

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DISERTAČNÍ PRÁCE

BRNO 2013

PAVEL MACHÁŇ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství



**Vliv genotypu a prostředí na obsah a variabilitu
beta-glukanů a arabinoxylanů u ječmene jarního**

Doktorská disertační práce

Vedoucí práce:

prof. Ing. Jaroslava Ehrenbergerová, CSc.

Školitel specialista:

Ing. Vratislav Psota, CSc.

Vypracoval:

Ing. Pavel Macháň

Brno 2013

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: „Vliv genotypu a prostředí na obsah a variabilitu beta-glukanů a arabinoxylanů u ječmene jarního“ vypracoval 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, 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

Rád bych na tomto místě poděkoval své školitelce prof. Ing. Jaroslavě Ehrenbergerové, CSc. za odborné vedení, všestrannou pomoc a důležité podněty při vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval svému školiteli specialistovi Ing. Vratislavu Psotovi, CSc. za odborné rady a vstřícnost. Mé díky patří i pracovníkům Sladařského ústavu v Brně, VÚPS, a.s. za pomoc při provádění chemických analýz, dále bych rád poděkoval RNDr. Mariu Vránovi, Ing. Evě Klímové a všem vstřícným pracovníkům Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým nejbližším - rodině, přátelům a přítelkyni za jejich neustálou podporu, bez níž by tato práce rovněž nevznikla.

Vypracování disertační práce bylo finančně podpořeno z prostředků projektu 1M0570 „Výzkumné centrum pro studium obsahových látek ječmene a chmele“ Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

SOUHRN

Obsah arabinoxylanů a beta-glukanů je limitujícím faktorem pro využití produkce ječmene. Z tohoto pohledu byl ve vzorcích zrna u souboru sedmi sladovnických pluchatých odrůd, tří bezpluchých linií a jedné bezpluché odrůdy ječmene jarního pěstovaného v letech 2009 až 2011 ve dvou intenzitách chemického ošetření na lokalitách Branišovice, Žabčice a Kroměříž stanoven obsah beta-glukanů a arabinoxylanů. Pro doplnění byl založen pokus se čtyřmi odrůdami ječmene ozimého pěstovaného v roce 2011 ve dvou intenzitách chemického ošetření na lokalitách Kroměříž, Staňkov a Žatec. Na variabilitě obsahu arabinoxylanů se nejvýznamněji podílel genotyp a chemické ošetření, na variabilitu obsahu beta-glukanů měl největší vliv genotyp a pěstební prostředí (rok a lokalita). Nejvyšší hodnoty arabinoxylanů i beta-glukanů byly stanoveny v zrna bezpluchých linií z neošetřených variant (KM 1057 6,25 % arabinoxylanů a KM 2084 6,41 % beta-glukanů) a naopak nejnižší hodnoty pocházely z chemicky ošetřených variant (bezpluchá odrůda AF Lucius obsahovala 3,68 % arabinoxylanů a sladovnické odrůdy Wintmalt a Radegast s 3,61 a 3,87 % beta-glukanů). Vzorky z neošetřených variant poskytly v průměru více arabinoxylanů i beta-glukanů, než varianty ošetřené.

Klíčová slova: chemické ošetření, bezpluchý ječmen, pluchatý ječmen, neškrobové polysacharidy

SUMMARY

Arabinoxylan and beta-glucan contents are limiting factors for a wider use of barley production. Arabinoxylan and beta-glucan contents were assessed in grain samples in sets of seven malting hulled varieties, three hull-less lines and one hull-less spring variety grown in the localities of Branišovice, Žabčice, and Kroměříž in 2009 to 2011. In addition to the spring barley set a trial with four winter type barley malting varieties was established in the year 2011 in two intensities of chemical treatment and on localities Kroměříž, Staňkov and Žabčice. Further, the effect of chemical treatment on the level of these non-starch polysaccharides was studied. Variability of arabinoxylan contents was affected most significantly by a genotype and chemical treatment whereas variability of beta-glucan contents was mostly affected by a genotype and growing environment (year and locality). The highest values of arabinoxylans and beta-glucans were determined in the hull-less lines from the untreated variants (KM 1057: 6.25% of arabinoxylans and KM 2084: 6.41% of beta-glucans) and on the contrary, the lowest values were found in the chemically treated variants (hull-less variety AF Lucius: 3.68% of arabinoxylans and malting varieties Wintmalt and Radegast: 3.87 resp. 3.61% of beta-glucans). The samples of the untreated variants contained on average more arabinoxylans and beta-glucans than the treated ones.

Key words: Chemical treatment, Hull-less barley, Hulled barley, Non-starch polysaccharides

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	CÍL PRÁCE.....	13
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	14
3.1	Botanická taxonomie.....	14
3.2	Historie a současná situace pěstování ječmene	14
3.2.1	Historie	14
3.2.2	Současná situace.....	15
3.2.2.1	Rok sklizně 2009	18
3.2.2.2	Rok sklizně 2010.....	19
3.2.2.3	Rok sklizně 2011	20
3.3	Chemické složení obilky ječmene.....	21
3.3.1	Škrob	21
3.3.2	Neškrobové polysacharidy	23
3.3.2.1	Arabinoxylany	25
3.3.2.2	Beta-glukany	28
3.3.2.3	Celulóza.....	33
3.3.2.4	Lignin	33
3.3.2.5	Ostatní neškrobové polysacharidy	34
3.3.3	Dusíkaté látky.....	34
3.3.4	Nízkomolekulární sacharidy	35
3.3.5	Lipidy	35
3.3.6	Minerální látky	35
3.4	Užitkové směry ječmene	35
3.4.1	Ječmen pro sladovnické využití	36
3.4.2	Ječmen pro krmné využití	37
3.4.3	Ječmen pro výrobu potravin.....	39
3.4.4	Ječmen pro pícninářské využití	41
3.4.5	Ječmen pro průmyslové využití.....	41
4	MATERIÁL A METODIKA	42
4.1	Charakteristiky pokusných lokalit.....	42

4.1.1	Lokality pěstování ječmene jarního	42
4.1.1.1	Branišovice.....	42
4.1.1.2	Kroměříž.....	42
4.1.1.3	Žabčice	43
4.1.2	Lokality pěstování ječmene ozimého	43
4.1.2.1	Kroměříž.....	43
4.1.2.2	Staňkov	43
4.1.2.3	Žatec	43
4.2	Pokusné roky	44
4.2.1	Lokality s pokusy s jarním ječmenem.....	44
4.2.2	Lokality s pokusy s ozimým ječmenem	46
4.3	Systémy pěstování.....	48
4.3.1	Ječmen jarní.....	48
4.3.2	Ječmen ozimý	48
4.4	Stručná charakteristika použitých genotypů	50
4.4.1	Sladovnické odrůdy ječmene jarního	51
4.4.2	Bezpluché genotypy ječmene jarního	53
4.4.3	Odrůdy ječmene ozimého.....	55
4.5	Příprava vzorků	57
4.6	Statistické zpracování dat a použité metody	57
4.7	Metodika stanovení arabinoxylanů	58
4.8	Metodika stanovení beta-glukanů	58
5	VÝSLEDKY	59
5.1	Vyhodnocení pokusů se souborem odrůd/linií ječmene jarního	59
5.1.1	Vyhodnocení obsahu arabinoxylanů	59
5.1.1.1	Vyhodnocení vlivu genotypů	60
5.1.1.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	61
5.1.1.3	Vyhodnocení vlivu lokalit.....	61
5.1.1.4	Vyhodnocení vlivu roků.....	62
5.1.1.5	Vyhodnocení vlivu interakcí faktorů.....	63
5.1.1.6	Shluková analýza obsahu arabinoxylanů	71
5.1.2	Vyhodnocení obsahu beta-glukanů	72

5.1.2.1	Vyhodnocení vlivu genotypů	72
5.1.2.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	74
5.1.2.3	Vyhodnocení vlivu lokalit.....	74
5.1.2.4	Vyhodnocení vlivu roků.....	75
5.1.2.5	Vyhodnocení vlivu interakcí	76
5.1.2.6	Shluková analýza obsahu beta-glukanů	85
5.1.3	Souhrnné vyhodnocení obsahu obou neškrobových polysacharidů	86
5.1.3.1	Vyhodnocení vlivu genotypů	87
5.1.3.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	88
5.1.3.3	Vyhodnocení vlivu lokalit.....	88
5.1.3.4	Vyhodnocení vlivu roků.....	89
5.1.3.5	Shluková analýza obsahu neškrobových polysacharidů	90
5.2	Vyhodnocení pokusů se souborem odrůd ječmene ozimého	91
5.2.1	Vyhodnocení obsahu arabinoxylanů	91
5.2.1.1	Vyhodnocení vlivu odrůd.....	92
5.2.1.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	92
5.2.1.3	Vyhodnocení vlivu lokalit.....	93
5.2.1.4	Vyhodnocení vlivu interakcí	94
5.2.1.5	Shluková analýza obsahu arabinoxylanů	96
5.2.2	Vyhodnocení obsahu beta-glukanů	97
5.2.2.1	Vyhodnocení vlivu odrůd.....	97
5.2.2.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	98
5.2.2.3	Vyhodnocení vlivu lokalit.....	98
5.2.2.4	Vyhodnocení vlivu interakcí	99
5.2.2.5	Shluková analýza obsahu beta-glukanů	102
5.2.3	Souhrnné vyhodnocení obsahu obou neškrobových polysacharidů.....	103
5.2.3.1	Vyhodnocení vlivu odrůd.....	103
5.2.3.2	Vyhodnocení vlivu ošetření	104
5.2.3.3	Vyhodnocení vlivu lokality.....	105
5.2.3.4	Shluková analýza obsahu neškrobových polysacharidů	105
6	DISKUSE.....	106
6.1	Ječmen jarní.....	106

6.2	Ječmen ozimý.....	112
7	ZÁVĚR.....	113
7.1	Praktické uplatnění výsledků	117
8	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	119
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	133
10	SEZNAM TABULEK.....	135
11	SEZNAM ZKRATEK.....	136
12	SEZNAM PŘÍLOH	137
13	PŘÍLOHY.....	138
14	ANNOTATION	146

1 ÚVOD

Ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.) je na našem území tradiční zemědělskou plodinou. Pěstoval se zde již tisíce let před naším letopočtem. V současnosti je ječmen setý naší druhou nejpěstovanější obilninou. Historicky byla většina produkce ječmene jarního v České republice byla využívána ke krmení hospodářských zvířat, v posledních letech však můžeme pozorovat trend kontinuálního snižování spotřeby ječmene určeného pro krmení hospodářských zvířat, což je dáno snižováním stavů hospodářských zvířat (zejm. prasat a drůbeže) chovaných v České republice. Takže převažuje výroba sladu z ječmene nad množstvím ke zkrmování.

Využití produkce sladovnických odrůd je neodmyslitelně spojeno s výrobou sladu určeného pro vaření piva a částečně také k výrobě potravin. Slad představuje důležitou exportní komoditu, jež je vyvážena nejvíce do Polska, Německa, Rumunska, Maďarska, Spojeného království, na Kubu a do Japonska.

Ekonomický tlak 20. století vedl ve světě k modernizaci pivovarských provozů, které následně předefinovaly požadavky na kvalitu ječmene. Výsledkem tohoto procesu byla změna senzorického charakteru evropských a světových piv. V České republice byla historicky zachována tradiční výroba světlého ležáku, který je nyní nařízením komise (ES) č. 1014/2008 chráněn zeměpisným označením (CHZO) „České pivo“. Jedná se o pivo charakterizované dekokční metodou rmutovacího procesu, vařením mladiny, skutečným svařováním chmele a odděleným dvojstupňovým kvašením. Odrůdy vhodné pro České pivo doporučuje VÚPS, a.s. (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský). Odrůdy jsou doporučovány po víceletých zkouškách na základě požadovaných vlastností uvedených v žádosti o CHZO České pivo.

Pro každý způsob využití produkce ječmene je požadováno zrno vyhovující specifickým parametrům. Mezi důležité parametry patří mimo jiné i obsah neškrobových polysacharidů - zejména arabinoxylanů a beta-glukanů. V pivovarském průmyslu neškrobové polysacharidy představují nežádoucí látky, které zvyšují viskozitu sladiny i piva, způsobují tak při problému při scezování, snižují varní výtěžek, ovlivňují filtraci piva a mohou tak ovlivnit ekonomiku výroby. Při krmení zvířat (hlavně monogastrů) je jejich zvýšený obsah opět nežádoucí, jelikož snižují využitelnost živin, konverzi krmiva a přírůstek živé hmoty. Pro sladovnické i krmivářské využití ječmene je tedy požadován jejich obsah v zrně co nejnižší. Na druhou stranu jsou v lidské výživě arabinoxylany i beta-glukany ceněny, jako hodnotná a perspektivní složka tzv. vlákniny

potravy, která průkazně snižuje hladinu LDL cholesterolu i glukózy v krvi, inzulinovou odezvu po jídle, tělesnou hmotnost, krevní tlak, riziko srdeční choroby i rakoviny tlustého střeva. Díky svým prebiotickým účinkům také stimulují růst prospěšných bakterií v tlustém střevě. Pro potravinářské využití je tedy žádoucí, aby zrno ječmene obsahovalo vyšší množství těchto zdraví prospěšných látek.

Tato práce si klade za cíl stanovit podíl genotypu, chemického ošetření během pěstování a prostředí na obsah arabinoxylanů i beta-glukanů v zrnu ječmene jarního i ozimého. Zároveň je jejím cílem doporučení vhodných odrůd/linií pro sladovnické a potravinářské využití.

2 CÍL PRÁCE

1. Cílem doktorské disertační práce bylo stanovit podíl vlivu odrůd/linií a prostředí (lokalit a ročníků) a intenzity chemického ošetření na obsah a variabilitu beta-glukanů a arabinoxylanů (složky neškrobových polysacharidů).
2. Charakterizovat významné rozdíly v obsahu jmenovaných neškrobových polysacharidů v souboru osmi odrůd a tří linií ječmene jarního.
3. Cílem práce bylo také na základě vyhodnocení získaných polních experimentů vybrat odrůdy pro konkrétní využití jejich produkce (sladovnické, potravinářské).

Pro získání experimentálních dat potřebných k vyřešení cílů práce byly založeny polní pokusy s náhodným uspořádáním variant na třech lokalitách, ve třech letech a ve dvou systémech chemického ošetření se souborem genotypů ječmene jarního.

Nad rámec cílů práce byly z jednotletých výsledků polních pokusů se čtyřmi odrůdami ječmene ozimého na třech lokalitách (rovněž ve dvou systémech ošetření) byly řešeny cíle obdobně jako u ječmene jarního.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Botanická taxonomie

Ječmen (rod *Hordeum*) patří do říše rostlin (*Plantae*), oddělení semenných (*Spermatophyta*), pododdělení krytosemenných (*Angiospermae*), třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*) a čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Podle způsobu růstu se ječmeny dělí na divoce rostoucí druh planého ječmene, z nichž je u nás nejrozšířenější ječmen myší (*Hordeum murinum* L.), a ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.), které se vyskytují v kultuře a jsou jednoletou jarní nebo ozimou trávou (Kosař et al. 2000). Rod *Hordeum* L. zahrnuje 32 druhů (Bothmer et al. 1995). Ječmen rozdělujeme dle počtu sad chromozomů ($n = 7$) na diploidní ($2n = 14$), tetraploidní ($4n = 28$) a hexaploidní ($6n = 42$), přičemž v rámci téhož druhu se mohou vyskytovat rozdílné stupně ploidity (Zimolka 2006). Kulturní druhy ječmene se pak ještě dělí na ječmen dvouřadý a víceřadý. Dvouřadé ječmeny se dělí do čtyř nejdůležitějších skupin: na ječmeny nící (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *nutans*), ječmen vzpřímený (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *erectum*), ječmen paví (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *zeocrithon*) a ječmen bezpluchý (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *nudum*). Hlavní skupinu rodů sladovnického ječmene tvoří ječmen nící (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *nutans*), potravinářských pak ječmen bezpluchý (*Hordeum vulgare* convar. *distichum*, var. *nudum*) (Zimolka 2006). Zrno ječmene nícího jsou přirostlá ke klasovému větenu, takže osiny jsou souběžné. Klas během zrání háčkuje, na rozdíl od ječmene vzpřímeného. Ječmen paví má vějířovitě uspořádané osiny (Kosař et al. 2000). V roce 2012 se podařilo sekvenovat genom ječmene (Mayer et al. 2012).

