášení pylu je citlivý především na teplotu (13 – 23°C) a relativní vlhkost vzduchu (50 – 70%). Dále je pyl velmi citlivý na vlivy počasí – a především na ztrátu vody (PŘÍKOPA, 2005).

3.4.5 Tvorba zrna a zrání

Oplození je velmi složitý proces, při kterém vzniká z vajíčka zárodek, z jádra zárodečného vaku endosperm a ze stěn semeníku obaly – oplodí a osemení. Celý průběh od opylení až po oplození trvá krátkou dobu, a to 6 až 8 hodin. Jakmile dojde k opylení, kvítky se uzavřou a blizny zaschnou. Semeník se potom začne prodlužovat a tvoří se endosperm, který poté vyplní celý střed semeníku a díky tlaku přitiskne zárodek k boční stěně tvořící se obilky. Charakteristický tvar získá zrno po 12 – 15 dnech od oplodnění. Toto období se vyznačuje intenzivním přesunem asimilátu a živin převážně z horní části rostlin na tvorbu zrna (ZIMOLKA ET AL., 2006).

V tvořícím se zrně probíhají biochemické procesy, které jsou složité a je jich velmi mnoho. Tyto procesy zajišťují, že z jednoduchých látek, které jsou rozpustné ve vodě, se stávají složité látky nerozpustné. Tento proces je způsoben činností enzymů. Enzymatická činnost s rostoucím zrnem a jeho zráním roste, na konci procesu ale klesne na malou hodnotu. Při tvorbě zrna u vzniku pletiv a buněk se do zrna transportují minerální látky, především dusík, ale později převládají látky bezdusíkaté. Z těchto bezdusíkatých látek se v buňkách endospermu vytváří škrob, který postupně celý endosperm zaplňuje. V aleuronové vrstvě se ukládají především dusíkaté látky, které zde mění svoji skladbu. Pak zrno zraje. V tomto období velmi záleží na dostatku světla, tepla a vláhy. Pokud je velké sucho, ohrožuje to nejen výnos, ale i kvalitu zrna (PROCHÁZKA ET AL., 1998).

Zrno ječmene má několik fází zralosti. Tehdy, kdy je ještě zrno zelené stejně jako části klásků, je zrno v mléčné zralosti. V endospermu jsou buňky pořád živé, s velkým obsahem vody a protoplazmy, ve které jsou škrobová zrna. Zrno je měkké, a díky obsahu zrna mlékovité až kašovitě. Ve žluté zralosti – neboli fázi zrání, je proces tvorby škrobu u konce. Činnost buněk endospermu je ukončena. Ve voskové (žluté) zralosti je ukončen přívod živin do klasu a zrna. V poslední fázi zralosti prudce klesne obsah vody v zrně a nastává plná zralost zrna – zrno je tvrdé a rostlina zcela zaschlá. Zrno je světle žluté a lesklé. V tento moment je ideální provést sklizeň sladovnického ječmene (SKLÁDAL ET AL., 1967).

3.5 Výživa a hnojení ječmene

Vhledem k tomu, že má ječmen jarní mělký kořenový systém, řadí se mezi plodiny s velkými nároky na přístupné živiny (BENADA, 2001). Je velmi citlivou obilninou na přesné hnojení. Jakákoliv chyba ve výživě jarního ječmene se projeví jak na výnosu, tak i v jakosti zrna (KOPECKÝ, 1969).

Ječmen jarní potřebuje na 1 tunu zrna a na odpovídající množství slámy 20 – 24 kg dusíku, 3,5 – 6,5 kg fosforu, 16,6 – 21 kg draslíku, 5,7 – 8,5 kg vápníku, 1,2 – 2,4 kg hořčíku a 4 – 4,2 kg síry (HŘIVNA ET AL., 2005).

Během růstu a vývoje přijímá ječmen jarní poměrně velké množství živin. Vyžaduje hlavně vysoký příjem dusíku, draslíku a fosforu. Vedle toho má velkou spotřebu vápníku. Spotřeba živin je závislá na intenzitě růstu orgánů a také na tom, v jakém množství se přístupné živiny nachází v půdě. Ve fázi vegetativního růstu je odběr živin velký, protože v tomto období narůstá sušina. Ve fázi generativního růstu je příjem živin o dost nižší (PŘÍKOPA, 2005).

Dostatek živin v 1. období vegetace ječmene je velmi důležitý. Pokud necháme ječmen „hladovět“ v prvních 15-ti dnech růstu, způsobíme si velké škody, které následným doplněním živin již nezachráníme (KOPECKÝ, 1969).

Abychom dosáhli vysokého výnosu, musí mít ječmen dostatek dusíku. To však neznamená, že můžeme dusíkem nahradit ostatní živiny, neboť jen ucelený pěstitelský systém nám umožní vysokého výnosu dosáhnout (BENADA, 2001). Využití dusíku závisí na genotypu a ročníku rostliny a dále pak na jeho hladině v půdě (ZIMOLKA ET AL., 2006). Dusík je nejdůležitější živina ve výživě jarního ječmene. Pro přímé hnojení dusíkem je potřeba znát půdní podmínky, nároky pěstovaných rostlin a především mít dostatek zkušeností. Při špatném použití dusíku, hlavně u předplodin, dochází poté k polehání porostů, což způsobuje snížení výnosu a zhoršení kvality zrna. Pro jarní ječmen je hlavním zdrojem dusíku jeho zásoba a množství v půdním humusu, ve statkových hnojivech a dusík, který váží půdní mikroorganismy (SKLÁDAL ET AL., 1967).

Dusíkaté látky jsou u sladovnického typu ječmene shromážděny v pletivech v období vegetativního růstu (odnožování a sloupkování), u krmného typu ječmene se dusíkaté látky hromadí v nadzemní části sušiny hlavně v období kvetení a mléčné zralosti. Na konci odnožování se zvyšuje příjem fosforu, který trvá až do doby kvetení, kdy je ukončen.

Fosfor má ve výživě ječmene jarního zvláštní postavení. Při jeho nedostatku v počáteční fázi růstu dochází k vytvoření nevhodného poměru mezi fosforem a dusíkem v nadzemní části rostlin a rostlina nemůže přijatý dusík naplno využít. V našich půdách není dostatek fosforu v přijatelné formě pro ječmen jarní. Proto jsou hlavním zdrojem průmyslová hnojiva (RICHTER ET AL., 1999). V období, kdy je rychlý počáteční růst nadzemních částí a kořenového systému, má ječmen zvýšený nárok na příjem fosforu, který má vliv na intenzivní dýchání. Uvolňující se energie, která vzniká při fyziologických procesech, pozitivně ovlivňuje tvorbu prvních vegetativních orgánů. Ve fázi odnožování vyžaduje jarní ječmen o dost více dusíku než fosforu (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Draslík by se měl pohybovat na počátku sloupkování kolem 3,0 – 5,5%. Příjem draslíku a dusíku je po celou dobu vegetace plynulý a dosahuje až 75% z celkového množství ve fázi kvetení, přičemž zbytek je přijímán, až když se tvoří zrno (PŘÍKOPA, 2005). Draslík má v těle rostliny velký vliv na fotosyntézu a hospodaření s vodou. Podporuje složité pochody, které jsou součástí růstu nadzemních i kořenových částí rostlin. Když je nedostatek slunečního záření, vyrovnává draslík nedostatek světla. Draslík by měl být ve vyrovnaném poměru k fosforu a dusíku. Nejvíce draslíku se do půdy dostává organickým hnojivem, které jsou součástí chlévského hnoje, kompostu i močůvky. Sloučeniny draslíku nezůstávají v půdním roztoku, ale jsou poutány na sorpční komplex (RICHTER ET AL., 1999).

Během svého celého vývoje přijímá rostlina i vápník. Vápník se nachází více ve slámě než v zrně, proto se jeho podstatná část odebraná rostlinou vrací zpět do půdy. Koncentrace vápníku by se měla pohybovat kolem 0,15 až 0,30 % ve fázi sloupkování a 0,12 – 0,30% ve fázi před metáním v sušině.

K významné esenciální živině, která je nepostradatelná pro růst a metabolismus rostlin, patří síra. Její nedostatek vede ke snížení výnosu i samotné kvality ječmene. Pro tvorbu sirných aminokyselin a bílkovin je síra nezbytná. Tato je součástí velmi mnoha aminokyselin

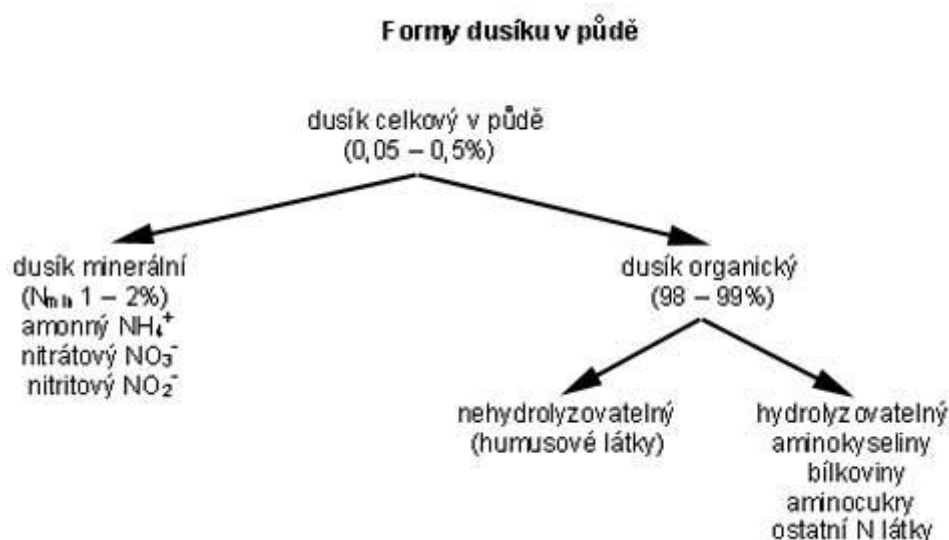
a enzymů, hormonů, vitamínů i bílkovin (KOSAŘ ET AL, 2000). Odběr síry se u obilovin pohybuje v rozmezí 12 – 15 kg S.ha⁻¹ (PŘÍKOPA, 2005).

3.5.1 Dusík

Dusík je součástí bílkovin, chlorofylu, enzymů, nukleových kyselin a aminokyselin. Ovlivňuje řadu faktorů, jako je dynamika tvorby sušiny, kvalita ječmene a podpora růstu biomasy. Díky tomuto se řadí mezi nejvýznamnější živiny. Rostliny přijímají dusík v různých formách, a to především ve formě amonného iontu (NH₄⁺) a nitrátového iontu (NO₃⁻) (PROCHÁZKA, 2005).

Organický a minerální dusík v půdě představuje celkový obsah dusíku. Humusové látky, živočišné zbytky, rostlinné zbytky a biomasa tvoří organický dusík v půdě, který je zastoupen z 95-99%. Tento se dále rozděluje na hydrolyzovatelný a nehydrolyzovatelný a to podle toho, jak podléhá mineralizaci. Větší část tvoří dusík velmi těžko rozložitelný. Je tvořen humusovými látkami s velmi složitými vazbami. Lehce rozložitelný dusík je tvořen aminy, nukleovými kyselinami a aminocukry. Je významným prekurzorem minerálního dusíku (IVANIČ ET AL., 1984).