3.2 Historie a současná situace pěstování ječmene

3.2.1 Historie

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) patří mezi nejdůležitější a nejdříve domestikované kulturní plodiny. Počátky pěstování zasahují až do období více než 10 000 let př. n. l do oblasti náhorních planin „Úrodného půlměsíce“ představující území od dnešního Íráku, přes Turecko, Sýrii, Libanon, Jordánsko, Izrael až po sever Egyptu. Zde byl pravděpodobně také z planého ječmene (*Hordeum sponatenum*) domestikován. Ječmen

historicky sehrál důležitou roli nejen ve vývoji v zemědělství, ale i kultury a lidské civilizace (Ullrich 2010; Kovárník 2012). Genová centra ječmene se dále nacházejí ve středovýchodní Asii a Etiopii (Chloupek 2008). Ječmen spolu s některými dalšími plodinami jako např. pšenicí (*Triticum* spp.), hrachem setým (*Pisum sativum* L.), a čočkou jedlou (*Lens culinaris* L.), spolu s některými domácími zvířaty (kozou domácí (*Capra aegagrus hircus*), ovcí domácí (*Ovis aries*) a turem domácím (*Bos taurus*) připravily půdu pro vývoj zemědělství na Blízkém východě. Zemědělství se odtud následně rozšířilo do severní Afriky, dále na východ a sever Asie a do Evropy (Ullrich 2010). Ječmen byl důležitou plodinou i ve starověkém Řecku a Římě, kde byl používán zejména pro výrobu chlebů, placek, kaší či polévek. Ve starověké Římské říši byl ječmen hlavní potravinou pro gladiátory, kteří byly dle jeho latinského jména nazýváni „Hordearii“. Ječmen jim měl oproti ostatním potravinám dodávat sílu, vytrvalost a odolnost (Newman, Newman 2008). Ječmen na území střední Evropy přinesly kočovné Asijské kmeny přibližně před šesti až devíti tisíci lety (Kosař et al. 2000). V době nejstaršího zemědělství byl ječmen okrajovou plodinou, přičemž v průběhu času jeho význam i četnost pěstování stoupá (Šálková et al. 2012).

Tradice pěstování ječmene na území České republiky je spojena s tradicí vaření piva. Systematické šlechtění zavedl v našich zemích Emanuel Proskowetz, který v 70. letech 19. století zušlechťoval výběrem krajový ječmen starohánáckého agroekotypu. Výsledkem byla světově známá odrůda Proskowetz Haná pedigree. Mezi další světově významné odrůdy řadíme Kneiflův ječmen, Valtický a odrůdu Diamant, která se stala světovým donorem krátkého stébla a vysoké odnoživosti při vysoké a vyrovnané sladovnické kvalitě (Hájek et al. 2006; Chloupek 2011).

3.2.2 Současná situace

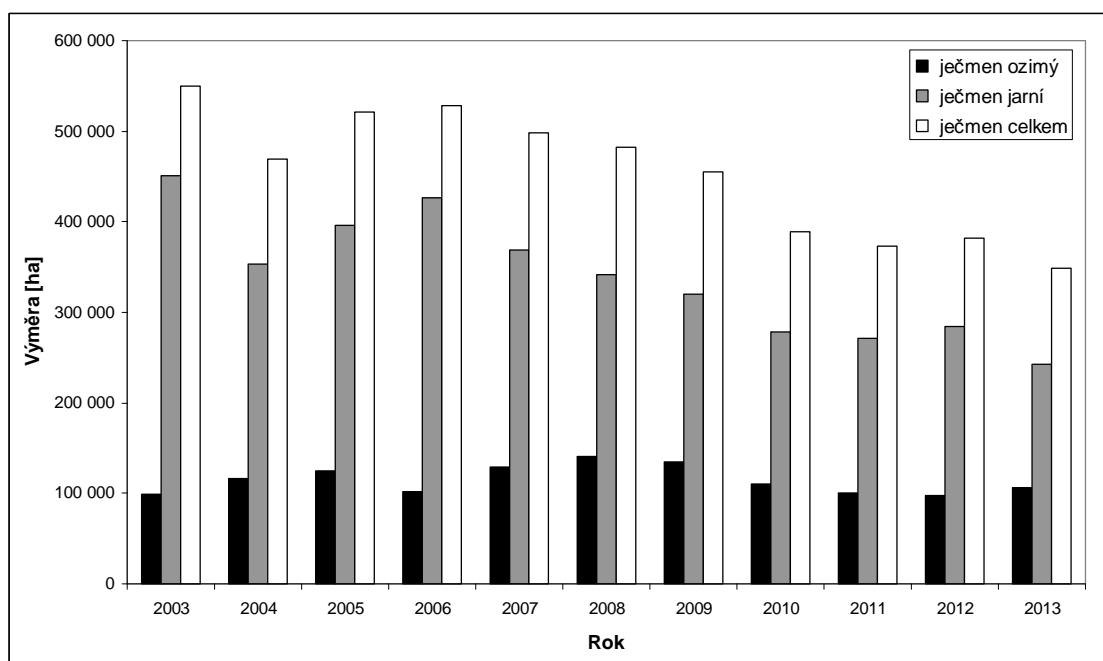
Ječmen setý je po kukuřici, rýži a pšenici čtvrtou nejpěstovanější obilovinou na světě (Tab. 1). Ve světovém kontextu se ječmen nejvíce pěstuje v Evropě, kde mu po pšenici a kukuřici náleží místo třetí nejpěstovanější obiloviny. Přibližně 17 % celkové produkce ječmene je zpracováno na výrobu sladu, kolem 5 % produkce je pak užito jako potravina. Z geografického hlediska byl ječmen v roce 2009 nejvíce konzumován v Maroku (28,9 kg/os./rok), dále v Litvě (19 kg/os./rok) a Alžíru (14,3 kg/os./rok). V České republice pak v roce 2009 činila spotřeba potravinářského ječmene 0,1 kg/os./rok (FAOSTAT).

Tab. 1 Produkce obilnin ve světě v roce 2012 (v milionech tun)

	Celkem	Ječmen	Kukuřice	Proso	Oves	Rýže	Žito	Čirok	Tritikále	Pšenice	Ostatní
Svět	254663	13235	87510	2560	2097	71835	1454	5810	1370	67488	1304
Afrika	16747	582	6945	1182	28	2727	9	2344	3	2407	520
Amerika	61802	2019	42296	8	501	3579	56	2214	23	11047	59
Asie	129759	1859	28792	1305	97	65006	114	950	57	31457	123
Australie	4454	866	66	5	128	92	4	224	28	3039	2
Evropa	41897	7909	9409	61	1343	430	1270	78	1259	19538	600

Pozn.: Ostatní - další cereálie a pseudocereálie; Zdroj: Food and Agriculture Organisation, FAOSTAT

V České republice byly v roce 2013 obilniny pěstovány na osevní ploše 1428 tis. ha. Největší podíl z této výměry zabírá s 829 tis. ha pšenice a s 349 tis. ha ječmen. Ječmen jarního typu (Obr. 1) se na celkové výměře podílel 243 tis. ha, ječmen ozimého typu se pak pěstoval na výměře čítající 106 tis. ha.



Obr. 1 Vývoj osevních ploch ječmene v České republice v letech 2003 až 2013 (ČSÚ)

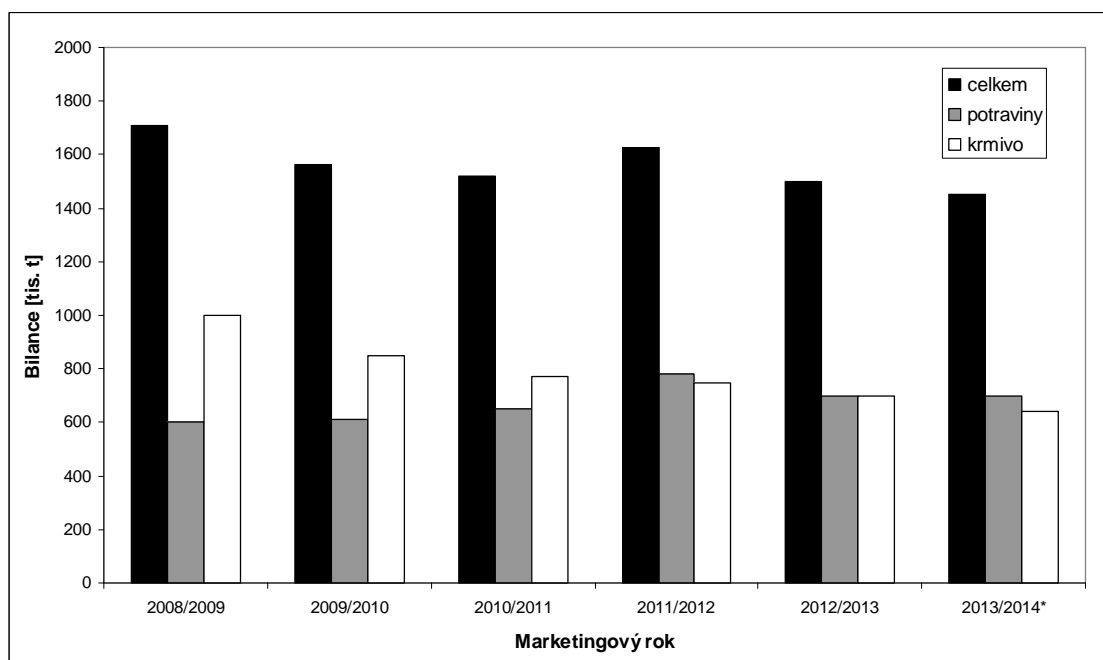
Ve srovnání se skutečností roku 2003 (Obr. 1) poklesla osevní plocha ječmene za dalších deset let o 201 tis. ha (tj. o 36,6 %). Nejvíce se na tomto snížení podílel ječmen jarního typu, který se v roce 2013 pěstoval pouze na 53,8 % výměry osevních ploch z roku 2003. Naopak plocha, na níž se v roce 2013 pěstoval ječmen ozimý se oproti roku 2003 zvýšila (o 7,6 %). Největší výměra osevních ploch ječmene ozimého typu byla zaznamenána v letech 2008 a 2009 (141 a 135 tis. ha). V roce 2003 byl podíl osevních ploch jarního ječmene z celkové výměry ječmene 82,0 %, o deset let později

tento podíl činil již 69,6 %. Toto snížení způsobilo propad v zastoupení této naší druhé nejrozšířenější obiloviny ve struktuře obilovin na 17,0 %. U ječmene ozimého se zastoupení celkových osevních ploch ječmene přiblížilo stavu roku 2009 a dosáhlo úrovně 30,4 %.

Odhad celkové sklizně ječmene dle ČSÚ k 15. 9. 2013 je na úrovni 1629,7 tis. tun. Z celkového sklizeného množství je 481,9 tis. tun ječmene ozimého a 1147,8 tis. tun ječmene jarního. Průměrný hektarový výnos ječmene ve sklizňovém roce 2013 dosáhl podle odhadu ČSÚ hodnoty $4,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, přičemž u ječmene ozimého činil $4,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u jarního $4,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Za marketingový rok 2012/2013 (červenec až červen následujícího roku) činil vývoz zrna ječmene 260,4 tis. t., ten pak významně převyšoval jeho dovoz (35,5 tis. t.).

V marketingovém roce 2012/2013 došlo oproti roku předchozímu ke snížení exportu sladu (o 7,2 %). Z důvodu celkově nižší produkce ječmene ve sklizňovém roce 2012 činil vývoz této komodity 247,2 tis. tun (Kůst, Potměšilová 2013). Nejvíce se slad vyváží do Polska, Německa, Rumunska, Maďarska, Spojeného království a na Kubu (Psota 2012).

Od marketingového roku 2008/2009 (Obr. 2) až doposud můžeme pozorovat trend kontinuálního snižování spotřeby ječmene určeného pro krmení hospodářských zvířat. Pomyslný zlom přišel v marketingovém roce 2011/2012, kdy spotřeba ječmene pro potravinářské účely (i pro výrobu sladu) poprvé překročila spotřebu ječmene krmného. Snížení spotřeby krmivářského ječmene lze vysvětlit snížením potřeby ječmene pro výrobu krmných směsí, v důsledku snižováním stavů hospodářských zvířat (zejm. prasat a drůbeže) chovaných v České republice (ČSÚ; Kůst, Potměšilová 2013).



Obr. 2 Bilance spotřeby ječmene v České republice v marketingových letech 2008/2009 až 2013/2014 (Kůst, Potměšilová 2013)

Pozn.: marketingový rok je období od července do června roku následujícího ; * odhad

Ječmen nachází uplatnění rovněž pro nepotravinářské účely, kde je mimo výrobu krmiv pro hospodářská zvířata využíván rovněž na produkci biopaliv. Může se jednat o celé rostliny (zrno i slámu), pelety, brikety aj. V současnosti se z obilovin pro energetické využití v celosvětovém měřítku nejčastěji vyrábí kapalná dopravní paliva. Implementací příslušných směrnic EU do české národní legislativy tuto povinnost definuje zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Osoby uvádějící pohonné hmoty do volného daňového oběhu pro dopravní účely mají podle uvedeného zákona povinnost zajistit, aby v těchto pohonných hmotách bylo obsaženo minimální množství biopaliva ve výši 4,1 obj. % z celkového množství motorových benzínů (přimíchávání bioetanolu). V současnosti má ve výrobě bioetanolu v ČR dominantní roli cukrová řepa a kukuřice (Kůst, Potměšilová 2013).

3.2.2.1 Rok sklizně 2009

Podle soupisu ploch osevů dosáhla celková osevní plocha ječmene pro rok 2009 výměry 454,8 tis. ha. Ve srovnání se skutečností předchozího roku znovu poklesla o 27,6 tis. ha. Důvodem tohoto poklesu bylo především snížení osevních ploch jarního ječmene o 21,0 tis. ha na 320,2 tis. ha, ale také osevních ploch ozimého ječmene, které poklesly o 6,6 tis. ha na 134,6 tis. ha. Příčiny poklesu osevních ploch jarního i ozimého ječmene

lze hledat jednak ve zvýšení osevních ploch ozimé pšenice, v minimu jarních zaorávek ozimých obilovin a také v opožděném nástupu do jarních prací.

Průměrný hektarový výnos ječmene ve sklizňovém roce 2009 dosáhl hodnoty $4,40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, přičemž u ječmene ozimého činil $4,82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u jarního $4,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ozimý ječmen svým průměrným výnosem potvrdil svoji vysokou výnosovou schopnost z předchozích ročníků 2007 a 2008 a dosáhl čtvrté nejvyšší výnosové hladiny od roku 1990. Na snížení hektarového výnosu u jarního ječmene mělo vliv především suché a slunečné počasí v rozhodujícím vegetačním období – v dubnu a květnu 2009, kdy došlo ke zkrácení důležitých fenofází ječmene.

Na snížené úrovni výroby ječmene celkem v roce 2009 má především vliv velmi průměrný hektarový výnos jarního ječmene se současným mírným poklesem osevních ploch. Ozimý ječmen se na nižší produkci podílel nevýznamně a to především snížením osevní plochy. Jarní ječmen byl oproti předchozímu ročníku 2008 vyséván velmi pozdě. Průběh počasí v dubnové a květnové dekádě v celé ČR (vysoké teploty s nedostatkem srážek) měl velmi negativní vliv na průběh celé vegetace, což se samozřejmě projevilo na výši výnosu a rozhodující měrou přispělo ke snížení celkové produkce jarního ječmene. Ozimý ječmen byl jako i ostatní ozimé obiloviny po zimním období v dobrém stavu a jarní sucho se na něm výrazně neprojevilo (Kůst, Potměšilová 2009, 2010).

3.2.2.2 Rok sklizně 2010

Podle soupisu ploch osevů dosáhla celková osevní plocha ječmene pro rok 2010 výměry 388,9 tis. ha. Ve srovnání se skutečností předchozího roku znovu poklesla o 65,9 tis. ha. Důvodem tohoto poklesu bylo především snížení osevních ploch jarního ječmene o 41,5 tis. ha na 278,7 tis. ha, ale také osevních ploch ozimého ječmene, které poklesly o 24,4 tis. ha na 110,2 tis. ha. Příčiny poklesu osevních ploch jarního i ozimého ječmene lze hledat jednak v mírném zvýšení osevních ploch ozimé pšenice, v minimu jarních zaorávek ozimých obilovin a také v opožděném nástupu jarních prací.