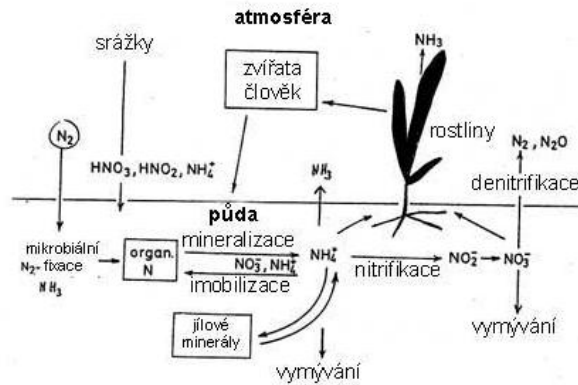
Rostliny nejsou schopné přijmout organický dusík v jeho původní formě. Musí nejprve dojít k jeho mineralizaci. Proces mineralizace je ovlivněn řadou povětrnostních i půdních podmínek – vlhkostí, teplotou, obsahem organických látek, provzdušněním a pH. V půdě tvoří minerální dusík 1 – 2% z celkového dusíku a je tvořen amonným dusíkem (NH₄⁺) a nitrátovým dusíkem (NO₃⁻). Před příjmem rostlinou však musí ještě dojít k jeho redukci, která probíhá v kořenech rostlin. Tento příjem rostlinou je bez koncentračního spádu, tzn. aktivním příjmem (POKORNÝ ET AL., 1999).



Obr. 3: Formy dusíku v půdě (IVANIČ ET AL., 1984)

3.5.2 Koloběh dusíku

Největší význam pro koloběh dusíku v přírodě má dusík, který se do půdy dostane fixací mikroorganismů nebo hnojivy, část se ho dostává do půdy např. při bouřkách. Dalším zdrojem dusíku jsou organické zbytky (VANĚK ET AL., 2007). Fixace dusíku může probíhat i pomocí slunečního záření. V této situaci je plynný dusík zredukován na amoniak - NH_4^+ , který je zabudován do organické hmoty. Až po jejím odumření je z ní uvolněn dusík ve formě amoniaku. Tento může být využitý pro výživu rostlin, zůstat vázán v půdě, vypařit se do atmosféry (volatilizace) nebo může podlehnout nitrifikaci. Takto vzniklý nitrátový dusík může posloužit jako živina nebo může být znovu zredukován na amoniak či být vyplaven z půdy (obr. 4). Pokud je však dusík denitrifikací převeden na molekulární dusík, vrátí se do atmosféry a uzavře celý cyklus (ŠIMEK, 2003).



Obr. 4: Koloběh dusíku v přírodě (RICHTER, 2007)

3.5.3 Nadbytek a nedostatek dusíku

Nadbytek dusíku se projevuje nadměrnou tvorbou biomasy. Listy rostlin jsou velké a mají tmavě zelenou barvu. Stébla rostlin jsou prodloužená a porosty jsou velmi husté, pevnost stébel je snížena a porost má náchylnost k polehání. Dochází častěji i k napadení houbovými chorobami. Také je zredukován počet klasů a zrn v klasu. Je zhoršená i sladovnická kvalita ječmene, protože zrna obsahuje méně tuků, sacharidů a má více bílkovin (VANĚK, 2007).

Pokud ječmen trpí nedostatkem dusíku, dochází k omezení intenzity dělení buněk rostlinných pletiv, což způsobuje zpomalený růst a omezení tvorby všech základních orgánů rostlin (listů, stébel i kořenů). Porosty jsou světlé a často nevyrovnané, rostliny jsou slabší a nižší (obr. 5). Dochází i k úbytku chlorofylu, kdy se tento problém projevuje změnou barvy – ze světle zelené na žlutou, nebo i oranžovou – hnědou. Obsah chlorofylu se snižuje nejprve u starších listů a poté se rozšiřuje i na mladé listy (ZIMOLKA ET AL., 2006).



Obr. 5: Deficit dusíku u porostu ječmene (PŘÍKOPA, 2005)

3.5.4 Vliv dusíku na výnos zrna ječmene

Dusík je využíván k tvorbě výnosu i jakosti zrna, čímž se řadí mezi nejvýznamnější prvky ve výživě i při hnojení ječmene. Abychom správně stanovili dávku dusíku, musíme znát jeho obsah v půdě před setím a také musíme znát obsah organického dusíku po předplodinách. V průběhu vegetace můžeme ječmen dohnojit, ale musíme dát pozor na jeho přehnojení (ZIMOLKA ET AL., 2006).

Při hnojení dusíkem musíme zohlednit vliv předplodiny. Okopaniny zanechávají v půdě podstatně větší množství dusíku, který může být ječmenem následně využit. Např. je-li předplodinou cukrovka, musíme počítat i s tím, kdy a v jakém stavu byl chrást zaorán (RICHTER, BEZDĚK, 1999).

Přitom pro dosažení kvalitní produkce, je důležité zajistit optimální zásobu dusíku nejen na počátku vegetace, ale i v jejím průběhu (HŘIVNA, 2006).

Jestliže je množství přístupného dusíku v průběhu růstových fází vyrovnané, může v některých případech docházet ke zvyšování nebo naopak ke snižování obsahu dusíkatých látek v znu. Ve fázi odnožování je důležité, aby byl dusík v optimálním množství přístupný

rostlině. Dochází k navyšování počtu stébel a výnosu, ale také dochází ke zřed'ovacímu efektu, což znamená, že klesá obsah dusíkatých látek v zrna (KLEM ET AL., 2010).

Rostlina přijímá nejvíce dusíku v období na konci odnožování a v době sloupkování. Pokud je v této chvíli nedostatek dusíku v půdě, zcela jistě dojde k problémům. Sníží se tvorba sušiny a nevytvoří se dostatečný listový aparát. Ze stébel a listů jsou přitom translokovány rezervy dusíku pro tvorbu zrna. Je tedy důležité, aby byl zajištěn rozvoj asimilačních orgánů pro druhou polovinu vegetace, a tedy pro zajištění toku asimilátů do klasů. Tímto přispějeme k zajištění výnosu zrna i jeho kvality (HŘIVNA, 2011).

3.5.5 Síra

Síru řadíme k významným esenciálním živinám a je nezbytná pro růst a vývoj rostlin. Kvůli snižování atmosférického vstupu síry do půdy (DAEMMEGEN, 1997) a snižování hnojiv obsahující síru, se začíná projevovat její deficit v půdě (CECOTTI ET AL., 1997). Síra se v přírodě nachází v různých formách – oxidovaná, redukováná nebo v čistém stavu. Je obsažena v půdě, v živých organismech, v atmosféře, ale nejvíce je koncentrována v litosféře a hydrosféře (TLUSTOŠ ET AL., 2011).

Její nedostatek způsobuje snížení kvality ječmene i jeho výnosu. Musíme tedy dbát na to, abychom jejímu deficitu předešli správným hnojením. Nejčastěji se hnojení sírou provádí ve spojení s dusíkatými hnojivy. Pro dosažení optimálního výnosu 5 - 7 t.ha⁻¹ odebere ječmen z půdy kolem 20 -40 kg S.ha⁻¹ (ERIKSEN ET AL, 1998). I přesto, že síra je pro růst rostlin potřeba ve vyšším množství než hořčík nebo fosfor, nebyla jí v minulosti věnována dostatečná pozornost. To potvrzuje i zvýšené používání dusíkatých hnojiv, zatímco hnojení sírou zůstávalo dlouho stejné nebo dokonce klesalo (DAEMMEGEN, 1997). Až v současnosti se začíná tento stav zlepšovat.

Síra je nezbytná pro syntézu aminokyselin methioninu a cysteinu, kdy napomáhá k vytváření terciární struktury bílkovin a jejich stabilizaci. Je součástí i mnoha hormonů, vitamínů, biologicky aktivních látek včetně enzymů a také strukturních složek buněk (ŠIMEK, 2003). Výskyt síry v půdě se pohybuje v rozmezí 0,01 – 2%. Dané množství se

odvíjí od druhu horniny, obsahu humusu a jiných faktorů. Vyskytuje se ve dvou formách – organické a anorganické formě (FECENKO, LOŽEK, 2000).

Organická síra je známa v různých podobách sloučenin – bílkovin, sirných aminokyselin, polypeptidy, sulfolipidů, cholinsulfátů, sulfátových polypeptidů, sulfonových kyselin a představuje 40 – 90% celkového obsahu síry v půdě. Organickou síru dále dělíme podle její reakce s organickými činidly na sirné sloučeniny redukované kyselinou jodovodíkovou (sulfonové estery C-O-S) a na sirné sloučeniny neredukované kyselinou jodovodíkovou (síra vázaná na uhlík a v sirných aminokyselinách) (KERTESZ, MERLEAU, 2004).

Z celkového množství síry v půdě představuje anorganická síra 10 – 60%. Anorganická síra je v půdě zastoupena v podobě sulfidů, elementární sírou, siřičitany, thiosírany, sirovodíkem a sírany. Ječmen je schopný přijmout sírany ve formě vodorozpustné soli v půdním roztoku nebo ve formě půdních koloidů (RYANT, 2002).

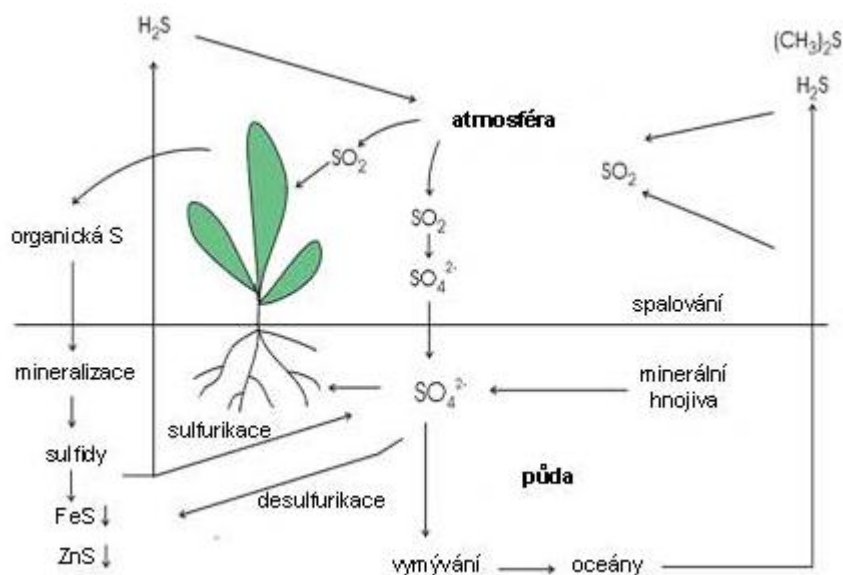
3.5.6 Koloběh síry

Půda a rostliny se obohacují o síru z různých zdrojů. Kromě organické a anorganické síry jsou zdrojem síry statková nebo minerální hnojiva (VANĚK, 2007). Velkou roli zde hraje i průmyslová výroba, kdy se spalováním fosilních paliv dostává síra do atmosféry v podobě oxidů. Tyto oxidy se pak srážkami, tzv. mokrým spadem, dostanou do půdy (FECENKO, LOŽEK, 2000).