Průměrný hektarový výnos ječmene ve sklizňovém roce 2010 dosáhl $4,07 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, přičemž u ječmene ozimého činil $4,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u jarního $3,91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Přes určitý pokles si ozimý ječmen průměrným výnosem znovu potvrdil svoji vysokou výnosovou schopnost z předchozích ročníků 2008 a 2009 a dosáhl sedmé nejvyšší výnosové hladiny od roku 1990. Na snížení hektarového výnosu u jarního ječmene mělo vliv především vlhké a deštivé počasí v rozhodujícím vegetačním období – květnu 2010, kdy došlo

k podmáčení či zatopení celých ploch jarního ječmene a dále také při samotné sklizni, která byla přerušována častým a vytrvalým deštěm.

Velmi nízká úroveň výroby ječmene celkem v roce 2010 je pod vlivem nízkého hektarového výnosu spolu se současným poklesem osevních ploch u obou ječmenů. Jarní ječmen byl z důvodu dlouhé zimy ročníku 2009/2010 vyséván opožděně. Další průběh počasí v první květnové dekádě v ČR (vysoké a vytrvalé srážky) měl velmi negativní dopad na průběh celé vegetace především u jařin, což se samozřejmě projevilo na výši výnosu. Tento aspekt přispěl rozhodující měrou ke snížení celkové produkce obou forem ječmenů. Přes meziroční pokles produkce si ječmen znovu obhájil svou pozici druhé nejvýznamnější obilniny (Kůst, Potměšilová 2010, 2011).

3.2.2.3 Rok sklizně 2011

Podle soupisu ploch osevů dosáhla celková osevní plocha ječmene pro rok 2011 výměry 372,8 tis. ha. Ve srovnání se skutečností předchozího roku znovu poklesla o 16,1 tis. ha. Důvodem tohoto poklesu bylo jak snížení osevních ploch jarního ječmene o 6,7 tis. ha na 272,0 tis. ha, tak také osevních ploch ozimého ječmene, které poklesly o 9,4 tis. ha na 100,8 tis. ha. Příčiny poklesu osevních ploch jarního i ozimého ječmene lze hledat v mírném zvýšení osevních ploch ozimé pšenice a také v minimu jarních zaorávek ozimých obilovin.

Průměrný hektarový výnos ječmene ve sklizňovém roce 2011 dosáhl hodnoty $4,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, přičemž u ječmene ozimého činil $4,64 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u jarního $4,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Svým nárůstem tak ozimý ječmen znovu potvrdil vysokou výnosovou schopnost z předchozích ročníků 2007 a 2009 a dosáhl páté nejvyšší výnosové hladiny od roku 1990. Na rekordním zvýšení hektarového výnosu u jarního ječmene mělo vliv především jeho včasné zasetí a také chladné počasí v rozhodujícím vegetačním období, v měsíci květen 2010, kdy došlo k dostatečnému formování generativních orgánů, které mají rozhodující vliv na výnos.

Průměrná úroveň výroby ječmene celkem v roce 2011 je pod vlivem vysokého hektarového výnosu spolu se současným poklesem osevních ploch u obou forem ječmenů. Porosty jarního ječmene byly v ročníku 2010/2011 založeny v optimálním agrotechnickém termínu (do konce měsíce března) a další průběh počasí (především chladná květnová dekáda v ČR) měl velmi pozitivní dopad na průběh celé vegetace především u jařin, což se samozřejmě projevilo na výši výnosu. (Kůst, Potměšilová 2011, 2012).

3.3 Chemické složení obilky ječmene

Vyzrálá obilka (zrno) ječmene obsahuje zpravidla 12 - 14 % vody a 88 - 86 % sušiny (Ehrenbergerová 2006). Sušinu tvoří (Tab. 2) organické látky (sacharidy, dusíkaté látky, tuky, fosfáty, polyfenoly, aj.) a anorganické látky (minerální látky). Množství vody pod 10 % již může zastavit životní děje v obilce, vyšší množství by pak mohlo iniciovat klíčení. Optimální vláhka zrna na skladování je 12 %. Vyšší vlhkost obilek rovněž v závislosti na teplotě skladování zkracuje dobu dormance. Ovšem se stoupající vlhkostí a teplotou klesá v době skladování schopnost obilek klíčit (Kosař et al. 2000). Kapitola chemického složení byla vypracována se zaměřením na téma práce.

Tab. 2 Chemické složení obilky ječmene [%] (MacGregor, Bhatti 1993)

Látka	Obilka
Sacharidy	
Škrob	60 – 65
– Amylóza 17 – 24 % škrobu	
– Amylopektin 76 – 83 % škrobu	
Nízkomolekulární sacharidy	
Sacharóza	1 – 2
Rafinóza	0,3 – 0,5
Maltóza	0,1
Glukóza	0,1
Fruktóza	0,1
Ostatní cukry	1
Neškrobové polysacharidy	
Hemicelulózy	
– Beta-glukany	3,3 – 4,9
– Arabinoxylany	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)
Rozpustné dusíkaté látky	1,9
Albuminy a globuliny	3,5
Hordeiny (prolaminy)	3 – 4
Gluteliny	3 – 4
Minerální látky	2

3.3.1 Škrob

Škrob je hlavní zásobní živinou rostlin sloužící jako pohotová zásoba glukózy (Velíšek 2002). Tvoří přibližně 45 až 65 % hmotnosti zrna (Newman, Newman 2008). Je uložen

v nerozpustných micelách - škrobových granulích dvou různých velikostí. Větší (granule typu A) mají eliptický tvar a průměr 10 – 40 μm , menší (granule typu B) mají sférický tvar a průměr 1 – 10 μm . Granule typu A se podílí na hmotnosti škrobu z 90 %, granule typu B pak z 10 % (Kosař et al. 2000). Škrob ječmene se skládá ze dvou homopolysacharidů α -D-glukopyranózy – amylozy a amylopektinu (Velíšek 2002).

Amylóza je lineární α -D-(1 \rightarrow 4)glukan, je tedy vlastně polymerem disacharidu maltózy. Je částečně esterifikována kyselinou fosforečnou a tvoří komplexy s lipidy (Velíšek 2002). I přesto, že je molekula amylozy považována za lineární, vyskytuje se u ní také v menší míře větvení (Newman, Newman 2008). Molekulová hmotnost amylozy se pohybuje od 10 do 50 kDa (Kosař et al. 2000).

Molekula amylopektinu se skládá z řetězců D-glukózových jednotek vázaných α -(1 \rightarrow 4) vazbami (polymer maltózy), z nichž se po 10 až 100 jednotkách rozvětvují vazbou α -(1 \rightarrow 6) postranní řetězce tvořené je isomaltózou (Velíšek 2002). Na rozdíl od amylozy jsou však řetězcové agregáty v amylopektinu relativně malé a 4 – 5 % meziřetězců s α -(1 \rightarrow 6) článkovaním vedou k vysoce větvené a kompaktní struktuře (Kosař et al. 2000). Prostorové uspořádání amylopektinu ovlivňuje mazovatění škrobu. Molekulová hmotnost amylopektinu je asi desetkrát větší, než u amylozy (Kosař et al. 2000; Ullrich 2010).

Standardní obsah jednotlivých složek v ječném škrobu je přibližně 20 – 25 % amylozy a 75 – 80 % amylopektinu. Tato množství však mohou být ovlivněna geneticky - např. u tzv. waxy typů ječmene (gen *wx*), kde je poměr změněn více ve prospěch amylopektinu, popř. obráceně (gen *amo 1*) ve prospěch amylozy (Ehrenbergerová 2006; Chloupek 2008). Waxy genotypy obsahují také více cukrů (Newman, Newman 2008). Relativní množství škrobu v obilce je také ovlivněno přítomností či absencí pluchy (gen *nud*) (Newman, Newman 2008; Ullrich 2010; Balounová et al. 2013), popř. přítomností genu *lys3a*, který je zodpovědný za vysoký podíl lyzinu (způsobujícího srašnění a snížení podílu endospermu na hmotnosti obilky, sníží tedy i obsah škrobu v něm se vyskytujícím (Ullrich 2010). Obsah škrobu a další vlastnosti chemického složení zrna ječmene (Tab. 3) závisí také na pluchatosti.

Molekula amylozy je vysoce polární a má vysokou tendenci tvořit molekulární asociace novými vazbami pomocí vodíkových můstků. Takto se vytváří gely, které získávají gumovitou strukturu a vyšší pevnost. Tento proces se nazývá retrogradace, nebo tvorba resistantního škrobu, který je definován jako frakce škrobu, která je odolná

vůči trávicím enzymům. Rezistentní škrob spolu s rozpustnou vlákninou je v tlustém střevě fermentován přirozenou mikroflorou za následné produkce těkavých mastných kyselin (octová, propionová, máselná). Tyto mastné kyseliny omezují fermentaci hnilobnými bakteriemi, jsou výživou pro enterocyty tlustého střeva a pozitivně tak ovlivňují jeho funkci (Velíšek 2002; Newman, Newman 2008). Behall et al. (2006a; 2006b) prokázal, že rezistentní škrob v lidské stravě snižuje po jídle inzulinovou odezvu a hladinu glukózy v krvi. Efekt je ještě silnější, pokud je ve stravě přítomna rozpustná vláknina potravy.

Tab. 3 Složení pluchatého a bezpluchého zrna waxy a nonwaxy genotypů ječmene (Newman, Newman 2005)

Látka/vlastnost	Nonwaxy		Waxy	
	Pluchatý	Bezpluchý	Pluchatý	Bezpluchý
Protein [%]	15,6	16,3	16,1	16,9
Ostatní extrakt [%]	2	2,1	2,3	2,6
Minerální látky [%]	2,7	2,1	2,8	2,1
Škrob [%]	55,9	61,3	51,5	58,5
Nízkomolekulární sacharidy* [%]	2,3	2,9	5	5,5
Vláknina [%]				
Celková potravní vláknina	17	13,2	19,6	13,8
Rozpustná potravní vláknina	4,4	4,9	5,9	6,3
Arabinoxylany	6,2	4,4	6,7	4,6
Celulóza	3,8	2,1	4,4	1,9
Lignin	2	0,9	1,8	0,9
Beta-glukany celkem	4,4	4,7	5,3	6,3
Rozpustné beta-glukany	2,6	2,6	3,2	3,4
Viskozita [mPa.s]	2,8	3,1	3,3	4,9
Objemová hmotnost [kg.hl ⁻¹]	67,8	74,5	66,4	73
HTS [g]	43,3	38,4	43,1	38,2

Pozn.: Nonwaxy - zrna se standardním složením endospermu a poměrem škrobu; Waxy - zrna s voskovitým endospermem a vysokým podílem amylopektinu na úkor amylozy.

* - glukóza, fruktóza, sacharóza, maltóza a fruktany

3.3.2 Neškrobové polysacharidy

Neškrobové polysacharidy (NSP) tvoří základní strukturální komponentu buněčných stěn zrna ječmene. Mezi neškrobové polysacharidy ječného zrna patří hemicelulosa (beta-glukany, arabinoxylany, glukomannany), celulóza, lignin a arabinogalaktany (Ullrich 2010; Jamar et al. 2011). I přesto, že lignin nepatří svou chemickou strukturou mezi polysacharidy, je kvůli jeho úzkému prolnutí s komponenty potravní vlákniny (zejména s celulózou a arabinoxylany) zahrnut do této skupiny (Newman, Newman

2008). Vlastnosti neškrobových polysacharidů, jejich obsah a poměr je v různých částech obilky odlišný (Ullrich 2010). Gamlath et al. (2008) prokázal, že komponenty buněčných stěn mají významný vliv na tvrdost zrna a příjem vody obilkou. Obalové vrstvy ječného zrna jsou tvořeny zejména celulórou a ligninem. Stěny buněk v endospermu jsou tvořeny ze 75 % beta-glukany, z 20 % arabinoxylany, ze 2 % celulórou a z 2 % glukomannany, stěny buněk v aleuronové vrstvě se pak stávají ze 71 % z arabinoxylanů, z 26 % z beta-glukanů a 3 % z celulózy a glukomannanů (Jamar et al. 2011). Neškrobové polysacharidy tvoří vlákninu potravy obsaženou v zrně ječmene, tu dělíme na nerozpustnou (celulóza, lignin, arabinoxylany a beta-glukany), a rozpustnou (arabinoxylany, beta-glukany [až polovina u ječmene], glukomannany a arabinogalaktany). Nerozpustná vláknina zvyšuje objem potravy, zkracuje dobu jejího průchodu zažívacím traktem a zlepšuje střevní peristaltiku. Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev, zpomaluje promíchávání jejich obsahu, omezuje přístup pankreatických amyláz a lipáz k substrátům a tím i absorpci živin střevní stěnou. Rozpustná vláknina je částečně štěpena trávicími enzymy již v horní části zažívacího traktu člověka (a dalších monogastrických živočichů). Nerozpustná vláknina odolává působení enzymů v tenkém střevě a je spolu s rozpustnou vlákninou více nebo méně metabolizována pouze mikroorganismy tlustého a slepého střeva. Konečnými produkty jsou plyny (oxid uhličitý a vodík, často i methan) a využitelné nižší mastné kyseliny (octová, propionová a máselná) (Velíšek 2002). Potravní vláknina ve stravě snižuje riziko srdečního onemocnění, hladinu glukózy a cholesterolu v krvi, inzulinovou odezvu, riziko obezity a zmírňuje průběh diabetu II. stupně (Chandalia et al. 2000; Liu et al. 2000; Slavin 2005; Salas-Salvadó et al. 2006; Djoussé, Gaziano 2007; Kochar et al. 2007; Marangoni, Poli 2008; Tovar et al. 2012). Účinek snížení hladiny krevního cholesterolu se vysvětluje sníženou absorpcí cholesterolu z viskóznější stravy, vazbou cholesterolu na vlákninu a jeho zvýšenou exkrecí výkaly. Dochází také k vazbě žlučových kyselin na vlákninu a jejich exkreci. Důsledkem je snížení zásoby žlučových kyselin v játrech a tento deficit je hrazen na účet cholesterolu. Syntézu cholesterolu v játrech navíc inhibují nižší mastné kyseliny vznikající fermentací vlákniny střevní mikroflórou (Velíšek 2002).

Zrno ječmene je již dlouho známo jako základní surovina pro výrobu sladu, využívá se ale také ke krmění hospodářských zvířat a nyní opět nachází využití i jako potravina, případně jako surovina pro výrobu funkčních potravin (Baik, Ullrich 2008; Havrlentová, Petuláková 2011). Limitujícím technologickým parametrem pro tato

použití je právě obsah dvou hlavních neškrobových polysacharidů - arabinoxylanů a beta-glukanů.

Tab. 4 Obsah arabinoxylanů a beta-glukanů [%] v zrně vybraných obilnin (Izydorczyk, Dexter 2008)

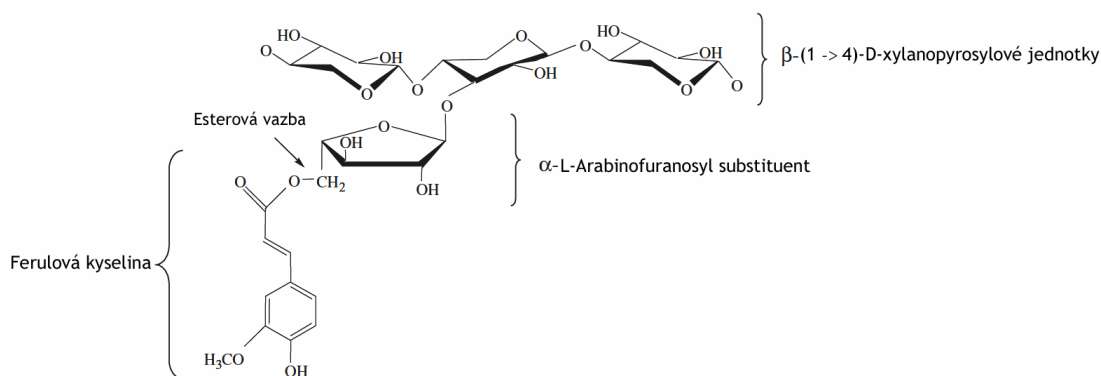
	Arabinoxylany	Beta-glukany
Ječmen	3,4 – 6,4	2,5 – 11,3
Oves	2,7 – 3,5	2,2 – 7,8
Žito	7,6 – 12	1,2 – 2,0
Pšenice *	2,4 – 10,8	0,2 – 1,8

Pozn.: * Upraveno dle Pritchard et al. (2011).

3.3.2.1 Arabinoxylany

Arabinoxylany (starším názvem pentosany) mají hlavní řetězec tvořen $(1 \rightarrow 4)\text{-}\beta\text{-D-xylanopyrosylovými}$ jednotkami, který je substituován $\alpha\text{-L-arabinofuranózou}$ (Niño-Medina et al. 2009). V řetězci arabinoxylanů se vyskytují také jednotky D-glukózy a další minoritní stavební jednotky (D-galaktóza, D-glukuronová kyselina, a některé další cukry) (Velíšek 2002). V obilce ječmene je přibližně 4 – 7 % arabinoxylanů (Newman, Newman 2008).

Specifickou vlastností arabinoxylanů ječmene (Obr. 3) je jejich esterifikace ferulovou kyselinou (přibližně od 0,07 % do 0,15 % celkové hmotnosti), díky níž disponují antioxidačními vlastnostmi. Obsah kyseliny ferulové je významně závislý na odrůdě, ročníku a lokalitě (Běláková et al. 2010; Ehrenbergerová et al. 2012). Ferulová kyselina je potenciální prekurzor 4-vinyl guajakolu, tedy fenolové cizí vůně a chutě piva. Vyšší domočení, vyšší teplota a delší doba sladování vedou k vyššímu obsahu volné ferulové kyseliny ve sladince (Mikyška et al. 2010). Ferulované arabinoxylany mají schopnost v prostředí volných radikálů tvořit kovalentní gely. Tyto gely mají zajímavé charakteristiky jako je neutrální vůně a chuť, makroporézní struktura a stabilita k pH a změnám koncentrací elektrolytů (Niño-Medina et al. 2009). Na arabinoxylany ječmene jsou vázány také další polyfenolické látky: *p*-kumarová kyselina a dehydrodimer ferulové kyseliny, vyskytují se v množství do 0,03 % hmotnosti zrna (Ullrich 2010).



Obr. 3 Chemická struktura ferulovaného arabinoxylanu (Niño-Medina et al. 2009)

Arabinoxylany jsou složkou jak nerozpustné, tak rozpustné vlákniny potravy. Rozpustnost arabinoxylanů je podmíněna jejich molekulovou hmotností, stupněm větvení, poměrem arabinosy ku xylose (ara:xyl - rozpustné arabinoxylany nejméně 0,60) a množstvím ferulové kyseliny (Velíšek 2002; Li et al. 2005; Izydorczyk, Dexter 2008; Ullrich 2010). Andersson et al. (2008) zkoumal obsah arabinoxylanů a vodou rozpustných arabinoxylanů ve vzorcích z deseti genotypů a zjistil, že arabinoxylany se v jejich otrubách vyskytují v rozmezí 5,81 až 9,03 % (z toho ve vodě rozpustné arabinoxylany 0,15 až 0,35 %) a v mouce v rozpětí od 1,40 do 2,24 % (vodou rozpustné od 0,15 do 0,38 %). Holtekjølen et al. (2006) zjistili negativní korelaci mezi obsahem arabinoxylanů a jejich stupněm větvení. Arabinoxylany jsou schopny vázat vodu (15 až 100 g vody na 1 g sušiny) (Velíšek 2002).

Izydorczyk a Dexter (2008) uvádí, že obsah arabinoxylanů v zrně ječmene závisí na genotypu, prostředí, ale jejich obsah se jeví méně variabilní, než obsah beta-glukanů. V porovnání s ostatními obilovinami je množství arabinoxylanů v zrně ječmene podobné jako u pšenice, nižší než u žita, ale vyšší než u ovesa (Tab. 4). Bezpluché genotypy obsahují zpravidla méně arabinoxylanů než pluchaté. To je dáno distribucí arabinoxylanů zejména v obalových vrstvách obilky. Po odstranění pluchy obsahují pluchaté genotypy obdobná množství arabinoxylanů jako genotypy bezpluché (Izydorczyk, Dexter 2008). Balounová et al. (2013) pak v zrně ječmene našla významný negativní vztah mezi obsahem arabinoxylanů a obsahem škrobu.

Struktura buněčných stěn ječmene omezuje při rmutování vyplavování škrobu a bílkovin do roztoku. Proto je potřeba buněčné stěny rozložit, aby mohly být bílkoviny i škrob mobilizovány (Kosař et al. 2000).

V procesu vaření piva mohou právě arabinoxylany způsobovat technologické problémy spojené s nižší extraktivností, vyšší viskozitou rmutu, sladiny i piva. Mohou tak přímo ovlivnit ekonomiku provozu (Han 2000; Li et al. 2005; Gupta et al. 2010). Problémy s vyšší viskozitou zapříčiněnou arabinoxylany jsou ještě významnější, pokud při vaření piva je použito surogace pšeničným zrnem, nebo je použito pšeničného sladu (Lu, Li 2006). Gamlath et al. (2008) uvádí, že ve dvou letech trvání pokusu našel silný pozitivní vztah mezi obsahem arabinoxylanů a tvrdostí zrna, v jednom roce pokusu se potvrdil také silný negativní vztah mezi obsahem arabinoxylanů a příjmem vody obilkou. Obsah arabinoxylanů tak může ovlivnit dobu máčení zrna ječmene při sladování i jeho mlynářské a pekařské vlastnosti (Gamlath et al. 2008; Izydorczyk, Dexter 2008).

Arabinoxylany jsou v průběhu sladování štěpeny xylanázami (EC 3.2.1.8), arabinofuranosidázami (EC 3.2.1.55), xyloacetylerázami (EC 3.1.1.72), a feruoyl esterázami (EC 3.1.1.73) (Havlová 1999; Bamforth, Kanauchi 2001). Aktivita xylanáz dosahuje svého maxima přibližně 72 hodin od začátku klíčení. V průběhu sladování částečně klesá obsah arabinoxylanů, zároveň však stoupá obsah vodou rozpustné frakce arabinoxylanů (Li et al. 2005). Li et al. (2005) rovněž uvádí, že při obsah všech arabinoxylanů 3,84 až 5,40 % (poměr ara:xyl 0,49 – 0,57) ve sladu byl obsah vodou rozpustných arabinoxylanů od 0,42 do 0,98 % (poměr ara:xyl 0,72 – 0,85). Vyšší teplota rmutování a vyšší stupeň rozemletí sladu zvyšuje množství arabinoxylanů uvolněných do sladiny (Lu, Li 2006).

Vodou rozpustné arabinoxylany vykazaly dle Li et al. (2005) významnou pozitivní korelaci s viskozitou sladiny i piva.

Viëtor et al. (1993) uvádí, že se po přidavku hydrolytického enzymu endoxylanázy (EC 3.2.1.8) (produkt *Aspergillus awamori*) snížila viskozita sladiny. Což dle autora potvrzuje fakt, že arabinoxylany pravděpodobně vazbami s beta-glukany hrají roli v určení viskozity sladiny. Viëtor et al. (1993) rovněž uvádí, že poměr arabinózy a xylózy arabinoxylanů se v zrně ječmene nízké sladovnické jakosti pohybuje od 0,60 do 0,62 (ara:xyl), u odrůd s dobrou sladovnickou jakostí od 0,70 do 0,71.

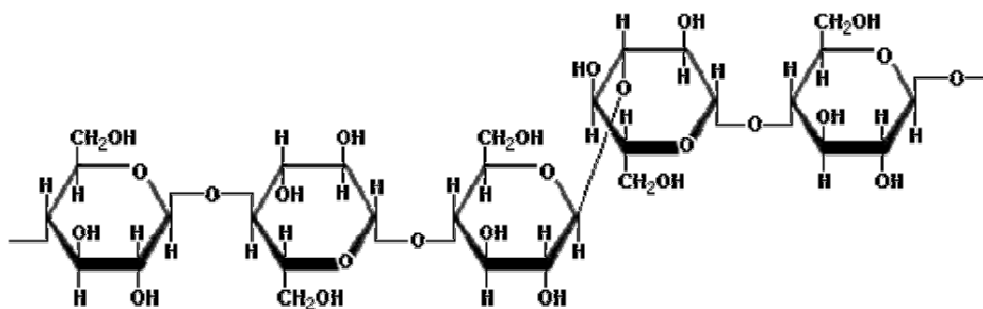
Arabinoxylany také nabízejí nutriční benefity rozpustné a nerozpustné vlákniny a díky fenolickým látkám v jejich molekulární struktuře také antioxidační vlastnosti (Izydorczyk, Dexter 2008). Hydrolýzou arabinoxylanů endoxylanázami vznikají arabinoxylanové oligosacharidy. Jak arabinoxylany, tak arabinoxylanové oligosacharidy jsou považovány za složky vlákniny potravy, které poskytují mj. také další benefity

vč. imunomodulační aktivity, snižování hladiny cholesterolu v krvi, zmírňují průběh diabetu II. typu, zvyšují absorpci určitých minerálů, a mají prebiotický efekt (Sanchez et al. 2009; Babio et al. 2010; Mendis, Simsek 2013). Snížení hladiny arabinoxylanů se vysvětluje sníženou absorpcí cholesterolu z viskóznější stravy, vazbou cholesterolu na vlákninu a jeho zvýšenou exkrecí výkaly. Dochází také k vazbě žlučových kyselin na vlákninu a jejich exkreci. Důsledkem je snížení zásoby žlučových kyselin v játrech a tento deficit je hrazen na účet cholesterolu. Syntézu cholesterolu v játrech navíc inhibují nižší mastné kyseliny vznikající fermentací vlákniny střevní mikroflórou (Velíšek 2002). Lu et al. (2004) uvádí, že denní dieta obsahující 15 g vlákniny bohaté na arabinoxylany významně zlepšila glykemickou kontrolu u lidí s diabetem II. typu.

Arabinoxylany jako součást rozpustné vlákniny mohou v krmivu hospodářských zvířat (monogastrů) tvořit gely, zvyšovat tak hustotu tráveniny, která pak může rychleji procházet trávicí soustavou, snižovat dostupnost živin krmné dávky i efektivitu její konverze (Iji 1999; Mrkvicová 2006; Newman, Newman 2008; Ullrich 2010). Neškrobové polysacharidy v trávenině mohou také zhoršit přístup emulgujícím žlučovým kyselinám, dostupnost živin trávicím enzymům, se kterými mohou také tvořit komplexy a tím sníží jejich aktivitu. Mohou také při kontaktu se střevní mukózou zalepit střevní klky (Mrkvicová 2006).

3.3.2.2 *Beta-glukany*

Ječné beta-glukany jsou polysacharidy, které jsou tvořeny β -(1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)-D-glukany. Beta-glukany jsou typické dvěma nebo více sousedícími (1 \rightarrow 4) vazbami (Velíšek 2002). Glukosidická β -(1 \rightarrow 4) vazba je v beta-glukanech ječmene zastoupena přibližně ze 70 %, vazba β -(1 \rightarrow 4) pak ze zbývajících 30 % (Kosař et al. 2000). Rozpustnost beta-glukanů klesá s jejich zvyšující se molekulovou hmotností (Cyran et al. 2002) a roste s vyšším stupněm narušením pravidelné β -(1 \rightarrow 4) struktury β -(1 \rightarrow 3) vazbami (Lazaridou, Biliaderis 2007). Rozpustnost beta-glukanů také ovlivňuje jejich enzymatický rozklad při sladování a rmutování (Bhatty 1996). Dle Rakha et al. (2012) se podíl rozpustné frakce z celkového obsahu beta-glukanů ječmene pohybuje v závislosti na genotypu a prostředí od 42,3 do 86,1 %. Koncentrace beta-glukanů v ječném zrně se pohybují od 2 - 8 % (Kosař et al. 2000), existují však také genotypy s výrazně vyššími obsahy - 14 až 16 % (Velíšek 2002). V porovnání s ostatními obilovinami je množství beta-glukanů podobné jako u ovesa, vyšší však než u pšenice a žita (Tab. 4).



Obr. 4 Chemická struktura ječného beta-glukanu se smíšenými β -(1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4) vazbami (Havrlentová, Petruláková 2011)

Je známo, že genotypy ječmene s waxy typem škrobu (Tab. 3) obsahují významně více beta-glukanů, než ječmeny se standardním složením škrobu (Oscarsson et al. 1996; Newman, Newman 2008; Ullrich 2010; Balounová et al. 2013). Obsah beta-glukanů ovlivňuje genotyp ječmene, pěstební prostředí i jejich vzájemné interakce (Holtekjølén et al. 2008; Křižanová, Žofajová 2010).

Byla nalezena silná negativní korelace mezi obsahem beta-glukanů a arabinoxylanů (Holtekjølén et al. 2006; Březinová Belcredi, Ehrenbergerová 2009) i obsahem škrobu (Havrlentová et al. 2010; Křižanová, Žofajová 2010). Můžeme tedy říci, že genotypy ječmene s vyšším obsahem beta-glukanů obsahují zároveň méně arabinoxylanů. Byl nalezen také silný pozitivní vztah (Güler 2003; Holtekjølén et al. 2006; Křižanová, Žofajová 2010) mezi obsahy beta-glukanů a bílkovin. Balounová et al. (2013) zjistila mezi obsahy beta-glukanů a bílkovin u waxy genotypů velmi vysoce silný pozitivní vztah, u genotypů se standardním složením škrobu pak nalezla vztah vysoce silně negativní.

Vyšší obsah beta-glukanů v pivovarských surovinách způsobuje zvýšení viskozity sladiny a piva, snížení varního výtěžku, prodlouženou dobu scezování a špatnou filtrovatelnost piva (Kosař et al. 2000). Beta-glukany se při nižší koloidní stabilitě piva mohou podílet na tvorbě zákalů (Leiper, Miedl 2008). Wang et al. (2004) našel statisticky významný vztah mezi obsahem beta-glukanů v zrně a obsahem beta-glukanů ve sladu i viskozitou sladiny, je tedy důležité sledovat obsah beta-glukanů ve sladovnické surovině - v zrně ječmene. Beta-glukany jsou v průběhu sladování štěpeny beta-glukanázami (Kosař et al. 2000; Newman, Newman 2008). Aktivita beta-glukanázy v zrně je zpočátku velmi nízká (od 38,7 do 58 U.kg⁻¹), prudce však v průběhu sladování roste (od 330 do 418 U.kg⁻¹) (Wang et al. 2004). Aktivita beta-

glukanázy závisí na genotypu ječmene, pěstebním prostředí, podmínkách během sladování (především na teplotě klíčení, délce klíčení a stupni domočení). Optimální působení enzymu se pohybuje v rozmezí pH 4,5 až 5,8, optimální teplota se udává v rozmezí 40 až 45 °C. Inaktivační teplota enzymu je 55 °C. Jeho aktivita se zvyšuje působením giberelové kyseliny (Kosař et al. 2000).

Přibližně 80 % beta-glukanů je v průběhu sladování rozloženo (Wang et al. 2004). Bhatta (1996) uvádí, že se v průběhu sladování snížil obsah beta-glukanů u pluchatých genotypů ze 4,4 na 1,2 %, resp. z 4,9 na 1,8 % u bezpluchých genotypů. Han (2000) pozoroval snížení obsahu beta-glukanů v průběhu sladování z původních 3,7 – 4,0 % v zrna na konečných 0,5 – 0,6 % pro slad. Wang et al. (2004) dále našel významnou pozitivní korelaci beta-glukanů sladu s viskozitou sladu a významnou negativní korelaci obsahu beta-glukanů ve sladu a Kolbachovým číslem (stupeň rozluštění bílkovin).

Během sladování a rmutování ječmene jsou beta-glukany štěpeny působením enzymů náležících do skupiny hemiceluláz. Výsledek působení celého komplexu těchto enzymů se nazývá cytolytické rozluštění sladu. Při sladování jde o dva základní postupy při cytolyze zrna ječmene:

1. uvolnění vysokomolekulárních beta-glukanů z komplexu s bílkovinami a jinými sloučeninami,
2. štěpení beta-glukanů s vysokou molekulovou hmotností na beta-glukany nízkomolekulární, případně až na glukózu.

Na katabolismu beta-glukanů se podílí celý komplex enzymů. Uvolnění vysokomolekulárních beta-glukanů je katalyzováno beta-glukan-solubilázou. Proces pokračuje působením endo-beta-glukanáz: endo-1,3-β-D-glukanáza (EC.3.2.1.39), endo-1,4-β-D-glukanáza (EC.3.2.1.4) a endo-1,3,1,4-β-D-glukanáza (EC 3.2.1.73) (Havlová 1999).