Aktivita mikroorganismů v závislosti na kvalitě organické hmoty ovlivňuje přeměny organické síry, které se rozdělují do čtyř základních fází: oxidace, redukce, mineralizace organických sloučenin síry a zabudování síry do organických sloučenin (FECENKO, LOŽEK, 2000).

K velkým ztrátám síry dochází tím, že sírany jsou vyplaveny z půdy. Tento proces je závislý na řadě faktorů, zejména na druhu půdy, její vododržnosti, klimatických a povětrnostních podmínkách a také na způsobu hospodaření v dané lokalitě (obr. 6). Kořeny rostlin přijímají sírany z půdního roztoku, což je další faktor, při kterém se síra ztrácí z půdy (ŠIMEK, 2003). Z půdního roztoku je přijímána ve formě aniontu SO_4^{2-} , kdy nejvíce

intenzivní je tento příjem při kyselé půdní reakci (RICHTER ET AL., 1997). Rostlina může síru přijímat i ve formě sirovodíku z ovzduší nebo ve formě oxidu siřičitého (DE KOK ET AL., 2002),



Obr. 6: Koloběh síry v přírodě (RICHTER, 2007)

3.5.7 Nadbytek a nedostatek síry

Nadbytek síry v České republice a jeho vliv na poškození rostlin nebyl v současnosti pozorován. Na vyšší koncentraci síry se však musíme dívat z více hledisek. Na rostliny vysoká koncentrace síranů v půdě nepůsobí negativně, vyšší obsah snášejí rostliny dobře. Nadbytky mohou ukládat ve svých pletivech, aniž by je to jakýmkoliv způsobem poškodilo. Aby sírany na rostlinu působily depresivně, musela by jejich koncentrace v půdě být nad 4000 mg.l^{-1} půdního roztoku (VANĚK, 2007). Spíše jsou známé otravy oxidem siřičitým z ovzduší, kdy jejich vysoká koncentrace způsobuje rozklad chloroplastů a vede až k úhynu rostliny (RICHTER ET AL., 1999).

Nedostatek síry ve výživě rostlin se projevuje podobně jako nedostatek dusíku. Listy mění barvu od zelené až na bledě žlutou. Nedostatek síry se projevuje opačně než u dusíku a nejdříve to jde vidět na nejmladších listech. V případě, že je deficit velmi vysoký, může

zežloutnout celá rostlina. Celkově je rostlina slabší, má menší listy, krátké stébla, málo klasů a je malý výnos zrna ječmene (ZIMOLKA ET AL., 2006).

V případě nedostatku síry se v rostlině zvýší obsah rozpustného dusíku a dusičnanů a dochází k utlumení metabolických procesů. Nedostatek síry je většinou na lehkých písčítých půdách, kde je velký úhrn srážek. Tímto jsou síranové ionty z půdy vymývány. Nedostatek síry nelze napravit v průběhu růstu vegetace hnojením. Pokud se tedy nedostatek síry projeví již vizuálním symptomem, nastaly v rostlinách nevratné změny (ZELENÝ, ZELENÁ, 1996).

3.5.8 Vliv síry na výnos zrna ječmene

Síra, stejně jako dusík, patří mezi důležité prvky ve výživě ječmene, protože ovlivňuje jeho kvalitu. Aplikace síry v její optimální dávce ($20 - 40 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$) působí pozitivně na výnos zrna ječmene a na kvalitu bílkovin (HŘIVNA ET AL., 2010). Síra podporuje zlepšení kvality výnosů hlavně tam, kde je možné použití různých forem hnojiv. Zlepšení kvality sklizně je způsobeno podporou síranů ukládání cukru a škrobu (FLOHROVÁ, 1996).

Pokud budeme sírou přihnojovat i v pozdější fázi růstu ječmene, přispějeme tím ke snížení obsahu dusíku. Při deficitu síry dochází k velkému navýšení obsahu dusíkatých látek v obilce. Významně je ovlivněna i kvalita bílkovin. Síra je nepostradatelná při tvorbě sirných aminokyselin. Nedostatek této živiny snižuje obsah methioninu a cysteinu, které ovlivňují sensoricky aktivní látky v pivu (HŘIVNA ET AL., 2011).

Síra nemá vliv jenom na kvalitu zrna ječmene, ale i na kvalitu sladu. Vzhledem k tomu, že je součástí mnoha těkavých látek a sirných aminokyselin, jsou při nadměrné koncentraci síry negativně ovlivněny sensorické vlastnosti piva. Z prekurzorů, jako je S-methylmethionin (SMM) a dimethylsulfoxid (DMSO), vznikají v průběhu hvozdní dimethylsulfidy (DMS), které negativně ovlivňují chuť piva (KOSAŘ, PROCHÁZKA, 2000).

4 MATERIÁL A METODIKA

Praktická část diplomové práce je věnována zpracování a vyhodnocení dlouholetých výsledků získaných z pokusů diferencovaného hnojení jarního ječmene dusíkem a sírou. V rámci pokusů byl sledován vliv aplikací N a S - hnojiv na výnos a kvalitu zrna jarního ječmene (*Hordeum vulgare*, L). Pokusy byly založeny proto, že problematika výživy sírou nebyla dlouhodobě řešena. Síra se zúčastňuje řady fyziologických procesů a ovlivňuje metabolismus dusíku.

4.1 Použitý materiál

4.1.1 Charakteristika použité odrůdy ječmene

U maloparcelních pokusů v letech 2005 - 2013 byla použita preferovaná odrůda sladovnického ječmene – JERSEY. Svého času patřila mezi nejrozšířenější sladovnické odrůdy u nás a byla zařazena k polopozdním sladovnickým odrůdám. Tato odrůda je odolná proti padlí travnímu, citlivá je na rez ječnou a hnědou skvrnitost. Patřila k odrůdám náchylným k polehání. Rostliny jsou středně vysoké, zrno středně velké a podíl předního zrna středně vysoký.

4.1.2 Charakteristika použitých hnojiv

V průběhu pokusu byla použita minerální vícesložková fosforečná a fosforečná hnojiva, draselná hnojiva, tuhá dusíkatá hnojiva, tuhá dusíkatá hnojiva se sírou a kapalná dusíkatá hnojiva se sírou. Přehled použitých hnojiv a jejich charakteristika je uvedena níže:

Minerální vícesložková fosforečná a fosforečná hnojiva

- Amofos (52 % P_2O_5 , 11,5 % N) - doporučeno používat při aplikaci fosforu k základnímu jarnímu hnojení s nutností dodatečného dusíkatého přihnojování plodin.
- Superfosfát (20 % P_2O_5) - univerzální fosforečné hnojivo určené k základnímu hnojení ke všem plodinám na všech půdách. Je součástí výživy rostlin fosforem formou základního

hnojení brzy na jaře a na podzim, nejlépe je využito v kombinaci s hnojem, kompostem či organickými hnojivy.

Draselná hnojiva

- Draselná sůl (60 % K_2O) - je hnojivo, které se používá jako základní hnojení k porostu. U travních porostů se hnojí na jaře nebo až po sečích. Není vhodné jeho použití k rostlinám, které jsou citlivé na chloridovou formu draslíku.

Tuhá dusíkatá hnojiva

- LAV 27 (27 % N) – ledek amonný s vápencem. Hnojivo je ve formě bílých až světle hnědých granulí. Je to směs dusičnanu amonného s vápencem, který je jemně mletý. Toto hnojivo je možné použít před setím nebo výsadbou, ale i během vegetace. Je vhodný ke všem plodinám i na všechny půdy.

Tuhá dusíkatá hnojiva se sírou

- SA (20,3 % N, 23,8 % S) – síran amonný. Snadno rozpustný ve vodě. Je považován za kyselé dusíkaté hnojivo. Z tohoto důvodu by měl být použit u plodin, které snášejí kyselé reakce.

- DASA (26 % N, 13 % S) – může být vyrobeno jako samostatný granulát nebo se jedná o směs dusičnanu amonného a síranu amonného. Granule bílé až nažloutlé barvy. Používá se k základnímu hnojení a přihnojování všech plodin.

Kapalná dusíkatá hnojiva se sírou

- DAM 390 - roztok dusičnanu amonného a močoviny, který obsahuje 30% hmotnostních dusíku. Toto kapalné hnojivo, které obsahuje ve 100 l roztoku 39 kg N. Používá se k základnímu hnojení před setím nebo výsadbou, k přihnojování během vegetace, k urychlení rozkladu zaorané slámy.

- SAM – je kapalné hnojivo síranu amonného a močoviny, čiré nebo jen slabě zakalené barvy. Má stejné vlastnosti i aplikaci jako hnojivo DAM 390. Vhodné využití na základní hnojení při předset'ové přípravě půdy ke všem plodinám, zejména k těm, které dobře reagují na hnojení sírou (brambory, obiloviny, olejniny, jeteloviny) a na urychlení rozkladu slámy, případně posklizňových zbytků před zapravením do půdy.

4.1.3 Pokusné stanoviště

Maloparcelní pokusy byly provedeny v letech 2005 - 2013 v řepařské výrobní oblasti v katastru na pozemcích zemědělského podniku Agrospol Velká Bystřice u Olomouce. Vzhledem k tomu, že společnost nemá živočišnou výrobu, tak se veškeré posklizňové zbytky zaorávají zpět do půdy. Klimatický region, kde se pozemky nachází, je mírně teplý a vlhký, půda je středně těžká a půdní typ je hnědozem.

Pozemky se nachází v nadmořské výšce 240 m. Pozemky, na kterých byly pokusy v jednotlivých letech založeny, se od sebe lišily agrochemickými vlastnostmi. Obsah živin je vyjádřen v mg.kg^{-1} a byl stanoven podle Mehlicha III, síra se stanovila ve volném výluhu (ZBÍRAL, 1996). Obsahy živin v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4: Agrochemické vlastnosti půdy v letech 2005-2013

Rok	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca	S
		mg.kg ⁻¹ sušiny				
2005	5,7	36	151	1930	120	15
2006	6,9	99	81	177	3320	16
2007	5,6	93	156,4	143,1	2126,7	<5
2008	7,1	140	275	197	3872,5	26,6
2009	6,3	79,6	123,4	149,8	4657	32
2010	6,8	63	131	147	2930	15
2011	6,9	75,4	195	138	2890	10
2012	6,7	78	183	132	2320	12
2013	5,8	61,9	152	94	1678	14

4.2 Metodika pokusu

4.2.1 Popis pokusu

Pokus byl proveden jako maloparcelní. Velikost parcel ke sklizni činila 13 x 1,1 m. Schéma pokusu bylo po celou dobu jeho trvání stejné. Varianty měly vždy 4 opakování.

Ječmen byl pěstován po cukrovce, kdy byl chrást zaorán zpět do půdy střední orbou. Základní agrotechnické údaje k založeným pokusům jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5: Základní agrotechnické údaje k založeným pokusům

Rok	Datum výsevku	Výsevek (MKS.ha⁻¹)	Dávka P-hnojiv (kg. ha⁻¹)	Dávka K-hnojiv (kg. ha⁻¹)
2005	04.04.2005	4	100	200
2006	12.04.2006	4,1	100	200
2007	16.03.2007	4	100	0
2008	29.03.2008	4	100	160
2009	09.04.2009	4	130	100
2010	01.04.2010	4	100	120
2011	28.03.2011	4	100	100
2012	23.3.2012	4	80	100
2013	22.4.2013	4	100	100

K základnímu hnojení byl použit Amofos (52 % P₂O₅, 11,5 % N). Z draselných hnojiv byla použita draselná sůl (60 % K₂O).

Porost byl během jeho vegetace v průběhu pokusů plošně ošetřován herbicidy, regulátory, insekticidy i fungicidy. Přehled aplikací je uveden níže:

V roce 2005 byly použité následující přípravky:

- dne 24.05.2005 – Cerone 0,5 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 21.06.2005 – Decis 0,15 l.ha⁻¹ (insekticid),
- dne 22.06.2005 – Charisma 1,0 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicid).

V roce 2006 byly použité následující přípravky:

- dne 24.05.2006 – Mustang 0,5 l.ha⁻¹ (herbicid),
- dne 08.06.2006 – Cerone 0,7 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 08.06.2006 – Nurelle D 0,6 l.ha⁻¹ (insekticid),
- dne 04.07.2006 – Horizon 0,8 l.ha⁻¹ (fungicid).

V roce 2007 byly použité následující přípravky:

- dne 24.04.2007 – Olmik 25 g.ha⁻¹ + Glean 2,5 g.ha⁻¹ + Trend 0,1 l.ha⁻¹ (hercidy +

smáčedlo),

- dne 15.05.2007 – Puma extra 0,9 l.ha⁻¹ (herbicide) + Decis 0,15 l.ha⁻¹ (insekticide),
- dne 24.05.2007 – Cerone 0,5 l.ha⁻¹ (regulátor růstu).

V roce 2008 byly použité následující přípravky:

- dne 02.05.2008 – Granstar 25 g.ha⁻¹ (herbicide),
- dne 26.05.2008 – Moddus 0,3 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 30.05.2008 – Cerone 0,6 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 19.06.2008 – Prosaro 0,75 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V roce 2009 byly použité následující přípravky:

- dne 05.05.2009 – Granstar 25 g.ha⁻¹ (herbicide),
- dne 26.05.2009 – Moddus 0,3 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 30.05.2009 – Cerone 0,5 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 18.06.2009 – Artea 0,75 l.ha⁻¹ + Amistar 0,6 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V roce 2010 byly použité následující přípravky:

- dne 01.05.2010 – Granstar 25 g.ha⁻¹ (herbicide),
- dne 24.05.2010 – Moddus 0,3 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 30.05.2010 – Cerone 0,5 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 10.06.2010 – Amistar 1 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V roce 2011 byly použité následující přípravky:

- dne 28.04.2011 – Granstar 25 g.ha⁻¹ (herbicide),
- dne 23.05.2011 – Moddus 0,3 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 30.05.2011 – Cerone 0,6 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 05.06.2011 – Charisma 0,8 l. ha⁻¹ + Amistar 0,6 l. ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V roce 2012 byly použité následující přípravky:

- dne 09.05.2012 – Mustang Forte 0,8 l.ha⁻¹ (herbicide),
- dne 17.05.2012 – Moddus 0,3 l.ha⁻¹ (regulátor růstu),
- dne 24.05.2012 – Cerone 0,5 l.ha⁻¹ (regulátor růstu) + Rafan 0,1 l.ha⁻¹ (insekticide),
- dne 07.06.2012 – Artea 0,75 l.ha⁻¹ + Amistar 0,6 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V roce 2013 byly použité následující přípravky:

- dne 15.05.2013 – Olmik 25 g.ha⁻¹ (herbicide) + Glean 2,5 g.ha⁻¹ (herbicide) + Trend 0,1 l.ha⁻¹ (smáčedlo),
- dne 08.06.2013 – Cerone 480 SL 0,45 l. ha⁻¹ (regulátor růstu) + Moddus 0,2 l. ha⁻¹ (regulátor růstu) + Rafan 0,1 l.ha⁻¹ (insekticide),
- dne 18.06.2013 – Artea 0,75 l.ha⁻¹ + Amistar 0,6 l.ha⁻¹ + 300 l vody (fungicide).

V rámci pokusu použity 2 úrovně hnojení dusíkem, a to v dávkce 30 a 50 kg N.ha⁻¹. Dávka síry byla odlišná a závisela od druhu použitého hnojiva. Hnojiva se aplikovala ve dvou růstových fázích, a to v DC 13 a DC 31 – tedy ve dvou termínech. Schéma pokusu je uvedeno v tab. 6. Současně s ostatními hnojivy bylo na variantě č. 10, 11, 12 a 13 provedeno hnojení elementární sírou.

V období na počátku sloupkování porostu (DC 31) pak proběhla další aplikace hnojiv. Toto se provádělo u variant s vyšší dávkou dusíku. Aplikovaly se kapalná hnojiva – DAM 390 a SAM.

Tab. 6: Schéma hnojení

Aplikace	Po vzejtí (DC 13)		Sloupkování (DC 31)		Celkem (kg.ha ⁻¹)	
	Hnojivo	N (kg.ha ⁻¹)	Hnojivo	N (kg.ha ⁻¹)	N	S
1	kontrola	0	0		0	0
2	N1 LAV 27	30			30	0
3	N2 LAV 27	30	DAM	20	50	0
4	N1 SA	30			30	36
5	N2 SA	30	SAM	20	50	42
6	N1 DASA	30			30	15
7	N2 DASA	30	SAM	20	50	21
8	N1 SAM	30			30	10
9	N2 SAM	30	SAM	20	50	16
10	N1 LAV+S1	30			30	30
11	N2 LAV+S2	30	DAM	20	50	30
12	N1 LAV+S2	30			30	50
13	N2 LAV+S2	30	DAM	20	50	50

Pozn.: LAV 27 – ledek amonný s vápencem (27 % N, 20 % CaO, SA – síran amonný (20,3 % N, 24 % S), DASA (26 % N, 13 % S), SAM (19 % N, 6 % S), DAM (30 % N), S1, S2 – elementární síra (1, 2 – značí velikost dávky).

Ve všech letech byl porost ječmene sklizen maloparcelní sklízecí mlátičkou Sampo. Sklizeň proběhla u všech variant a všech ročníků v plné zralosti zrna. Každé opakování bylo sklizeno samostatně, vyhodnocen jeho výnos a odebrán vzorek pro stanovení kvalitativních parametrů.

4.2.2 Prováděné analýzy

U všech odebraných vzorků zrna byla stanovena objemová hmotnost (obilním měřičem), podíl předního zrna (Steineckerovo prosévadlo), obsah N-látek (podle Kjeldahla) a obsah škrobu (podle Ewerse) (BASAROVÁ A KOL., 2010).

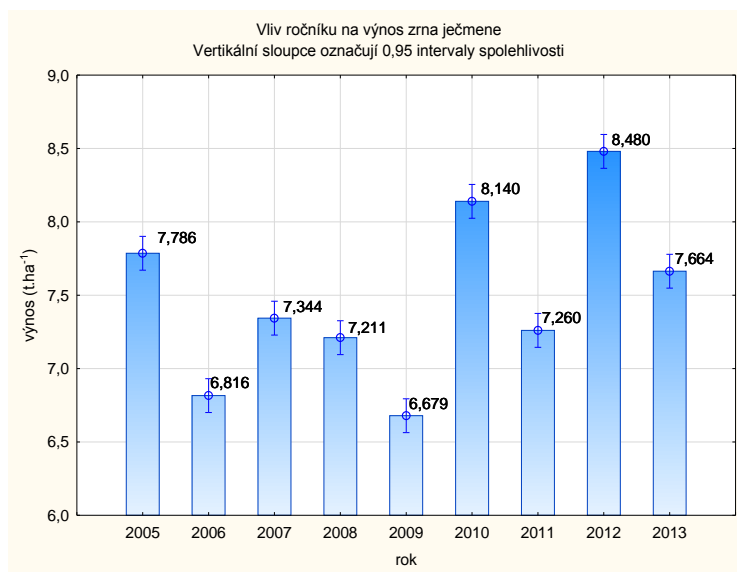
4.2.3 Statistické metody

Výsledky, které byly získány z jednotlivých variant, byly zpracovány do grafů a tabulek. Výsledky byly zpracovány metodou vícefaktorové analýzy variance. K vyhodnocení výsledků pomocí grafů byl použit software STATISTICA 12.0 (StatSoft, Inc).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výnos zrna

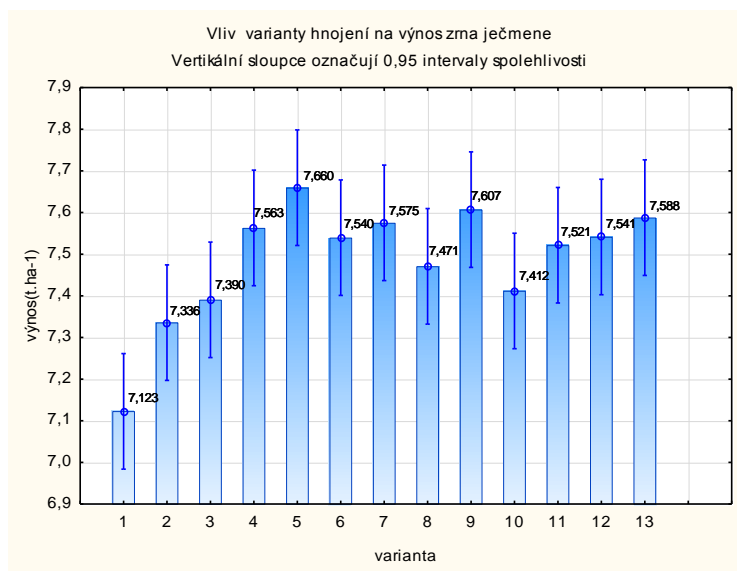
Z grafu 1 je patrné, jak se projevoval vliv jednotlivých ročníků na výnos zrna jarního ječmene. Průměrný výnos zrna za celé sledované období dosahoval téměř $7,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejvyšších výnosů přes $8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ bylo dosaženo v letech 2010 a 2012. Zejména ve druhém uvedeném ročníku výnos téměř o více než jednu tunu převyšoval dlouholetý průměr. Naopak nejnižších výnosů bylo dosaženo v letech 2006 a 2009, kdy v obou případech byl výnos nižší než $7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vůbec nejnižšího výnosu bylo dosaženo v roce 2009 - $6,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a bylo to více než $0,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pod dlouhodobým průměrem. Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším výnosem tak činil přes $1,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Vliv ročníku se tedy vysoce průkazně na výnosu podílel. K podobným závěrům dospěli i jiní autoři např. ZIMOLKA ET AL. (2006), PRUGAR ET AL. (2008).