Nežádoucí vyšší obsah beta-glukanů i arabinoxylanů v pivovarských surovinách lze snížit komerčními enzymatickými preparáty. Ty se liší nejen v obsahu beta-glukanáz a xylanáz, ale i v jejich schopnostech redukovat viskozitu rmutu a zvyšovat extrakt. Pokud se do rmutu přidají v nižších koncentracích xylanázy, zvýší se viskozita sladiny. To se pravděpodobně děje díky uvolnění beta-glukanů, které byly arabinoxylany vázány v buněčných stěnách. Glukanázy mají větší dopad na viskozitu, než xylanázy. Kombinace xylanáz a glukanáz mají však ještě větší vliv na viskozitu a celkový extrakt, než samotné glukanázy či xylanázy. Tedy nejen absolutní hodnota exogenních enzymů,

ale také jejich vzájemný poměr ovlivňuje přístupnost glukánů glukánázám (Scheffler, Bamforth 2005). Jonkova a Surleva (2013) zkoumaly vliv aplikací enzymatických preparátů obsahujících beta-glukanázy (produkt *Aspergillus niger*) na kvašení mladiny. Preparáty zlepšily průběh fermentace mladiny, snížily viskozitu a zvýšily koloidní stabilitu piva. Na efekt solubilizace beta-glukanů mají vliv také xylianázy (EC 3.2.1.8), arabinofuranosidázy, (EC 3.2.1.55), xyloacetylerázy (EC 3.1.1.72) a feruoyl esterázy (EC 3.1.1.73) (Bamforth, Kanauchi 2001).

Při výrobě piva se někdy využívá sladových škrobnatých náhražek - surogátů nesladovaného zrna ječmene. Výhodou surogace ječmenem je kromě ceny i podobné chemické složení jako u sladu. Využívá se pro zlepšení chuti a pěnivosti. V zrně ječmene nejsou ještě beta-glukany štěpeny příslušnými enzymy. Aby se neovlivnila ekonomika výroby je potřeba pečlivě vybírat odrůdy, které mají v zrně právě co nejnižší obsah beta-glukanů. Vzhledem k průběhu scezování a filtrovatelnosti je vhodné aby podíl surogátu nepřekročil 10% podíl (Kosař 2000).

Gamlath et al. (2008) našel významný pozitivní vztah i mezi obsahem beta-glukanů a tvrdostí zrna, ale i významný negativní vztah mezi obsahem beta-glukanů a příjem vody obilkou. Beta-glukany tak významně ovlivňují mlynářské vlastnosti zrna, ale i jeho dobu máčení při sladování.

Beta-glukany ječmene jsou žádoucí složkou vlákniny potravy (Brennan, Cleary 2005). Mnohé studie prokazují (Keogh et al. 2003; Chen, Raymond 2008; Shimizu et al. 2008; Smith et al. 2008; Babio et al. 2010; Mitsou et al. 2010; Samuelsen et al. 2011; El Khoury et al. 2012; Tovar et al. 2012), že beta-glukany (podobně jako arabinoxylany) v lidské stravě pomáhají snižovat hladinu LDL cholesterolu a hladinu glukózy v krvi, inzulinovou odezvu po jídle, tělesnou hmotnost, krevní tlak, riziko srdeční choroby i rakoviny tlustého střeva a zároveň zmírňují průběh diabetu II. typu. Jako prebiotikum stimulují v tlustém střevě růst bakterií tvořících těkavé mastné kyseliny, které tvoří nevhodné prostředí pro růst patogenních rodů bakterií a zároveň slouží jako nutrienty pro střevní enterocyty. Ve studii AbuMweis et al. (2010) autoři uvádí, že v souhrnu studií od roku 1989 do 2008 beta-glukany obsažené ve stravě vedly k průkaznému snížení hladiny krevního cholesterolu o $0,30 \text{ mmol.l}^{-1}$ a LDL cholesterolu o $0,27 \text{ mmol.l}^{-1}$. Behall et al. (2004) zkoumal vliv konzumace dvou množství (3 a 6 g) ječných beta-glukanů denně. Autoři zjistili, že beta-glukany ve stravě významně snížily obsah velkých LDL, malých VLDL a středních LDL frakcí krevního cholesterolu, přičemž obsah HDL cholesterolu a triacylglycerolů v krvi zůstal v průběhu pokusu

nezměněn. Práce dalších autorů potvrzují (Keenan et al. 2007; Wolever et al. 2011), že beta-glukany o vysoké molekulové hmotnosti ve stravě mají na snížení hladiny LDL cholesterolu v krvi vyšší vliv, než beta-glukany o nízké molekulové hmotnosti. Wolever et al. (2011) pak vyvrací odlišnou reakci rozdílných etnik na beta-glukany ve stravě. Potraviny obsahující ječné beta-glukany v porovnání s potravinami běžnými také navozují vyšší pocit sytosti (Schroeder et al. 2009; Vitaglione et al. 2009; Patel, Goyal 2012). Byla vyvinuta řada metod extrakce (Lazaridou et al. 2008; Škrbić et al. 2009; Benito-Román et al. 2011; Mikkelsen et al. 2013) beta-glukanů z ječného zrna pro použití beta-glukanů do potravinářských výrobků. Fyziologický efekt takto extrahovaných beta-glukanů na lidské zdraví není jednoznačný (Brennan, Cleary 2005; Ibrügger et al. 2013).

Na základě vědeckých posudků (EFSA, NDA 2009; 2011) vydala Evropská Komise nařízení č. 1048/2012 ze dne 8. listopadu 2012, ve kterém schvaluje zdravotní tvrzení o pozitivním účinku beta-glukanů na snížení rizika onemocnění. V příloze nařízení je uveden text zdravotního tvrzení „Bylo prokázáno, že beta-glukan z ječmene snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Vysoká hladina cholesterolu je rizikovým faktorem pro vznik ischemické choroby srdeční“, zároveň je uvedeno “Je třeba informovat spotřebitele, že příznivého účinku je dosaženo na základě denního příjmu 3 g beta-glukanu z ječmene. Tvrzení lze použít u potravin, které obsahují alespoň 1 g beta-glukanu z ječmene v kvantifikované porci.“

Americký úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) schválil v roce 2006 zdravotní tvrzení (CFR 101.81, dostupné na: <http://www.accessdata.fda.gov>), ve kterém uvádí, že konzumace zrna ječmene a ječných výrobků vede ke snížení rizika koronárních onemocnění. Pro splnění požadavků tvrzení musí jedna porce obsahovat alespoň 0,75 g rozpustných beta-glukanů. Pokud výrobek splňuje tyto podmínky může být označen textem „Rozpustná vláknina z potravin jako je [jméno potravin], jako součást stravy s nižším obsahem nasycených mastných kyselin a cholesterolu může snížit riziko srdečního onemocnění. Jedna porce [jméno potravin] dodává [x] gramů rozpustné vlákniny nezbytné pro vyvolání tohoto efektu.“ Zároveň však uvádí, že k tomu aby byly splněny požadavky tvrzení je potřeba denně zkonsumovat alespoň 3 g rozpustných beta-glukanů.“

Beta-glukany na druhou stranu mohou představovat problém v krmivu hospodářských zvířat (zejm. monogastrů), kde mohou snižovat využitelnost živin. O'Shea et al. (2010) uvádí, že přídatek beta-glukanáz do krmiva na ječné bázi pro

prasata vedl ke zvýšení využitelnosti krmiva (zejm. bílkovin), vedl však také ke zvýšení amoniakálního zápachu hnoje. O'Shea et al. (2011) v další práci uvádí, že přídavek beta-glukanů do krmiva na pšeničné bázi (až na úroveň krmiva na ječné bázi) nezpůsobil v porovnání s ječným krmivem snížení využitelnosti živin, zápach hnoje byl pak podobný, množství amoniakálních emisí bylo u ječné výživy stále nižší. Pieper et al. (2012) pak prokázal, že beta-glukany z bezpluchého ječmene s vysokým obsahem amylózy přítomné ve stravě selat podporují tvorbu těkavých mastných kyselin a tím tvoří nevhodné prostředí pro patogenní bakterie (*Salmonella typhimurinum var. Copenhagen* a *Clostridium*), omezují jejich růst a pomáhají omezovat jejich přenos mezi selaty. Bylo také zjištěno (Metzler-Zebeli, Zebeli 2013), že 6% přídavek beta-glukanů do krmiva prasat může snížit emisi NH₃ až o jednu polovinu. Pozitivní vliv beta-glukanů ve stravě se zvyšuje s tělesnou hmotností prasat, proto je lepší přidávat beta-glukany při dokrmování, než při odstavení. Neškrobové polysacharidy bezpluchého ječmene pak způsobují problémy i při výživě brojlerů, kde snižují příjem krmiva, jeho konverzi a živý přírůstek u zvířat (Iji 1999; Sharifi et al. 2012).

3.3.2.3 *Celulóza*

Celulóza je vysokomolekulární lineární homoglukan složený z D-glukózových jednotek vázaných β -(1→4) glykosidovými vazbami (Velíšek 2002). Podíl celulózy v zrna ječmene je 4 - 7 % (Kosař et al. 2000). Až 96 % celulózy zrna je pak obsaženo v pluše, kterou tvoří až ze 40 % hmotnosti (Newman, Newman 2008). Dále je také obsažena i v klíčku, oplodí a osemení (Kosař et al. 2000; Ullrich 2010). Neúčastní se metabolismu probíhajícího v zrna, při sladování a rmutování se nemění. Ve vodě je nerozpustná a chemicky i enzymově těžko štěpitelná (Kosař et al. 2000).

3.3.2.4 *Lignin*

Lignin je kopolymerem fenylypropanových jednotek odvozených od ferulylalkoholu, *p*-kumarylalkoholu a sinapylalkoholu. Tyto fenylypropanové jednotky jsou nepravidelně vázány do trojrozměrných strukturu etherovými vazbami (C-O-C), nebo vazbami mezi dvěma atomy uhlíku (C-C) (Velíšek 2002). V obilkách pluchatých genotypů se lignin vyskytuje přibližně ve 2 % sušiny. Je inkrustační složkou celulózy v obalových částech zrna (Kosař et al. 2000). Vzhledem k tomu, že se lignin (podobně jako celulóza) vyskytuje zejména v pluše, bezpluché genotypy jej oproti pluchatým genotypům obsahují výrazně méně (Ullrich 2010). V zrna je dále lokalizován zejména v buněčných

stěnách aleuronové vrstvy. Lignin je vázán na polysacharidy buď přímo prostřednictvím cukerných zbytků, nebo nepřímo prostřednictvím ferulové kyseliny, kterou jsou esterifikovány arabinoxylany (Velíšek 2002; Ullrich 2010). Celulóza, arabinoxylany a lignin pak tvoří největší část pluchy, která je důležitá nejen při klíčení v průběhu sladování, ale i při procesu vaření piva, kde pomáhá při filtraci (Newman, Newman 2008).

3.3.2.5 *Ostatní neškrobové polysacharidy*

Gumovité látky jsou hemicelulózy rozpouštějící se ve vodě za vzniku koloidních roztoků.

Glukomannany jsou polymery (1 → 4)-β-D-glukomannanu, které jsou tvořeny přibližně z 30 % β-glukopyranózou a z 70 % β-D-mannopyranózou. Jsou minoritní složkou buněčných stěn zrna ječmene, která tvoří asi 2 % všech neškrobových polysacharidů (Ullrich 2010; Jamar et al. 2011).

Arabinogalaktany patří mezi další neškrobové polysacharidy zrna ječmene (Lazaridou et al. 2008). Holtekjølen et al. (2006) zjistil jejich obsah v zrně 39 genotypů v rozmezí od 0,75 do 1,13 %. Rovněž uvádí, že pluchaté genotypy obsahovaly vyšší koncentrace arabinogalaktanů, než genotypy bezpluché. Obsah arabinogalaktanů byl kvantifikován také u pšenice, kde dosahoval hodnot 0,02 – 0,03 % (Ullrich 2010). Arabinogalaktany tvoří sloučeniny s peptidy, které ovlivňují rostlinný růst a vývoj (Suzuki et al. 2002).

3.3.3 *Dusíkaté látky*

Obsah dusíkatých látek se v ječmeni pohybuje přibližně od 7 – 18 %, přičemž jejich obsah je významně ovlivněn agroekologickými podmínkami a genotypem. Mezi dusíkaté látky patří zejména bílkoviny, aminokyseliny, peptidy, dusíkaté báze, složky fosfatidů, amidy, amonné soli, aj.

Bílkoviny jsou biopolymery tvořené základními jednotkami - aminokyselinami. Nejvyšší zastoupení bílkovin v obilce je v endospermu, aleuronové vrstvě a embryu. Bílkoviny ječmene se člení dle rozpustnosti v různých rozpouštědlech na albuminy, globuliny, hordeiny a gluteliny. Většina cereálních bílkovin je chudá na esenciální aminokyselinu lyzin. Nyní existují genotypy ječmene s genem „*lys3a*“, které mají zvýšený obsah lyzinu (Ehrenbergerová 2006). Bílkoviny ječmene jsou v průběhu sladování a rmutování částečně rozluštěny a rozčleněny dle molekulární velikosti na odpovídající frakce. Stupeň rozluštění bílkovin ovlivňuje pěnivost piva, jeho plnost

i chemickou a fyzikální stabilitu piva. Vysokomolekulární bílkoviny zvyšují pěnovost, mají však za následek sníženou koloidní stabilitu piva. Bílkoviny jsou při kvašení piva zdrojem volného aminodusíku pro kvasinky (Kosař et al. 2000).

3.3.4 Nízkomolekulární sacharidy

Nízkomolekulární sacharidy (cukry) se v obilce vyskytují přibližně v 1 – 3 % celkové hmotnosti obilky. Nejvíce se vyskytují v embryu, jejich obsah je závislý hlavně na stupni zralosti. Z cukrů je nejvíce zastoupena sacharóza, rafinóza, maltóza, maltotrióza, glukóza a fruktóza. Obsah cukrů v obilce (zejm. maltózy) se výrazně zvyšuje v období klíčení, kdy dochází k hydrolýze polysacharidů působením příslušných enzymů (Kosař et al. 2000; Ehrenbergerová 2006).

3.3.5 Lipidy

Lipidy jsou v zrně zastoupeny asi 1 – 3 % hmotnosti. Jsou obsaženy zejména v aleuronové vrstvě, v pluchách a klíčku. Lipidy ječmene jsou tvořeny převážně triglyceridy. Právě tuky jsou estery vyšších mastných kyselin (hlavně linolová, olejová a palmitová) a glycerolu. V zrně ječmene se vyskytují také heterolipidy (fosfolipidy, lipoproteiny a glykolipidy), mezi které se řadí i tzv. hořké látky ječmene (hořké pryskyřice), které mají typickou svíravou chuť a antiseptické vlastnosti (Kosař et al. 2000; Velíšek 2002). Volné mastné kyseliny zhoršují pěnovost piva (Kosař et al. 2000).

3.3.6 Minerální látky

Obsah minerálních látek (popelovin) kolísá v zrně ječmene od 2 do 3 %. Mezi nejhojněji zastoupené patří fosfor, draslík, křemík, hořčík, mezi méně zastoupené patří vápník, sodík, železo, hliník a molybden. Minerální látky se podílí na činnosti řady enzymů (Ehrenbergerová 2006).

3.4 Užitécké směry ječmene

Historicky bylo zrno ječmene využíváno jako potravina a krmivo pro hospodářská zvířata, následně se zrno ječmene začalo sladovat a nyní se využívá také jako surovina pro průmysl. Kvalita zrna ovlivňuje způsob jeho výsledného užití, zpracování i kvalitu finálního výrobku. Kromě zrna jsou využívány i nadzemní části rostliny ječmene a to jak v zelené formě, tak i jako sláma (Zimolka 2006; Psota, Ehrenbergerová 2008; Kůst, Potměšilová 2013).

3.4.1 Ječmen pro sladovnické využití

Největší část naší produkce ječmene je využívána ke sladování. I přesto, že jsou u nás registrovány i ozimé sladovnické odrůdy (např. Wintmalt), je v naší republice sladováno převážně zrno pluchatých dvouřadých odrůd ječmenů jarního typu. Ozimé odrůdy poskytují v porovnání s jarními vyšší teoretický výnos a jejich zrno je větší, mají však nižší výnosovou jistotu z důvodu nízké zimuvzdornosti (Psota, Ehrenbergerová 2008; Horáková et al. 2012). Požadavky na sladovnický ječmen uvádí ČSN 46 1100-5.