Graf 1: Vliv ročníku na výnos zrna

Zaměříme-li se na hodnocení vlivu jednotlivých variant hnojení na výnos zrna, pak můžeme pozorovat pozitivní přínos hnojení dusíkem a sírou. Zatímco u kontrolní varianty se výnos v devítiletém průměru pohyboval na úrovni $7,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, aplikace hnojiv u dalších variant zvyšovala výnos od $0,2$ do více než $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejvyšší výnos byl dosažen u varianty č. 5, kde dosahoval v průměru $7,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

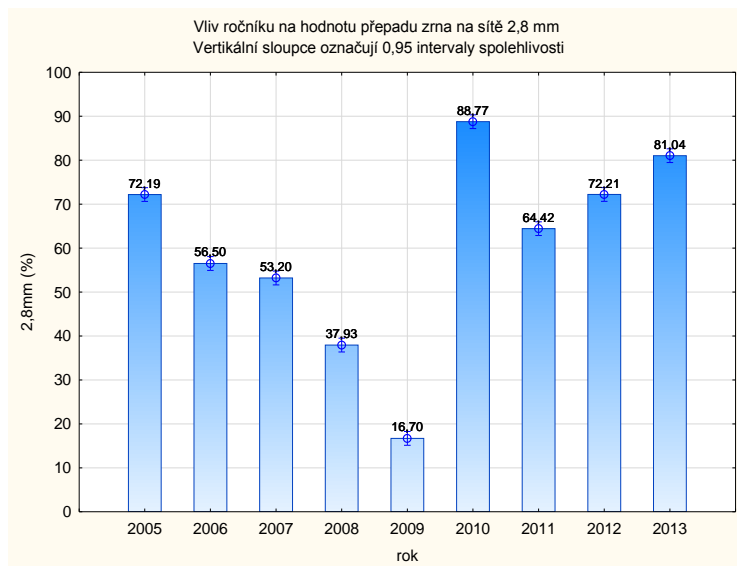
Variety hnojené pouze dusíkem dosahovaly nejnižšího výnosu. Příklad sírky pak výnos zrna zvyšoval. Příznivě se projevila i úroveň hnojení dusíkem. Aplikace dusíku na úrovni 50 kg N.ha⁻¹ zvyšovala výnos u všech variant hnojení, kde byla použita stejná kombinace a S-hnojiv. Stejně závěry prezentuje např. také HRIVNA, (2006).



Graf 2: Vliv varianty hnojení na výnos zrna

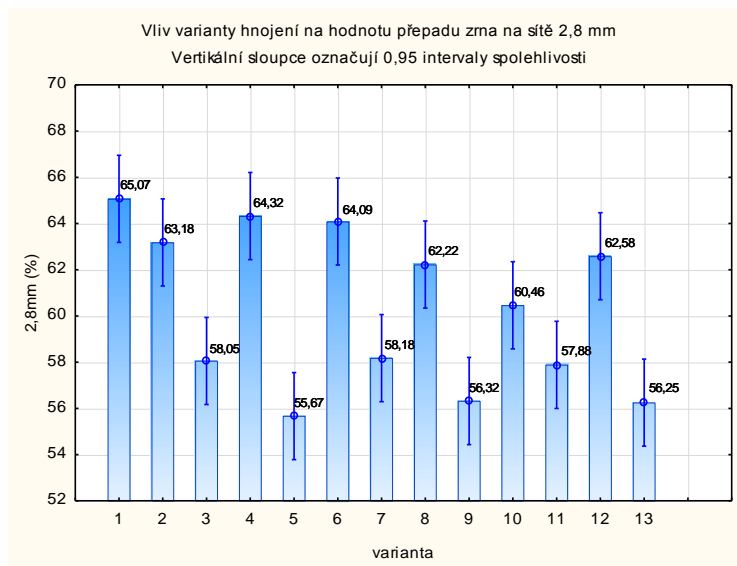
5.2 Přepad zrna na síť 2,8 mm

Přepad zrna na síť 2,8 mm byl ročníkem významně ovlivněn. Nejvyšší přepad a tudíž největší zrno bylo sklizeno ve výnosově příznivém roce 2010, naopak v roce předchozím bylo zrno nejdrobnější. Nízký podíl zrna největšího zrna se odrazil i ve výnosu, který byl v tomto roce nejnižší. Přepad zrna nad sítí 2,8 mm zde činil pouze 16,7%. Jak vyplývá z grafu 3, vliv ročníku byl významný a jednotlivé rozdíly jsou statisticky průkazné.



Graf 3: Vliv ročníku na přepad zrna na síť 2,8 mm

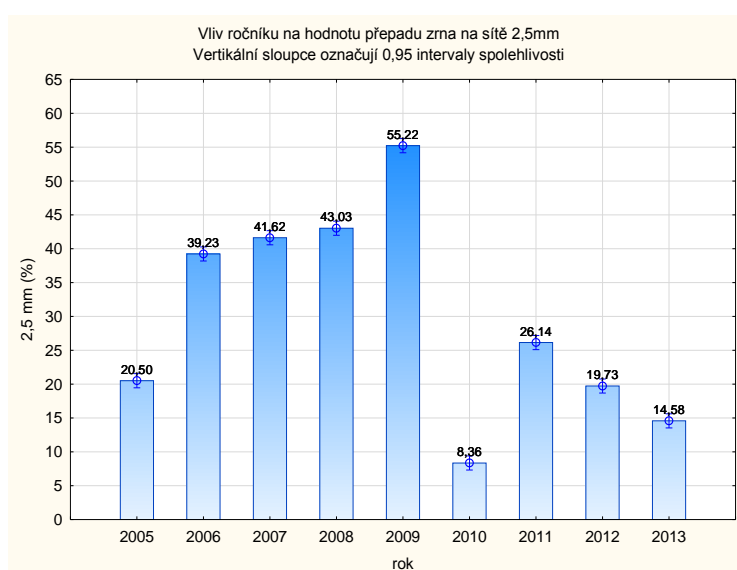
Přepad zrna na síť 2,8 mm nemusí být vždy pro výnos rozhodující. Potvrzují to i výsledky uvedené v grafu 4. Vůbec nejvyšší průměrný přepad zrna na síť 2,8 mm (65,07%) byl zaznamenán u kontrolní varianty. Je to dáno tím, že v důsledku nižší intenzity hnojení se zde založí menší množství zrn, která ale na druhou stranu mají větší prostor k tomu, aby se plně vyvinula. Vyšší podíl této velikostní frakce zrna ale nestačí k tomu, aby pokryl propad ve výnosu, ke kterému dochází oproti hnojeným variantám. Vyšší výnos je spojený s vyšší intenzitou hnojení dusíkem, je to ale na úkor velikosti zrna. K podobným závěrům došel také např. ZHAO ET AL., (2006). HŘIVNA ET AL., (2010) tento fakt zdůvodňuje vyšším počtem zrn v klasech, která však zůstávají drobnější ve srovnání s variantami s nižšími dávkami dusíkaté výživy. Tento trend se potvrdil i v našich pokusech (graf 4). Prakticky u všech variant s nižší dávkou dusíku byl zaznamenán vyšší podíl větších zrn. Rozdíly v rámci shodných kombinací použitých hnojiv byly téměř ve všech případech statisticky vysoce významné.



Graf 4: Vliv varianty hnojení na hodnotu přepadu zrna na síť 2,8 mm

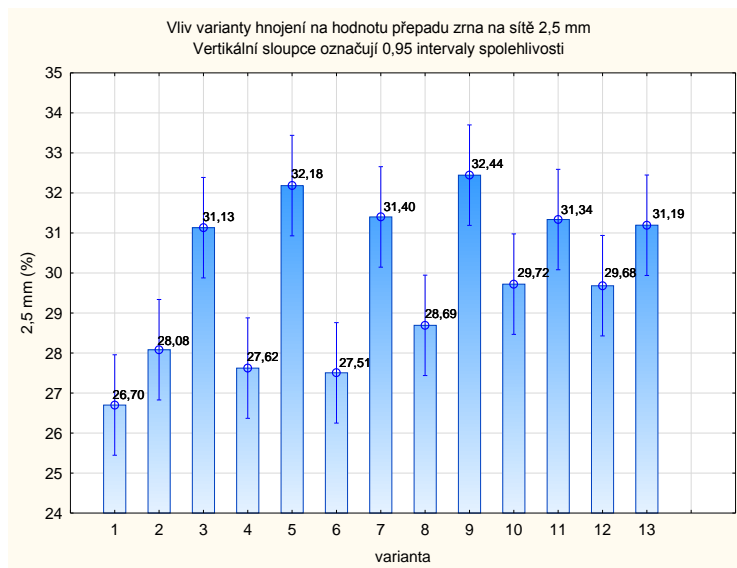
5.3 Přepad zrna na síť 2,5 mm

Při posuzování vlivu ročníku na přepad zrna na síť 2,5 mm je nezbytné tyto výsledky hodnotit ve srovnání s výsledky předešlými. Nejvyššího přepadu je vcelku logicky dosahováno v roce 2009, který byl nejhůře hodnocen co do zastoupení velkých zrn. Naopak v následujícím ročníku 2010 je tento trend opačný a přepad zrna na síť 2,5 mm dosahuje pouze 8,36% (graf 5).



Graf č. 5: Vliv ročníku na přepad zrna na síť 2,5 mm

Podobný trend je pozorovatelný i u grafu 6, který specifikuje vliv jednotlivých variant hnojení. Nižší dávka dusíku koresponduje s nižší hodnotou přepadu zrna na síť 2,5 mm.

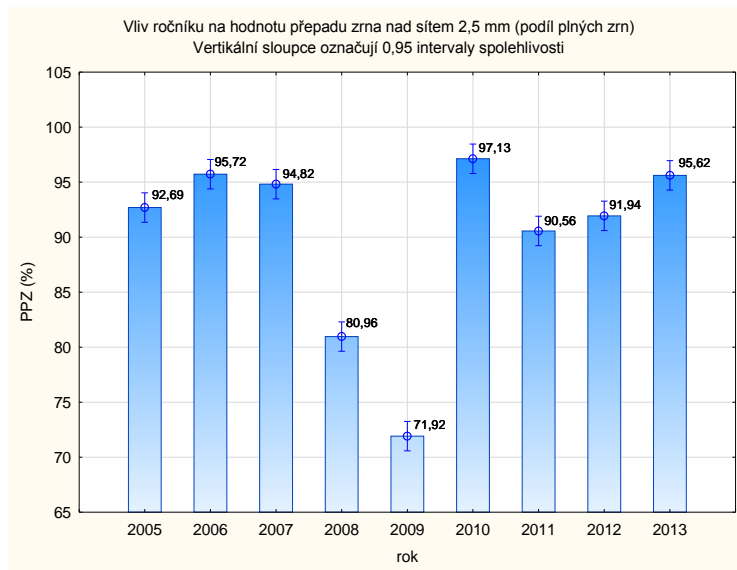


Graf 6: Vliv varianty hnojení na hodnotu přepadu zrna na síť 2,5 mm

5.4 Podíl předního zrna

Z hlediska sladařského využití je rozhodující celková produkce zrna většího než 2,5 mm. Tento tzv. podíl plných zrn je často ovlivněn více než výživou právě ročníkem. To můžeme pozorovat i v grafu 7. V rámci našeho hodnocení musíme konstatovat, že podíl plných zrn byl v sedmi z devíti let velmi vysoký a pohyboval se v rozmezí mezi 90,56% až 97,13%. Jedinými výjimkami v rámci hodnocení byly roky 2008 a 2009, kdy podíl předního zrna klesl pouze na 81%, resp. 72%.

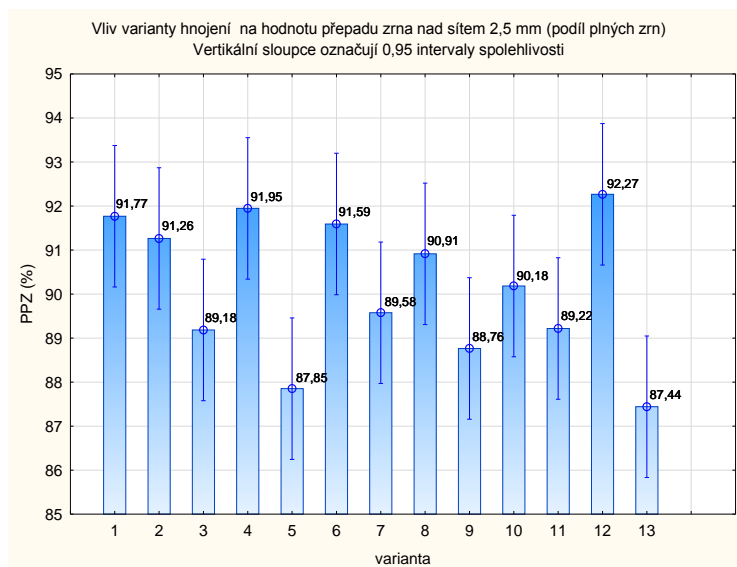
Zajímavý je při posuzování jednotlivých ročníků i fakt, že vůbec nejnižší hodnoty bylo dosaženo v nejméně výnosném roce 2009. Naopak druhý nejvýnosnější ročník 2010 byl vůbec nejlepší v hodnocení podílu předního zrna. Nelze ale jednoznačně říct, že by vysoký výnos koreloval s vysokým podílem plných zrn. Potvrzují to i výsledky z roku 2006 (95,7%), který byl co do výnosu druhý nejhorší. Nelze tedy jednoznačně vidět závislost mezi výnosem a podílem předního zrna v rámci sledovaných ročníků.



Graf 7: Vliv ročníku na podíl předního zrna

Pokud hodnotíme jednotlivé varianty do výnosu předního zrna, můžeme pozorovat menší a statisticky často neprůkazné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení. Jak vyplývá z grafu 8, nejvyšších hodnot bylo dosaženo u varianty č. 12, naopak nejnižší u varianty č. 13. Rozdíl mezi uvedenými variantami je ovšem pouze 4,83%.

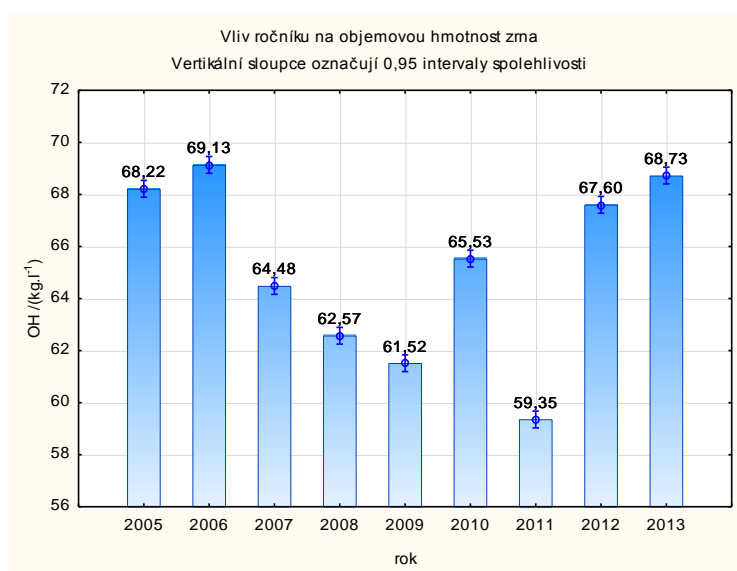
Ukazuje se, že vyšší podíl plných zrn je dosahován u variant s nižší intenzitou hnojení dusíkem. V případě hnojení $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ je naopak dosahováno většího množství drobného zrna. Potvrzují se tak zkušenosti HŘIVNY (2006), který rovněž dokládá při vyšší intenzitě hnojení dusíkem větší podíl drobnějšího zrna.



Graf 8: Vliv varianty hnojení na podíl předního zrna

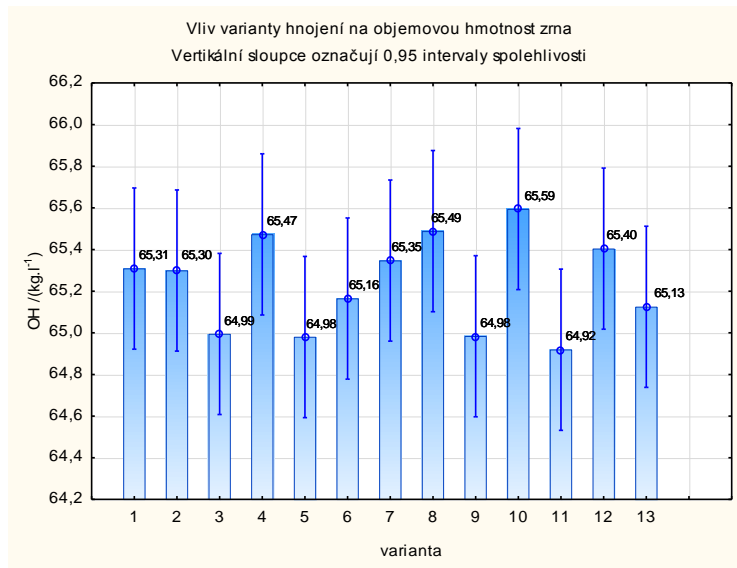
5.5 Objemová hmotnost

PSOTA, VEJRAŽKA (2006) uvádějí, že objemová hmotnost predikuje vyšší obsah škrobu. Jak je patrné z výsledků prezentovaných v grafu 9, bylo u objemové hmotnosti dosaženo výrazných rozdílů v rámci jednotlivých ročníků. Ta se v devítiletém průběhu pokusu pohybovala od 59,35 kg.hl⁻¹ v roce 2011 až k hodnotě 69,13 kg.hl⁻¹ v roce 2006. Rozdíly mezi jednotlivými ročníky jsou výrazné a statisticky průkazné.



Graf 9: Vliv ročníku na objemovou hmotnost zrna

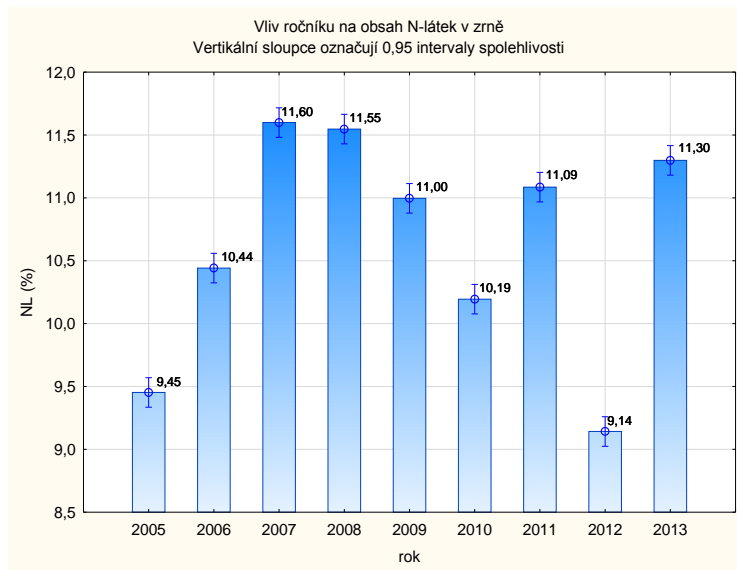
Pokud se u objemové hmotnosti vyskytovaly výrazné rozdíly v rámci jednotlivých ročníků, při hodnocení vlivu varianty hnojení tomu tak nebylo. Z grafu 10 je patrné, že nejvyššího rozdílu bylo dosaženo mezi variantou č. 10 a č. 11. Rozdíl byl pouze 0,67 kg.hl⁻¹, což ukazuje na statisticky nevýznamný rozdíl. Z hodnocení se alespoň částečně podařilo potvrdit závěry HŘIVNY ET AL. (2010), kteří uvádějí, že vyšší dávky dusíku mohou negativně ovlivnit objemovou hmotnost. Výsledky varianty č. 3, č. 5, č. 9 i č. 11, kde byla dávka N na úrovni 50kg N.ha⁻¹, s tím plně korespondují.



Graf 10: Vliv varianty hnojení na objemovou hmotnost zrna

5.6 Obsah dusíkatých látek

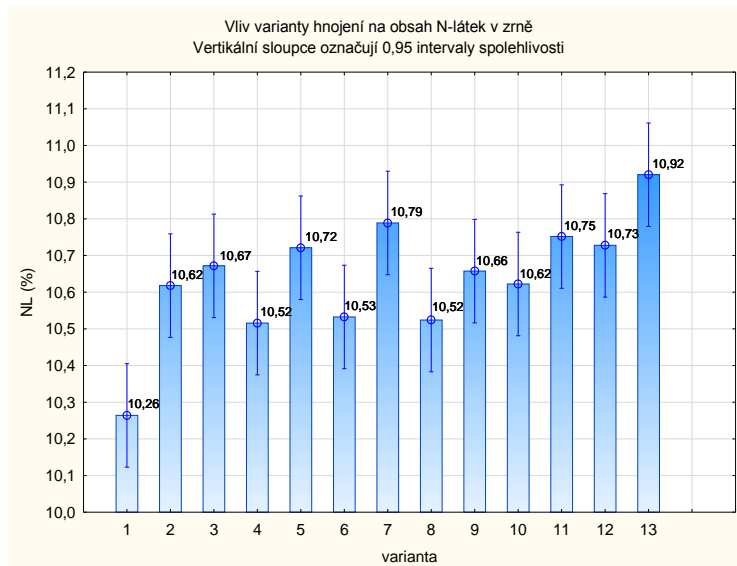
Norma ČSN 46 1100-5 stanovuje obsah dusíkatých látek v rozmezí 10 – 12%. KOSAŘ, PROCHÁZKA ET AL., (2000) považují za optimum pro sladovnické ječmeny 10,7 – 11,5%. Z dosažených výsledků je patrné, že v letech 2005 a 2012 nebylo dosaženo ani minimální hodnoty 10% dusíkatých látek. Takové obsahy dusíkatých látek lze považovat ze sladařského pohledu za nevhodné. Maximální hodnota naopak nebyla ani v jednom sledovaném ročníku překročena. Z hodnocení je pak také patrné, že nejoptimálnější hodnoty obsahu dusíkatých látek byly v průměru devítiletého pokusu dosaženy pouze v ročnících 2009, 2011 a 2013 (graf 11).