Sladovnickou kvalita ječmene je u nás hodnocena podle „Ukazatele sladovnické jakosti“ (USJ). Mezi hlavní kritéria jakosti (Tab. 5) patří extrakt v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita (křehkost sladu), obsah beta-glukanů ve sladině, dusíkaté látky v zrnu ječmene a nově čirost sladiny. Sladovnická jakost je vyjádřena body v rozmezí 1 – 9, přičemž jako vhodné pro sladovnický průmysl jsou označeny odrůdy s alespoň čtyřmi body. Sladovnická jakost konkrétní odrůdy může být významně ovlivněna ročníkem, lokalitou i úrovněmi chemického ošetření. (Kosař et al. 2000; Psota, Kosař 2002; Psota, Ehrenbergerová 2008).

Tab. 5 Optimální hranice parametrů USJ a jejich váha pro zhodnocení (Psota, Kosař 2002)

Parametr	Optimální hranice	Váha	Jednotka
Bílkoviny v zrnu ječmene	10,2 - 11,0	0,01	%
Extrakt v sušině sladu	83,0	0,30	%
Relativní extrakt při 45 °C	40,0 - 48,0	0,20	%
Kolbachovo číslo	42,0 - 48,0	0,10	%
Diastatická mohutnost	300	0,10	j.WK
Dosažitelný stupeň prokvašení	82	0,10	%
Friabilita	86	0,10	%
Beta-glukany ve sladině	100	0,10	mg.l ⁻¹
Součet vah		1,01	

Pozn.: j.WK - jednotky Windisch-Kolbacha

Ekonomický tlak 20. století vedl ve světě k modernizaci pivovarských provozů, které následně předefinovaly požadavky na kvalitu ječmene. Nově jsou preferovány odrůdy, které vyhovují automatizované a kondenzované výrobě, tedy odrůdy se silnou enzymatickou aktivitou, vysokým extraktem, vysokým stupněm rozluštění a vysokým stupněm dosažitelného prokvašení. Výsledkem tohoto procesu byla změna sensorického charakteru evropských a světových piv. V České republice byla historicky zachována tradiční výroba světlého ležáku. V roce 2008 byla podána žádost o chráněné zeměpisné

označení (CHZO), která byla před koncem téhož roku nařízením komise (ES) přijata pod číslem 1014/2008 označením „České pivo“. Jedná se o pivo charakterizované dekokční metodou rmutovacího procesu, vařením mladiny, skutečným svařováním chmele a odděleným dvojstupňovým kvašením. Odrůdy vhodné pro České pivo doporučuje VÚPS, a.s. Odrůdy jsou doporučovány po víceletých zkouškách na základě požadovaných vlastností uvedených v žádosti o CHZO České pivo. Pro České pivo jsou vhodné odrůdy ječmene s nižším stupněm cytolytického a proteolytického rozluštění sladu a nižším dosažitelným stupněm prokvašení mladiny (s vyšším výsledným extraktem tvořeným převážně dextry). Chuťový profil Českého piva je zaručen tím, že nejméně 80 % celkového množství sladového šrotu tvoří slad vyrobený ze schválených odrůd (Psota 2009). Na základě charakteristiky starších odrůd byly navrženy technologické parametry (Tab. 6) pro nové odrůdy vhodných pro výrobu Českého piva (Psota 2012).

Tab. 6 Sladovnické parametry ječmene určeného pro výrobu Českého piva (Psota 2012)

Parametr	Rozsah	Hodnota	Jednotka
Extrakt v sušině sladu	min.	80,0	%
Kolbachovo číslo		39 ± 3	%
Diastatická mohutnost	min.	220	j.WK
Dosažitelný stupeň prokvašení	max.	82	%
Friabilita	min.	75,0	%

Pozn.: j.WK - jednotky Windisch-Kolbacha

Goñi et al. (2008) uvádí, že v pivu je přibližně 2 g.l⁻¹ vlákniny potravy, přičemž největší podíl je tvořen převážně arabinoxylany, kterých je v pivu přibližně dvojnásobně více než beta-glukanů. Arabinoxylany a beta-glukany v pivu se také marginálně podílejí na stabilitě pěny (Leiper, Miedl 2008).

Ječný slad se využívá také k výrobě whisky (Newman, Newman 2008).

3.4.2 Ječmen pro krmné využití

Pro krmné účely jsou využívány ječmeny jak ozimé i jarní, bezpluché i pluchaté a dvouřadé i víceřadé. Bezpluché ječmeny dlouho nebyly považovány za krmné, to se stalo až koncem 80. let až začátku 90. let dvacátého století, kdy se registrovaly první odrůdy s vysokým výnosem (Newman, Newman 2005). V chovu hospodářských zvířat je rovněž využívána ječná sláma, která slouží jako podestýlka. Vzhledem k tomu, že pro sladování není spotřebována veškerá produkce sladovnického ječmene, je nevyužitý

zbytek zpravidla zužitkován také ke krmení. Pro krmné účely je směrodatný obsah živin - zejména škrobu, dusíkatých látek a dalších stravitelných sacharidů. Limitujícím faktorem je na druhou stranu obsah antinutričních látek - neškrobových polysacharidů, inhibitorů proteáz a fytátů. Požadavky na krmný ječmen uvádí ČSN 46 1200-3.

Sacharidy v zrně ječmene jsou nejdůležitějším zdrojem energie. Ze sacharidů je energeticky nejvýznamnější škrob. Obsah škrobu je odrůdovou vlastností a je v negativním vztahu s obsahem bílkovin. Škrob v zrně stávajících odrůd sladovnického ječmene vykazuje vysokou stravitelnost (95 – 100 %). Součástí ječného zrna je i malé množství využitelných mono a oligosacharidů. Důležitým nutričním parametrem krmného ječného zrna je obsah bílkovin a jejich biologická hodnota. Ta je snížena nízkými koncentracemi esenciálních aminokyselin (lyzin, threonin, methionin, tryptofan). Tento nedostatek lze kompenzovat odrůdami s vysokým obsahem lyzinu, případně smícháním při výrobě krmné směsi s komplementárním bílkovinným zdrojem saturujícím limitující aminokyseliny ječmene (např. extrahovaný sojový šrot) (Mrkvicová 2006; Vaculová 2006).

Vláknina obsažená v ječmeni negativně ovlivňuje stravitelnost a využitelnost živin zrna pro různé druhy a kategorie hospodářských zvířat. Využití vlákniny kolísá v závislosti na druhu hospodářských zvířat, zdroji vlákniny, stupni lignifikace a úrovni zpracování. Vláknina snižuje využitelnost živin zejména u monogastrických zvířat (prasata, drůbež, koně). Negativní účinek je však také pozorován i u dojníc, kde nadbytečná hladina vlákniny v krmné dávce limituje fermentaci v bachoru a tak snižuje produkci mléčného tuku (Vaculová 2006).

Kyselina fytová je hlavním zásobním zdrojem fosforu pro ječmen. Představuje 65 – 80 % fosforu v zrně. Kyselina fytová vytváří s minerálními látkami nerozpustné soli - fytáty a přímo tak omezuje jejich využitelnost (zejména zinku, hořčíku, železa a vápníku). Fytáty jsou biologicky neúčinné komplexy, které blokují některé trávicí enzymy u zvířat a člověka a negativně ovlivňují využitelnost živin a nutričně významných látek. Monogastrická hospodářská zvířata a ani lidé nemají vhodné enzymatické systémy, které by mohly kyselinu fytovou a její deriváty účinně štěpit. Využití fytátového fosforu je tak silně omezeno zejména u citlivých monogastrů. Nestrávené fytáty a nevyužitý fosfor přechází do vnějšího prostředí, kde se hromadí v půdě, vyplavuje se do vod, kde představuje nezanedbatelný zdroj znečištění životního prostředí. Fytáty ječmene se mohou tedy podílet na eutrofizaci vod, která má za následek vznik tzv. vodního květu (Vaculová 2006; Vaculová et al. 2011).

Polyfenoly se řadí mezi další látky omezující stravitelnost ječného zrna. Volné fenolové kyseliny se podílejí na tvorbě o-chinonů, které jsou schopny vázat esenciální aminokyseliny - lyzin a methionin. Do skupiny polyfenolických látek se řadí také třísloviny, které působí škodlivě na sliznice trávicího traktu, denaturují digestivní enzymy, čímž snižují odbourávání a resorpci živin z krmiva. Vůči tříslovinám je nejvíce citlivá drůbež (Vaculová 2006; Vaculová et al. 2011).

Další nebezpečnou skupinou látek jsou mykotoxiny. Mykotoxiny jsou sekundární metabolity houbových patogenů (*Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicilium*, *Alternaria*). V zrna ječmene se z mykotoxinů mohou vyskytovat hlavně nivalenol, deoxynivalenol (DON, vomitoxin), 3-acetyldeoxynivalenol, 15 acetyldeoxynivalenol, fusarenon-X, aflatoxiny, ochratoxin, trichotheceny, zearalenon (Doležal, Zeman 2006; Hajšlová et al. 2007). Mykotoxiny mohou na organismus působit hepatotoxicky, neurotoxicky, nefrotoxicky, ale i mutagenně, karcinogenně a teratogenně. Chronická expozice mykotoxinům může u dojnic snížit produkci mléka, u nosnic snížit produkci vajec a obecně zpomalit nárůst hmotnosti. (Smith, Hamilton 1970; Bradburn et al. 1994; Velíšek 2002; Doležal, Zeman 2006). Nejcitlivější jsou na deoxynivalenol prasata, u nichž způsobuje již v nízkých koncentracích odmítání krmiva. U ostatních hospodářských zvířat způsobují nízké koncentrace deoxynivalenolu snižování příjmu krmiva, ve vyšších koncentracích způsobuje zvracení až odmítání krmiva (Placinta et al. 1999).

3.4.3 Ječmen pro výrobu potravin

Užití zrna ječmene se v průběhu domestikace vyvinulo z převážně potravinářského na nynější sladovnické a krmivářské. Ač je potravinářský ječmen dodnes v některých kulturách (v Asii a severní Africe) využíván velkou měrou, můžeme v současnosti na celém světě pozorovat obnovený zájem o potravinářské využití této plodiny. Zvýšený zájem o potravinářské využití ječmene lze vložit do kontextu s obsahem důležitých nutričních látek – neškrobových polysacharidů a rezistentního škrobu a s jejich prospěšnými účinky na lidské zdraví (kapitoly 3.3.1, 3.3.2.1 a 3.3.2.2).

Arabinoxylany, beta-glukany i rezistentní škrob ječmene patří do skupiny prebiotik, jsou tedy částí potravy, která není stravitelná, ale podporuje v tlustém střevě růst bifidobakterií a bakterií mléčného kvašení (Sanchez et al. 2009; Mitsou et al. 2010; Patel, Goyal 2012).

U ječmene jsou ceněny i antioxidační vlastnosti, které má díky obsahu enzymu superoxiddismutázy (SOD), tokoferolů a tokotrienolů (izomery vitamínu E), i kyselině ferulové. Tokotrienoly obsažené v ječném zrně podporují také útlum syntézy cholesterolu v játrech člověka (Psota, Ehrenbergerová 2008; Březinová Belcredi et al. 2010; Ehrenbergerová et al. 2012).

Ječmen je u nás tradičně potravinářsky využíván v obrušované formě - v podobě krup, ale také ve formě vloček a mouky (Psota, Ehrenbergerová 2008). Ječné kroupy jsou v naší republice nejrozšířenější ječnou potravinou. Při jejich výrobě se odstraní vnější obalové vrstvy a klíček. Kroupy jsou historickou součástí českého jídelníčku, kroupy jsou využívány jako přílohy při zabíjačkách, při zavářkách do polévek, či v jiných tradičních pokrmech (kuba) (Petr, Psota 2007; Newman, Newman 2008). Obrušování obilí při výrobě krup snižuje obsah nerozpustné vlákniny (celulózy, ligninu), popela a volných lipidů, proporciálně se ale zvyšuje obsah škrobu a beta-glukanů (Baik, Ullrich 2008; Panfili et al. 2008). Panfili et al. (2008) uvádí, že obroušení 30 % vnějších vrstev ze zrna ječmene snížilo sumu tokoferolů a tokotrienolů z původních 48,1 mg.kg⁻¹ na výsledných 8,0 mg.kg⁻¹.

Dalším ječným výrobkem jsou ječné vločky, které se používají do cereálních výrobků jako müsli tyčinek, snídaňových směsí, využití nacházejí také jako součást pudingů, jogurtů, chleba, pečiva, i masových výrobků (Škrbić et al. 2009).

Pro výrobu potravin se využívají i beta-glukany extrahované z ječného zrna. Např. Havrlentová et al. (2013) uvádí, že takto extrahované beta-glukany je možné přidávat do chleba i kečupů. Přídavek beta-glukanů pak nemění jejich senzorycké vlastnosti. Uvádí dále, že beta-glukany sice snižovaly kyselou chuť kečupů, ale neovlivňovaly jejich celkovou chutnost. Moriarty et al. (2011) nezjistil vliv doby a teploty skladování na rozpustnost a viskozitu beta-glukanů v jimi obohacených potravinách. Beta-glukany ovlivňují strukturu pečiva, pomáhají udržovat vlhkost a regulují dynamiku odparu vody z pečiva. Zároveň však zvyšují tuhost pečiva, která může být snížena přídavkem lepku. Zvyšuje se však vlhkost střídy chleba a čerstvost v průběhu skladování. Extrahované beta-glukany se dále využívají při výrobě těstovin, nudlí, koláčků, salátových dressingů, nápojů, polévek a mléčných a masných výrobků se sníženým obsahem tuku (Brennan, Cleary 2005; Lazaridou, Biliaderis 2007).

Z ječmene nelze klasickým způsobem připravit chleba, protože bílkovinné frakce nemají takové vlastnosti jako pšeničný lepek (Petr, Psota 2007). Další problém

při pečení chleba představuje aktivita alfa-amylázy (nízké číslo poklesu), která je u ječmene oproti pšenici výrazně vyšší.

Vzhledem k tomu, že fytáty obsažené v zrně ječmene snižují využitelnost živin a významných nutričních látek (zejm. zinku a železa) je vhodné, aby pro potravinářské (stejně jako krmivářské) využití byly vybírány genotypy s co nejnižšími koncentracemi těchto antinutrientů (Vaculová et al. 2011).

Nově se zájem veřejnosti soustředí také na nápoj z mladých rostlin ječmene. Pro výrobu jsou sklízены zelené nadzemní části rostlin ve vhodné růstové fázi. Takto sklizená biomasa obsahuje vysoká množství zdravích prospěšných látek, zejména pak vitamínu E, vitamínu C, superoxiddismutázy, katalázy, aminokyselin, polyfenolů a dalších fenolických látek (Paulíčková et al. 2007; Prýma et al. 2007; Ehrenbergerová et al. 2009; Březinová Belcredi et al. 2010).

3.4.4 Ječmen pro pícninářské využití

Ječmen je využíván i jako píce a to krycí plodina pro výsev víceletých pícnin (vojtěšky, jetele a jetelotrav). Vhodné jsou odrůdy ranější v metání, méně odnoživé a odolnější vůči poléhání. Pro GPS (Ganz Pflanzen Schrott) sklizeň se využívá zejména ječmene ozimého, který je sklizen v mléčné až voskové zralosti, kdy má ječmen nejvyšší obsah sušiny a energie (Zimolka 2006).

3.4.5 Ječmen pro průmyslové využití

Pro průmyslové využití se spotřebovává zpravidla ječmen, který byl nevhodný ke sladovnickému, potravinářskému či krmivářskému využití. Pro průmyslové zpracování je důležitý vysoký obsah škrobu. Ječmen je možné využívat pro výrobu ethanolu a škrobu. Využívá se i v jiných průmyslových odvětvích, např. při výrobě celulózy, papíru, lepidel, fenolformaldehydových pryskyřic, detergentů, mýdel, vosků, barev a dalších produktů. Je využíván v kosmetickém průmyslu, kromě jiného i pro zubní hygienu a různých enzymů. Většina těchto produktů využívá ječný škrob. Ten slouží též pro hydrolýzu na různé cukerné sirupy (Zimolka 2006; Petr, Psota 2007).