Graf 11: Vliv ročníku na obsah dusíkatých látek v zrně

Jak vyplývá z grafu 12, nejnižší hodnoty obsahu dusíkatých látek byly dosahovány u kontrolní varianty, která v devítiletém průměru dosahovala úrovně 10,26% dusíkatých látek. U ostatních variant, kde byla volena vyšší dávka hnojení dusíkem, jsou tyto hodnoty vyšší. To koresponduje i se závěry jiných autorů. (HŘIVNA, 2006, KŘOVÁČEK, ELMER, 2007). RICHTER ET AL., (2006) upozorňují, že mimo dusík musíme zohlednit i vliv síry, která je-li aplikována s dusíkem, podporuje jeho příjem a zabudování.

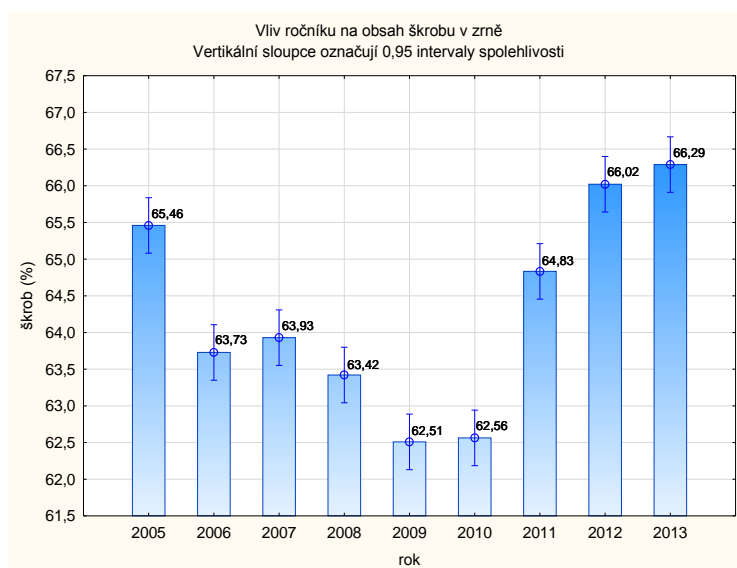
Za zmínku stojí také to, že když byl porost hnojený nižší dávkou dusíku společně se sírou, došlo k poklesu obsahu N v zrně oproti variantě hnojené pouze nižší dávkou N bez síry. Byla-li ale dávka dusíku vyšší, pak při společné aplikaci se sírou naopak došlo ke zvýšení obsahu N-látek v zrně.



Graf 12: Vliv varianty hnojení na obsah dusíkatých látek v zrně

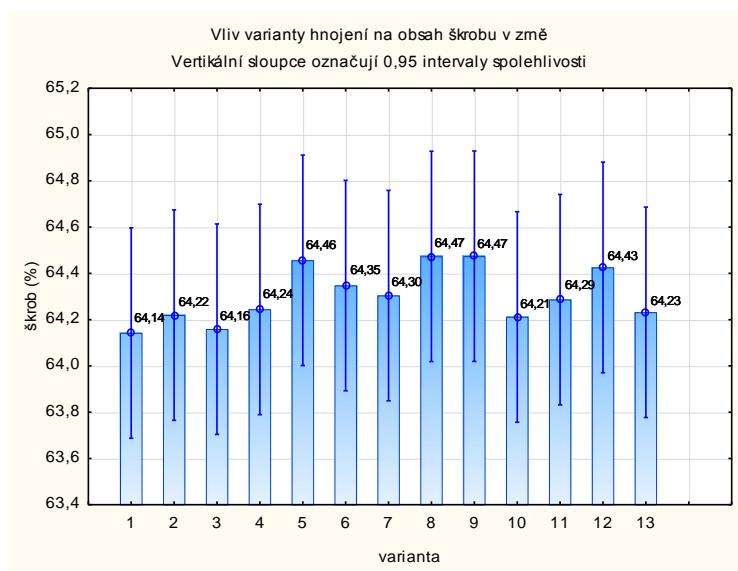
5.7 Obsah škrobu

Průměrný obsah škrobu v zrně se ve sledovaných letech pohyboval v rozmezí 62,51% do 66,29%. Nejnižších hodnot bylo dosaženo v letech 2009 a 2010, nejvyšších naopak v posledních sledovaných ročnících 2012 a 2013. Na základě statistického vyhodnocení můžeme pozorovat průkazný vliv ročníku na obsah škrobu v zrně jarního ječmene (graf 13).



Graf 13: Vliv ročníku na obsah škrobu v zrně

Z grafu 14 je patrné, že rozdíly mezi jednotlivými variantami nejsou významné a statisticky průkazné. Nejnižší hodnoty jsou sice dlouhodobě dosahovány na kontrolní variantě, rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou je pouhých 0,33% obsahu škrobu. Při hodnocení se také výrazněji neprojevila negativní korelace s výnosem, kterou uvádí např. HŘIVNA (2010).



Graf 14: Vliv varianty hnojení na obsah škrobu v zrně

6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv diferencované výživy dusíkem a sírou na výnos a kvalitu zrna jarního ječmene. K dosažení tohoto cíle bylo použito výsledků dlouhodobého maloparcelního pokusu, který byl od roku 2005 zakládán na pozemcích zemědělského podniku Agropol Velká Bystřice u Olomouce. V rámci pokusu bylo hodnoceno celkem 13 variant pokusu, ve kterém byly dlouhodobě porovnávány různé varianty hnojení dusíkem a sírou.

Z dosažených výsledků je patrný výrazný a statisticky průkazný meziročníkový vliv na všechny sledované ukazatele. Při hodnocení jednotlivých variant je však patrný pozitivní efekt hnojení při porovnání s kontrolními opakováními. Ty dosáhly v dlouhodobém průměru výnosu $7,12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, zatímco na variantách hnojených dusíkem a sírou byl zvýšený výnos od $0,21 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ až do $0,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což v přepočtu činí zvýšení výnosu od 3 do více než 7,5%. Nižšího zvýšení výnosu bylo dlouhodobě dosahováno u variant č. 2 a 3, tj. variant, které byly dodatečně hnojeny pouze dusíkem. Naopak varianty č. 4-13, kde byla mimo dusíku dodatečně aplikována také síra, dosahovaly dlouhodobě nejvyšších výnosů. Vůbec nejvyššího výnosu $7,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ bylo dosaženo u varianty č. 5, kde byl porost hnojený 30 kg SA po vzejití a 20 kg SAM v době sloupkování. Také na druhém a třetím místě se umístily varianty s kombinacemi $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ a vyššími dávkami síry.

Potvrdilo se, že aplikace $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ má negativní vliv na hodnotu přepadu zrna nad sítím 2,8 mm. Největší zrno bylo sklizeno u kontrolní varianty. Vůbec nejvyššího podíl předního zrna byl dosažen u varianty č. 12, která stejně jako varianta č. 4 dokonce překonala i kontrolu s nižším výnosem.

Výsledky objemové hmotnosti potvrdily, že vyšší výživa N může mít vliv na tento ukazatel. Při srovnání jednotlivých variant a kontroly jsou však patrné jen minimální rozdíly, které nejsou statisticky průkazné. Podobně neprůkazné se ukázaly i výsledky jednotlivých opakování v rámci porovnání obsahu škrobu v zrně. Naopak velmi dobrých výsledků bylo dlouhodobě dosahováno v rámci hodnocení obsahu dusíkatých látek v zrně. Zde se projevil výrazný rozdíl na tento kvalitativní parametr. Zatímco u kontrolní varianty bylo dosaženo průměrné hodnoty 10,26% dusíkatých látek, aplikace hnojiv zvyšovaly tuto hodnotu o 0,26 –

0,66%. Vůbec nejvyšší hodnoty bylo dosaženo ve variantě č. 13, obecně ale lépe vycházely varianty, ve kterých mimo 50 kg N byla výživa doplněna ještě o vyšší množství síry.

Z uvedených výsledků vyplývá, že zvýšené hnojení dusíkem má pozitivní vliv na výnos a kvalitu jarního ječmene. Zároveň se ale potvrdilo, že pro dosažení nejlepších výsledků je kromě dusíku třeba pamatovat i na hnojení sírou. Její využití je v praxi často neprávem podceňováno. Zejména v kombinaci s dusíkem má právě síra velký efekt na výnos a kvalitu zrna jarního ječmene a její hnojení by mělo být v praxi samozřejmostí v rámci pěstování nejen této plodiny.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ARENDETT, E. K., ZANNINI, E. (2013): *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Philadelphia: Woodhead Publishing, 512 s. ISBN 978-0-85709-413-1

BADALÍKOVÁ, B. (1997): *Aktuální otázky pěstování, šlechtění, hodnocení jakosti a obchodu se sladovnickým ječmenem: sborník referátů ze semináře konaného v Brně na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě dne 26. února 1997*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 84 s. ISBN 80-7157-261-6

BASAŘOVÁ, G. (2010): *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7

BENADA, J. (2001): *Metodika pěstování jarních obilnin: [ječmen jarní, oves, pšenice jarní]*. Kroměříž: Zemědělský výzkumný ústav, 2001, 143 s. ISBN 80-902545-4-3

BEZDÍČKOVÁ, A. (2012): Regulace polehání porostů jarního ječmene, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LX, č. 5., s. 38-40 ISSN 0139-6013

CECCOTTI, S.P., MORRIS, R.J., MESSICK, D.L. (1997): *Aglobal overview of the sulphur situation: industry's background, market trends, and commercial aspects of sulphur fertilisers*, *Nutr Ecosystems* 2:5-202

ČERNÝ, L. et al. (2007): *Jarní sladovnický ječmen*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 39 s. ISBN 978-80-87111-04-8

ČERVENKA, J., SAMEK, M. (2004): *Potravinářské zbožíznalství*. 2. vyd. Praha: Credit, 213 s. ISBN 80-213-1151-7

DAEMMGEN, U., WALKER, R., GRÜNHAGE, L., JÄGER., H. J. (1997): The atmospheric sulphur cycle, *Nutr. Ecosystems* 2, s. 74-114

DE KOK, L. J., STUIVER, C. E. E., WESTERMAN, S., STULEN, I. (2002): Elevated levels of hydrogen sulfide in the plant environment: nutrient or toxin: In: *Air Pollution and Biotechnology in Plants*, Omasa, K., Saji, H., Youssefian, S., Kondo, N., Eds., Springer-Verlag: Tokyo: 201-213 s.