4 MATERIÁL A METODIKA

Obsah arabinoxylanů a beta-glukanů byl stanoven v obilkách (zrnu) souboru sedmi sladovnických pluchatých odrůd, tří bezpluchých linií a jedné bezpluché odrůdy ječmene jarního. Tyto byly pěstovány v polních pokusech v letech 2009 až 2011 na lokalitách Branišovice, Kroměříž a Žabčice ve dvou intenzitách chemického ošetření. Pro hodnocení odrůd ječmene ozimého byly použity vzorky z polních pokusů na lokalitách Kroměříž, Staňkov a Žatec z roku 2011. Soubor ječmene ozimého obsahoval tři nesladovnické odrůdy a jednu odrůdu sladovnickou.

4.1 Charakteristiky pokusných lokalit

4.1.1 Lokality pěstování ječmene jarního

4.1.1.1 *Branišovice*

Obec Branišovice (kraj Jihomoravský, okr. Brno-venkov) leží v geomorfologickém celku Dyjsko-svrateckého úvalu, v podcelku Drnholecké pahorkatiny, v okrsku Olbramovické pahorkatiny, která má sklon k jihovýchodu. Odrůdy ječmene jarního byly pěstovány na plochách šlechtitelské stanice RAGT Czech, s.r.o., Branišovice. Nadmořská výška pokusných ploch je přibližně 190 m n.m. S dlouhodobou průměrnou roční teplotou 8,8 °C a dlouhodobým průměrným ročním úhrnem srážek 460 mm lokalita spadá do kukuřičné výrobní oblasti. Genetický půdní typ pokusné stanice je černozem typická, půdní druh hlinitá půda (střední) (Horáková et al. 2012).

4.1.1.2 *Kroměříž*

Město Kroměříž (kraj Zlínský, okr. Kroměříž) se nachází v jižní části Hané. Vzorky ječmene jarního byly pěstovány konkrétně na pokusných plochách Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o. Nadmořská výška pokusných ploch se pohybuje kolem 235 m n.m. Lokalita spadá do řepařské výrobní oblasti. Dlouhodobá průměrná teplota stanoviště je 8,7 °C a dlouhodobý průměrný úhrn srážek činí 599 mm. Genetický půdní typ lokality je černozem luvická, půdní druh hlinitá půda (střední) (Horáková et al. 2012).

4.1.1.3 Žabčice

Obec Žabčice (kraj Jihomoravský, okr. Brno-venkov) leží v Dyjsko-svrateckém úvalu. Pokusný materiál byl pěstován na pozemcích Školního zemědělského podniku Mendelovy univerzity v Brně (Obr. 5). Nadmořská výška pozemků činí 187 m n.m., dlouhodobý průměr teplot a srážek na lokalitě je 9,2 °C a 480 mm. Pozemky náleží ke kukuřičné výrobní oblasti. Genetický půdní typ zkušební stanice je fluvizem typická, půdní druh je pak jílovitohlinitá půda (těžká) (Horáková et al. 2012).

4.1.2 Lokality pěstování ječmene ozimého

4.1.2.1 Kroměříž

Viz kapitola 4.1.1.2.

4.1.2.2 Staňkov

Město Staňkov (kraj Plzeňský, okr. Domažlice) se nachází mezi Domažlicemi a Plzní, přibližně 35 km od státních hranic s Německem. Staňkov se rozprostírá v údolí řeky Radbuzy a to po jejích obou stranách. Zkušební stanice leží ve 370 m n.m. Třicetileté průměry činí pro úhrn srážek 537 mm a teplotu 8,1 °C. Lokalita spadá do obilnářské výrobní oblasti. Genetický půdní typ lokality je hnědozem typická a půdní druh je hlinitá půda (střední) (Horáková et al. 2012).

4.1.2.3 Žatec

Město Žatec (kraj Ústecký, okres Louny) leží na řece Ohři a je úzce historicky spojené s pěstováním chmele. Žatec se nachází ve srážkovém stínu Krušných hor a patří tak mezi sušší oblasti České republiky. Zkušební stanice se nachází v nadmořské výšce 285 m n.m. Třicetiletý průměr srážek a teplot činí 439 mm a 9,0 °C. Lokalita náleží do řepařské výrobní oblasti. Genetický půdní typ je černozem hnědozemní, půdní druh je pak jílovohlinitá půda (těžká) (Horáková et al. 2012).

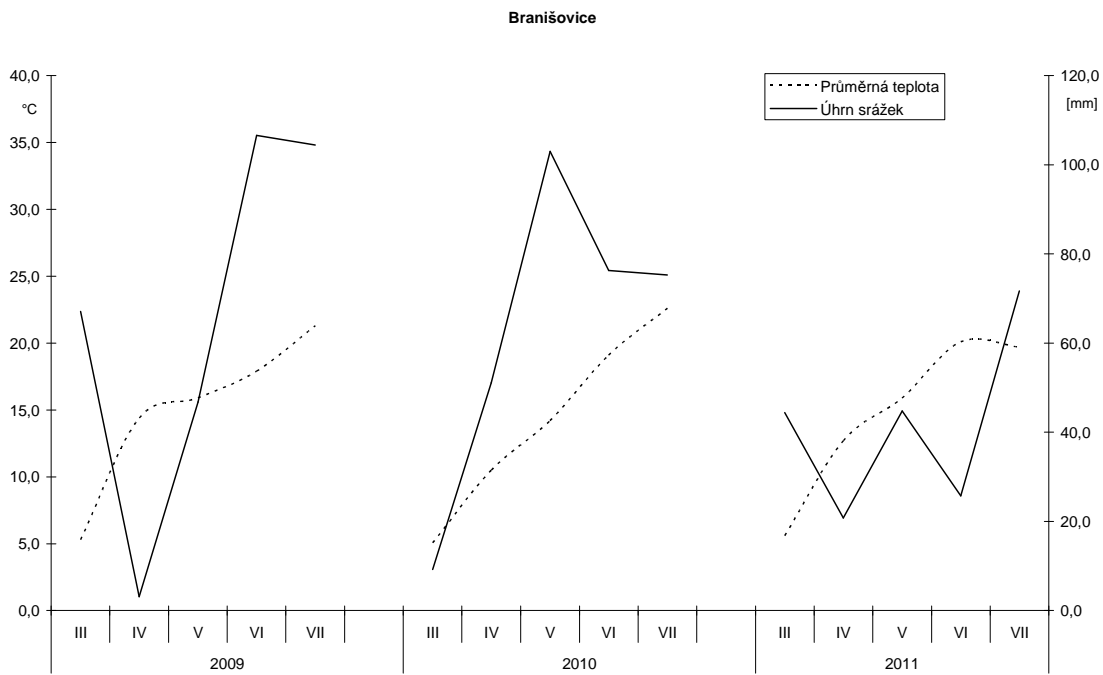


Obr. 5 Polní pokus s odrůdami/liniemi ječmene jarního před sklizní (Žabčice, 16.7.2011)

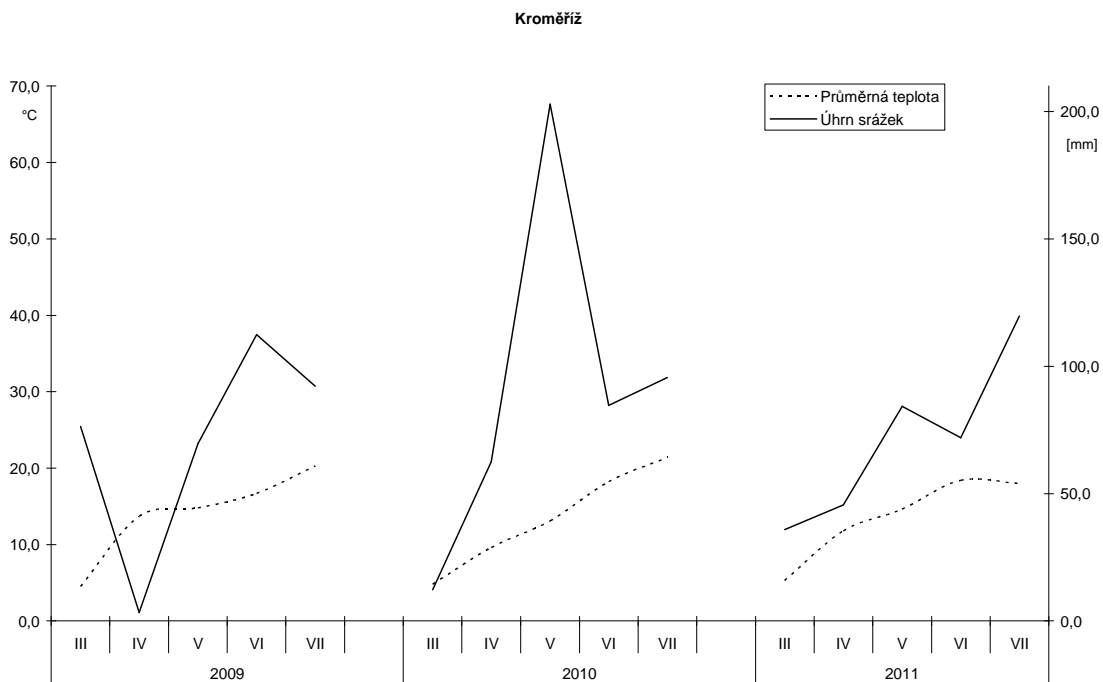
4.2 Pokusné roky

4.2.1 Lokality s pokusy s jarním ječmenem

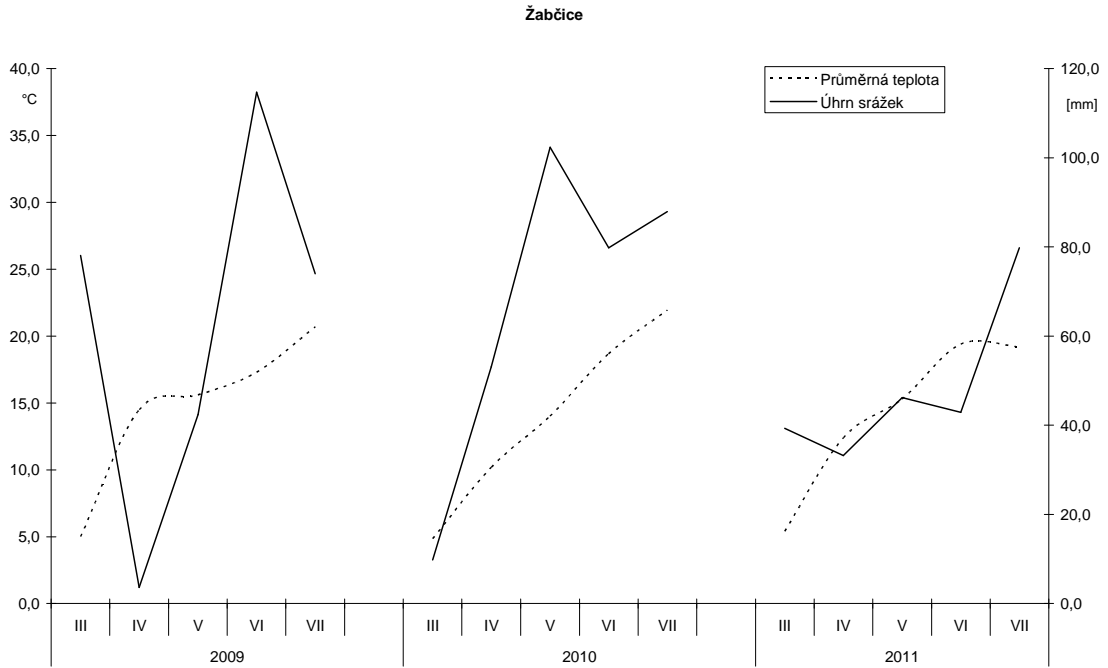
Experimentální materiál jarního ječmene byl pěstován v průběhu let 2009 až 2011 na třech lokalitách. Průběh povětrnosti na jednotlivých lokalitách v letech pěstování pokusu je vyjádřen diagramy dle Walter-Lietha (Obr. 6, 7, 8).



Obr. 6 Povětrnostní podmínky v letech 2009 až 2011 na lokalitě Braňšovice



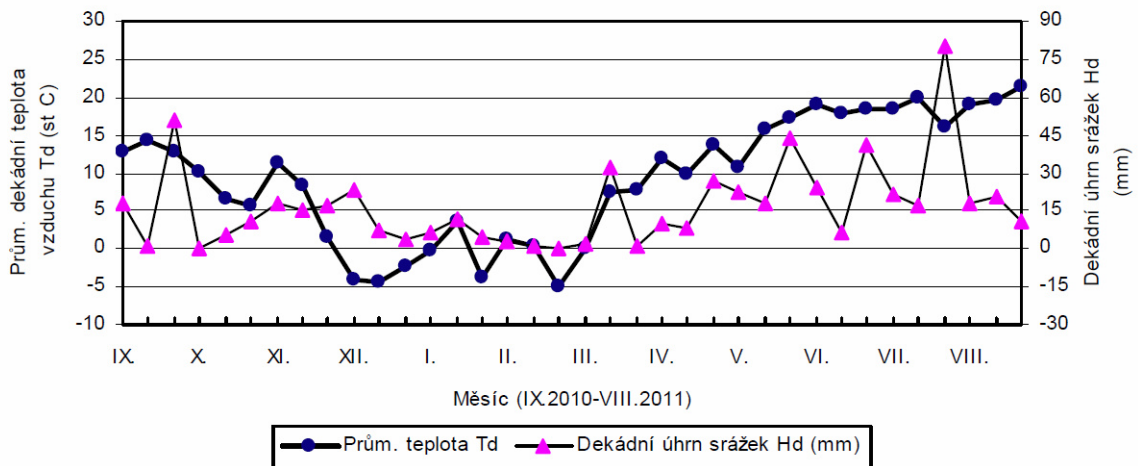
Obr. 7 Povětrnostní podmínky v letech 2009 až 2011 na lokalitě Kroměříž



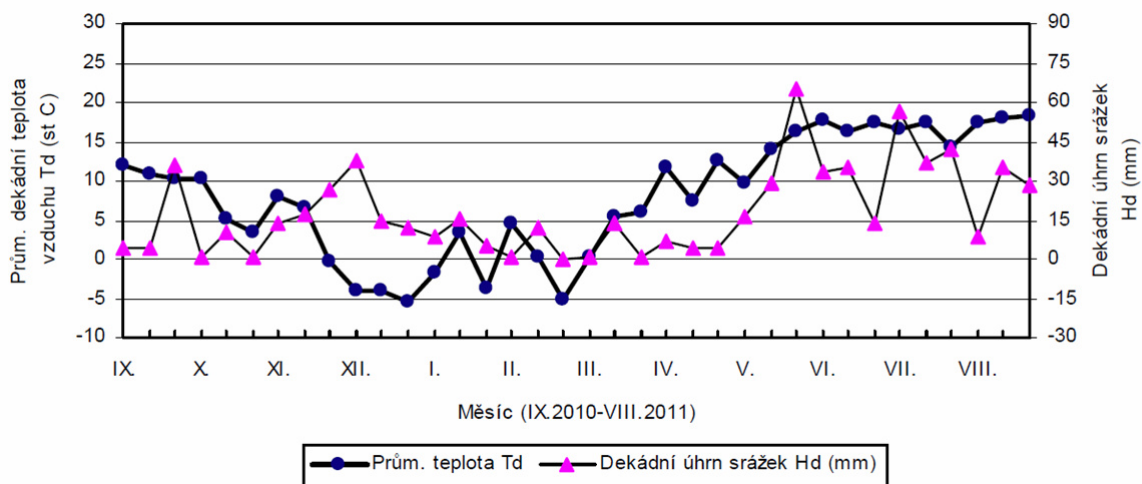
Obr. 8 Povětrnostní podmínky v letech 2009 až 2011 na lokalitu Žabčice

4.2.2 Lokality s pokusy s ozimým ječmenem

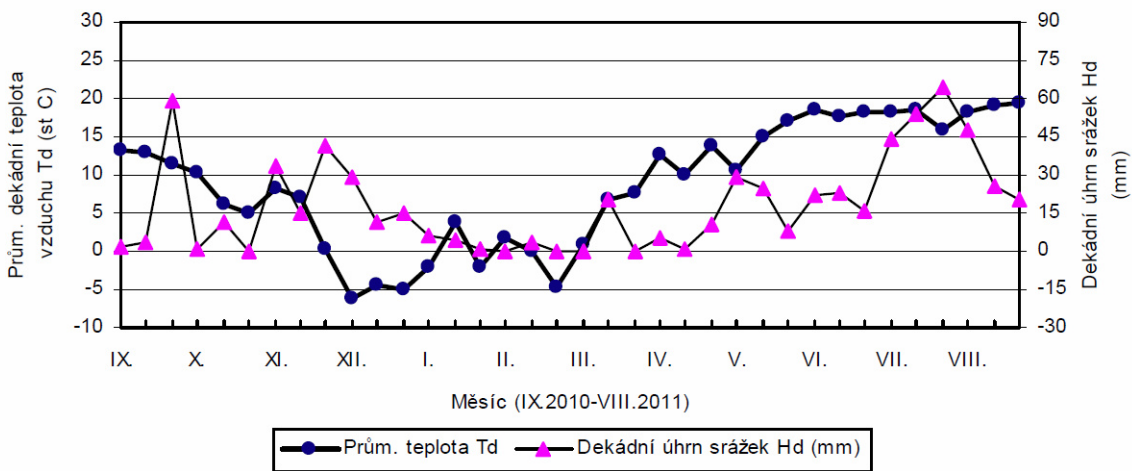
Experimentální materiál ozimých ječmenů byl vyprodukován za vegetaci 2010 až 2011. Průběhy povětrnosti jednotlivých lokalit pochází ze záznamů Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (Obr. 9, 10, 11; zdroj: ÚKZÚZ).