DVOŘÁČKOVÁ, O. (2013): Sortiment jarního ječmene, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LXI, č. 2., s. 54-55 ISSN 0139-6013

EHRENBERGEROVÁ, J. (2006): Chemické složení zrna ječmene. In: ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vydání. Praha: Profi Press, s.r.o., s. 25-35. ISBN 80-86726-18-5

ERIKSEN, J., MURPHY, M. D., SCHUNG, E. (1998): The soil sulphur cycle, *Sulphur in Agrosystems*, Kluwer Academic Publisher, s. 39-73

FECENKO, J., LOŽEK, O. (2000): *Výživa a hnojení polních plodin*, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, s. 442

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

HARTMAN, I. (2015): Kvalita ječmene ze sklizně roku 2014, *Farmář*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. 21, č. 3., s. 28-30 ISSN 1210-9789

HILL, P., G., SMITH, R., M. (2000): Determination of sulphur compounds in beer using headspace solid-phase microextraction and gas chromatographic analysis with pulsed flame photometric detection, *Journal of Chromatography A*, 872: s. 203-211

HONSOVÁ, H. (2012): Jarní ječmen v pokusech příjemně překvapil, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LX, č. 1., s. 18-20 ISSN 0139-6013

HONSOVÁ, H. (2012): Nové možnosti při pěstování sladovnického ječmene, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LX, č. 4., s. 9-11 ISSN 0139-6013

HONSOVÁ, H. (2014): Přeskladněním osiva ječmene klesá klíčivost a polní vzcházivost, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LXII, č. 2., s. 23-26 ISSN 0139-6013

HOUBA, M. et al. (2002): *Osivo a sadba: praktické semenářství*. 1. vydání. Praha: Ing. Martin Sedláček, 186 s. ISBN 80-902413-6-0

HŘIVNA, L. (2006): Používání dusíkatých hnojiv ve vztahu k výnosu a kvalitě produkce, In: *Sborník příspěvků z konference „Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv“*. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, s. 21-26

HŘIVNA, L. (2010): Výnos a kvalita pšenice ozimé a jarního ječmene po hnojení sírou a dusíkem, *Habilitační práce*, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 197

HŘIVNA, L., GREGOR, T., ŠOTTNÍKOVÁ, V., CERKAL, R., RYANT, P., PROKEŠ, J., RADOCH, T., VAVROUŠOVÁ, P. (2010): Role síry při tvorbě výnosu zrna ječmene jarního, parametrů jakosti sladu a PDMS, *Kvasný průmysl*, roč. 56, č. 2, s. 69-73

HŘIVNA, L., BUREŠOVÁ, I., ŠOTTNÍKOVÁ, V., GREGOR, T., RADOCH, T. (2011): Vliv výživy dusíkem a sírou na kvalitu zrna ječmene, *Úroda*, roč. 58, č. 12, s. 483-486

HŘIVNA, L. (2011): Racionální výživa jarního ječmene. In: *Úroda časopis pro rostlinnou výrobu vyd. Min. Zemědělství a Výživy*: Praha: Profi Press s.r.o., roč. 59, č. 2., s. 10-16, ISSN 0139-6013.

CHRPOVÁ, J., ŠÍP, V., ŠTOČKOVÁ, L., SUMÍKOVÁ, T. (2012): Odolnost odrůd jarního ječmene k fuzarióze klasu, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LX, č. 12., s. 11-14 ISSN 0139-6013

CHRPOVÁ, J., ŠÍP, V., ŠTOČKOVÁ, L. (2013): Jarní ječmen jako zdroj mykotoxinů v pivu, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LXI, č. 8., s. 14-16 ISSN 0139-6013

IVANÍČ, J., KNOP, K., HAVELKA B (1984): *Výživa a hnojení rastlín*. 2., preprac a dopl. vyd. Bratislava: Príroda, 482 s.

JIA, X., CHEN, Y., SHI, CH., YE, Y., ABID, M., JABBAR, S., WANG, P., ZENG, X., WU, T. (2002): *Rheological properties of an amorphous cellulose suspension*. Food Hydrocolloids, roč. 49, s. 27-33

NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. (2009): *Botanika: Cytologie, histologie, organologie a systematika*. 2. vydání doplněné. Praha: powerprint, 336 s. ISBN 978-80-904011-5-0.

NOVOTNÝ, P. (2012): Trh a ekonomika pěstování jarního ječmene, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LX, č. 2., s. 10-14 ISSN 0139-6013

KERTESZ, M., MIRLEAU, P. (2004): The role of soil microbes in plant sulphur nutrition, *Journal of Experimental Botany*, roč. 55, č. 404, s. 1939-1945

KLEM K., KLEMOVÁ, Z., MÍŠA P. (2010): Faktory ovlivňující obsah dusíkatých látek v zrna ječmene a možnosti ovlivnění. In: *Sborník z konference "Sladovnický ječmen - přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna"*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 24-28

KOPECKÝ, M. (1969): *Výživa a hnojení jarního ječmene*. 1. vydání. Kroměříž: Okresní výbor České socialistické akademie v Kroměříži, 75 s.

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

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. et al. (2000): *Technologie výroby sladu a piva: kolektiv autorů*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., 398 s. ISBN 80-902658-6-3

KŘOVÁČEK, J., ELMER, F. (2007): Vliv hnojení jarního ječmene dusíkem na jakost sladu, *Úroda*, Praha: Profi Press s.r.o., roč. 15, č. 3, s. 8-9 ISSN 0139-6013

KUČEROVÁ, J., PELIKÁN, M., HŘIVNA, L. (2007): *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 122 s. ISBN 978-80-7375-088-6

PANČÍKOVÁ, J. (2015): Sklizeň obilovin byla rekordní, *Úroda*. Praha: Profi Press s.r.o., roč. LXIII, č. 2., s. 28-29 ISSN 0139-6013

PELIKÁN, M. (1993): *Zpracování zemědělských produktů: cvičení*. 1.vyd. Brno: VŠZ, 83 s. ISBN 80-7157-099-0

PELIKÁN, M., DUDÁŠ, F., MÍŠA, D. (2004): *Technologie kvasného průmyslu*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 129 s. ISBN 80-7157-578

POLÁK, B., VÁŇOVÁ, M., ONDERKA, M. (1993): *Základy pěstování sladovnického ječmene*. 1.vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze, 27 s. ISBN 80-7105-042-3

POKORNÝ E., STŘÁLKOVÁ, R., PODEŠVOVÁ, J. (1999): Diagnostické metody pro výživu dusíkem, In: PSOTA, V. *Ječmenářská ročenka 2000*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 135-140 s. ISBN 80-902658-2-0.

PROCHÁZKA, S. (2005): *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. 2. vyd.. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 242 s. ISBN 80-7157-870-3

PRUGAR, J. (2008): *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 327 s., ISBN 978-80-86576-28-2.

PŘÍKOPA, M. (2005): Multimediální texty, dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/jecmen_jarni.htm

PSOTA, V. (2006): Hodnocení sladovnického ječmene. In: ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vydání. Praha: Profi Press, s.r.o., s. 25-35. ISBN 80-86726-18-5

PSOTA, V., VEJRAŽKA, K. (2006): Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu, *Kvasný průmysl*, roč. 52, č. 6, s. 185-189

RICHTER, R., HLUŠEK, J., JANDÁK, J. (1997): Výživa a hnojení rostlin, díl I. Studijní materiál pro vzdělávací kurz, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 78 s.

RICHTER, R., BEZDĚK, V. (1999): Kontrola výživného stavu jarního ječmene, In: PSOTA, V. *Ječmenářská ročenka 2000*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 135-140 s. ISBN 80-902658-2-0.

RICHTER, R., HLUŠEK, J., HŘIVNA, L. (1999): *Výživa a hnojení rostlin praktická cvičení*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1. vydání, 187 s. ISBN 80-7151-346-9

RYANT, P. (2002): *Vybrané aspekty výživy pšenice dusíkem a sírou*, Doktorská disertační práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 176

STÁVKOVÁ, J., DUFEK, J. (2012). *Biometrika*. 2. nezměn. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 178 s., tabulky v příl. ISBN 978-80-7375-634-5.

ŠIMEK, M. (2003): *Základy nauky o půdě*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 151 s. ISBN 80-7040-630-5

TANG, H., WATANABE, K., MITSUNAGA, T. (2002): *Structure and functionality of large, medium and small granule starches in normal and waxy barley endosperms*. 2002. vyd. Carbohydrate Polymers, roč. 49, č. 2., s. 217-224

TLUSTOŠ, P., PAVLÍKOVÁ, D., VANĚK, V., HABART, J. (2011): Síra v životním prostředí, In: Kolektiv autorů, *Sborník ze 17. Mezinárodní konference: Racionální použití hnojiv, zaměřené na problematiku síry ve výživě rostlin*, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 170

VANĚK, V. (2007): *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 176 s. ISBN 978-80-86726-25-0

ZHAO, F. J., FORTUNE, S., BARBOSA V. L., ET AL. (2006): Effects of sulphur on Field and malting quality of barley, *Journ of Cereal Sci*, 43, 369-377

ZBÍRAL, J. (1996): *Estimation of water soluble sulphur in soil*. Analýza půd II. 5/24

ZELENÝ, F., ZELENÁ, E. (1996): *Síra a její potřeba pro výživu rostlin*. 1. vydání. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 42 s. ISBN 80-861153-62-2

ZIMOLKA, J. et al. (2006): *Ječmen - formy a užitkové směry v ČR*. 1. vydání. Praha: Profi Press, s.r.o., 200 s. ISBN 80-86726-18-5

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Chemické složení obilky ječmene

Tab. 2: Obsah makroprvků v půdě

Tab. 3: Hodnoty jakostních ukazatelů sladovnického ječmene

Tab. 4: Agrochemické vlastnosti půdy v letech 2005-2013

Tab. 5: Základní agrotechnické údaje k založeným pokusům

Tab. 6: Schéma hnojení ječmene za rok 2005-2013

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Podélný řez zralou obilkou

Obr. 2: Fáze růstu

Obr. 3: Formy dusíku v půdě

Obr. 4: Koloběh dusíku v půdě

Obr. 5: Deficit dusíku v porostu ječmene

Obr. 6: Koloběh síry v přírodě

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vliv ročníku na výnos zrna

Graf 2: Vliv varianty hnojení na výnos zrna

Graf 3: Vliv ročníku na přepad zrna na síť 2,8 mm

Graf 4: Vliv varianty hnojení na hodnotu přepadu zrna na síť 2,8 mm

Graf 5: Vliv ročníku na zrna na síť 2,5 mm

Graf 6: Vliv varianty hnojení na hodnotu přepadu zrna na síť 2,5 mm

Graf 7: Vliv ročníku na podíl předního zrna

Graf 8: Vliv varianty hnojení na podíl předního zrna

Graf 9: Vliv ročníku na objemovou hmotnost zrna

Graf 10: Vliv varianty hnojení na objemovou hmotnost zrna

Graf 11: Vliv ročníku na obsah dusíkatých látek v zrně

Graf 12: Vliv varianty hnojení na obsah dusíkatých látek v zrně

Graf 13: Vliv ročníku na obsah škrobu v zrně

Graf 14: Vliv varianty hnojení na obsah škrobu v zrně