Obr. 9 Povětrnostní podmínky na lokalitě Kroměříž



Obr. 10 Povětrnostní podmínky na lokalitě Staňkov



Obr. 11 Povětrnostní podmínky na lokalitě Žatec

4.3 Systémy pěstování

4.3.1 Ječmen jarní

Pro pěstování odrůd/linií ječmene jarního (Tab. 11) na vybraných lokalitách v letech 2009 až 2011 byly použity stejná pěstební technologie se dvěma intenzitami chemického ošetření na lokalitách Branišovice, Kroměříž a Žabčice:

1. omezené chemické vstupy - tzv. „**neošetřené varianty**“ (bylo použito zásobní hnojení N v dávce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [č.ž.], z pesticidů byly použity pouze herbicidy a insekticidy [Tab. 26 v příloze]),
2. technologie konvenční se zvýšenou intenzitou chemického ošetření - tzv. „**ošetřené varianty**“ (použito hnojení N v dávce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [č.ž.], moření osiva mořidlem Raxil TNT, a dále byly použity další pesticidy včetně fungicidů [Tab. 9, Tab. 26 v příloze]).

Předplodinou na lokalitách Kroměříž a Žabčice byla vždy ozimá pšenice. Na lokalitě Branišovice byla v roce 2009 předplodinou kukuřice na zrno, v letech 2010 a 2011 byla předplodinou cukrová řepa. Předplodiny na této lokalitě byly vymezeny podmínkami pro pokusy SDO. Pokusy byly založeny metodou znáhodněných bloků s ortogonálně rozmístěnými variantami ve třech opakováních. Výnosy byly přepočteny na 14% vlhkost a na $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$. V tabulce 7 jsou uvedena konkrétní data výsevů a sklizní pokusných ploch na jednotlivých lokalitách.

4.3.2 Ječmen ozimý

Vybraný soubor odrůd ozimého ječmene (Tab. 12) byl pěstován v roce 2011 na třech lokalitách (Kroměříž, Staňkov, Žatec) rovněž se dvěma různými intenzitami chemického ošetření:

1. tzv. „**neošetřené varianty**“ (základní dávka dusíku ($70 - 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), bez ošetření fungicidy či regulátory růstu [Tab. 27 v příloze]),
2. tzv. „**ošetřené varianty**“ (dávka dusíku zvýšena oproti neošetřeným variantám o $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, fungicidy a regulátory růstu použity dle situace a vývoje porostů [Tab. 10, Tab. 27 v příloze]).

Předplodinou na lokalitách Kroměříž a Žatec byla řepka ozimá, na lokalitě Staňkov peluška. Pokusy byly založeny stejnou metodou jako v případě jarních ječmenů. Data výsevů a sklizní jsou uvedena v tabulce 8.

Tab. 7 Data výsevů a sklizní ječmene jarního na jednotlivých lokalitách

Rok Lokalita/úkon	2009		2010		2011	
	výsev	sklizeň	výsev	sklizeň	výsev	sklizeň
Braňšovice	2.4.	7.8.	22.3.	21.7.	23.3.	24.7.
Kroměříž	5.4.	30.7.	30.3.	28.7.	23.3.	5.8.
Žabčice	4.4.	28.7.	25.3.	17.7.	23.3.	16.7.

Tab. 8 Data výsevů a sklizní ječmene ozimého na jednotlivých lokalitách

Lokalita/úkon	výsev	sklizeň
Kroměříž	7.10.2010	17.7.2011
Staňkov	27.9.2010	10.7.2011 neoš.; 15.7.2011 oš.
Žatec	8.10.2010	13.7.2011 neoš.; 17.7.2011 oš.

Pozn.: neoš. - neošetřené varianty; oš - ošetřené varianty.

Tab. 9 Fungicidy použité v ošetřených variantách ječmene jarního na jednotlivých lokalitách v letech 2009 až 2011

Lokalita/rok	Fungicidy
Braňšovice	
2009	26.5. Fandango 200 EC (1,2 l.ha ⁻¹), 8.6. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)
2010	7.6. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)
2011	20.5. Fandango 200 EC (1,20 l.ha ⁻¹), 2.6. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)
Kroměříž	
2009	13.5. Archer Top 400 EC (0,9 l.ha ⁻¹), 3.6. Fandango 200 EC(1,0 l.ha ⁻¹)
2010	19.5. Archer Top 400 EC (0,75 l.ha ⁻¹), 23.6. Fandango 200 EC (1,20 l.ha ⁻¹)
2011	25.5. Archer Top 400 EC (0,9 l.ha ⁻¹), 6.6. Prosaro 250 EC (0,6 l.ha ⁻¹)
Žabčice	
2009	11.5. Archer Top 400 EC (0,9 l.ha ⁻¹), 4.6. Fandango 200 EC(1,0 l.ha ⁻¹)
2010	1.6. Archer Top 400 EC (1,0 l.ha ⁻¹)
2011	24.5. Archer Top 400 EC (1,0 l.ha ⁻¹), 7.6. Prosaro 250 EC(0,75 l.ha ⁻¹)

Tab. 10 Fungicidy a jiné přípravky použité v ošetřených variantách ječmene ozimého na jednotlivých lokalitách (rok 2011)

Lokalita	Fungicidy a jiné přípravky
Kroměříž	19.4. Terpal C* (2,0 l.ha ⁻¹), 29.4. Fandango 200 EC (1,20 l.ha ⁻¹), 13.5. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)
Staňkov	19.4. Fandango 200 EC (1,20 l.ha ⁻¹), 19.4. Terpal C* (2,0 l.ha ⁻¹), 11.5. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)
Žatec	6.5. Terpal C* (2,0 l.ha ⁻¹), 10.5. Fandango 200 EC (1,20 l.ha ⁻¹), 25.5. Prosaro 250 EC (0,75 l.ha ⁻¹)

Pozn.: *Růstový regulátor.

4.4 Stručná charakteristika použitých genotypů

Pro studium v této práci byly použity: dvouřadé formy ječmene jarního a to sedmi sladovnických pluchatých odrůd (Aksamit, Blaník, Bojos, Jersey, Kangoo, Sebastian, Radegast), jedné bezpluché odrůdy (AF Lucius) a tří bezpluchých linií (KM 1057, KM 2084, KM 2283) (Tab. 11). Dále se jednalo o soubor ozimého ječmene se třemi nesladovnickými odrůdami (Breunskyliie, Reni, Yatzy) a jednou odrůdou sladovnickou (Wintmalt) (Tab. 12). Hodnoty USJ (Ukazatel sladovnické jakosti) sladovnických odrůd pochází z Ječmenářských ročenek (2010 pro odrůdu Reni, 2012 pro zbývající odrůdy).

Tab. 11 Použité odrůdy/linie ječmene jarního

Odrůda/linie	Typ zrna	Základní charakteristika	Země původu	Rok registrace
AF Lucius	bezpluchý	odrůda doporučená pro potravinářské a krmivářské využití	CZE	2009
Aksamit	pluchatý	slad., Č.p.	CZE	2007
Blaník	pluchatý	slad., Č.p.	NLD	2007
Bojos	pluchatý	slad., Č.p.	CZE	2005
Jersey	pluchatý	slad.	NLD	2000
Kangoo	pluchatý	slad.	NLD	2008
KM 1057	bezpluchý	linie s nižším obsahem beta-glukanů a vyšším obsahem arabinoxylanů	CZE	–
KM 2084	bezpluchý	linie s vyšším obsahem beta-glukanů	CZE	–
KM 2283	bezpluchý	linie s vyšším obsahem beta-glukanů	CZE	–
Radegast	pluchatý	slad., Č.p.	CZE	2005
Sebastian	pluchatý	slad.	DNK	2005

Pozn.: Č.p. - odrůda doporučená pro výrobu Českého piva; slad. - sladovnická odrůda.

Tab. 12 Použité odrůdy ječmene ozimého

Odrůda	Typ Zrna	Popis	Země původu	Rok registrace
Breunskyliie	pluchatý	dvouřadá odrůda, velké zrno	DEU	2008
Reni	pluchatý	dvouřadá odrůda, velké zrno, nízký výnos zrna	DEU	2002
Wintmalt	pluchatý	dvouřadá sladovnická odrůda	DEU	2009
Yatzy	pluchatý	dvouřadá odrůda, vysoký výnos zrna	DNK	2010



Obr. 12 Bezpluché obilky ječmene
(odrůda AF Lucius)



Obr. 13 Pluchaté obilky ječmene
(odrůda Bojos)

4.4.1 Sladovnické odrůdy ječmene jarního

Aksamit

Odrůda doporučená Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu Českého piva. V obilnářské a bramborářské výrobní oblasti poskytuje středně vysoký výnos, v kukuřičné oblasti poskytuje výnos nižší. Rostliny jsou středně vysoké, méně odolné vůči poléhání. Zrno středně velké až malé, podíl předního zrna středně vysoký (Horáková et al. 2012). Aksamit nese gen *mlo*, je tedy plně odolný vůči padlí travnímu. Vyznačuje se střední odolností proti komplexu hnědých skvrnitostí, proti rhynchosporiové skvrnitosti odolností velmi dobrou. Dle pokusů ÚKZÚZ reaguje na fungicidní ošetření zvýšením výnosu zrna (Krouský 2009).

USJ (2008-2011) = 3,0

Udržovatel: SELGEN, a.s., ŠS Stupice

Registrace: 2007

Blaník

Odrůda doporučená Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu Českého piva. Poskytuje vysoký výnos v ošetřené variantě v kukuřičné oblasti, v oblasti obilnářské v obou variantách ošetření střední, v oblasti bramborářské středně vysoký až nízký, v neošetřené variantě kukuřičné oblasti a obou ošetřeních v řepařské oblasti nízký. Rostliny méně odolné proti poléhání. Podíl předního zrna vysoký. Odrůda se vyznačuje menší odolností vůči napadení hnědou skvrnitostí (Horáková et al. 2012). Díky zabudovanému genu *mlo* je odrůda odolná proti padlí travnímu.

USJ (2008-2011) = 4,1

Udržovatel: Limagrain Nederland B.V., Nizozemí

Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2007

Bojos

Odrůda, která je preferovaná téměř všemi sladovny (Plzeňský prazdroj, Soufflet) a Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským je doporučena pro výrobu Českého piva. V řepařské oblasti poskytuje výnos předního zrna středně vysoký, v ostatních oblastech vysoký. Rostliny méně odolné vůči poléhání. Zrno má středně velké. Vyznačuje se nižší odolností vůči poléhání a napadení rhynchosporiovou skvrnitostí. Nese gen *mlo* (Černý et al. 2007; Horáková et al. 2012).

USJ (2008-2011) = 5,1

Udržovatel: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2005

Jersey

Polopozdní odrůda, preferovaná sladovny. Výnos v obilnářské a bramborářské oblasti poskytuje středně vysoký, v oblasti kukuřičné a řepařské poskytuje výnos předního zrna nízký. Odrůda je náchylná k napadení rzí ječmene, hnědé skvrnitosti a k poléhání. Obsahuje gen *mlo*, je tedy chráněna proti padlí travnímu (Fevre et Kakuta 2006; Horáková et al. 2006). Tato odrůda vyniká nižším obsahem beta-glukanů (Černý et al. 2007)

USJ (2006-2009) = 4,9

Udržovatel: Limagrain Nederland B.V., NL

Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2000

Kangoo

Výnos tato odrůda poskytuje v ošetřené variantě v řepařské oblasti velmi vysoký, v obou variantách bramborářské oblasti vysoký, v kukuřičné oblasti středně vysoký. Rostliny jsou méně odolné proti poléhání a vykazuje menší odolnost vůči napadení rhynchosporiové skvrnitosti. Zrno je velké, podíl předního zrna je vysoký (Horáková et al. 2012).

USJ (2008-2011) = 5,8

Udržovatel: Limagrain Nederland B.V., NL

Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2008

Radegast

Radegast je odrůda široce preferovaná a požadovaná sladovny, je také doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu Českého piva. Výnos předního zrna v neošetřených variantách středně vysoký až vysoký, v ošetřených variantách vykazuje nižší adaptabilitu a poskytuje výnos nižší. Podíl předního zrna má vysoký. Odrůda je středně náchylná k poléhání i proti napadení hnědou skvrnitostí (Horáková et al. 2012).

USJ (2008-2011) = 5,0

Udržovatel: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2005

Sebastian

Odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí. Preferuje ji většina sladoven. Výnos předního zrna v obilnářské výrobní oblasti vysoký, v ošetřené variantě v kukuřičné oblasti a obou variantách řepařské i bramborářské oblasti středně vysoký. V kukuřičné oblasti neošetřené varianty poskytují výnos nízký. Rostliny odolné k poléhání, střední odolnost vůči padlí travnímu. Odrůda se vyznačuje dobrou odolností proti rzi ječné (Krouský 2009; Horáková et al. 2012).

USJ (2008-2011) = 7,6

Udržovatel: Sejet Planteforaedling I/S, Dánsko

Zástupce v ČR: SELGEN, a.s.

Registrace: 2005

4.4.2 Bezpluché genotypy ječmene jarního

Veškeré bezpluché genotypy použité v této práci byly vyšlechtěny ing. Kateřinou Vaculovou, CSc. v ZVÚ Kroměříž. Soubor obsahuje jednu bezpluchou odrůdu a tři bezpluché linie. (Popis bezpluchých genotypů byl poskytnut ing. Kateřinou Vaculovou, CSc.).

AF Lucius

První česká odrůda ječmene jarního s bezpluchým typem zrna. Vyznačuje se plným světlým zrnem, o 1 – 1,5 % vyšším obsahem škrobu a o cca 1 % vyšším obsahem N-látek v zrně při porovnání s průměrnými sladovnickými odrůdami. Má nízký až střední obsah beta-glukanů v zrně a vysoký obsah beta-glukanů ve sladině, obsah arabinoxylanů je nízký. Rostliny jsou středně vysoké, odrůda středně odolná až odolná proti poléhání, středně odolná proti lámání stébla. Zrno malé, bezpluché, podíl předního zrna velmi nízký (v porovnání s pluchatými sladovnickými odrůdami). Středně odolná proti napadení padlím travním na listu, středně odolná proti napadení rzí ječnou, středně odolná proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí, středně odolná proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí. Odrůda je vhodná pro potravinářské i krmné účely.

Vlastník: Agrotest fyto, s.r.o.

Registrace: 2009

Udržovatel: Agrotest fyto, s.r.o.

Linie KM 1057

Vyznačuje se velmi nízkou HTS v důsledku genetické redukce tvorby škrobu ve fázi nalévání zrna. Rovněž podíl předního zrna je velmi nízký i v porovnání s jinými bezpluchými genotypy. Je o cca 1 – 2 dny pozdnější než odrůda AF Lucius, rostliny jsou až o 3 cm kratší. Vyznačuje se střední odolností houbovým chorobám. Výnos zrna je ve všech výrobních oblastech velmi nízký (o cca 20 – 25 %) v porovnání s odrůdou AF Lucius. Má specifickou kvalitu zrna – o 1,5 – 2,5 % vyšší obsah N-látek, o cca 20 – 40 % vyšší obsah esenciálních aminokyselin v N-látkách i v znu (zejména lyzin a threonin), o cca 50 až 60 % vyšší obsah tuku v znu než standardní odrůdy s bezpluchým i pluchatým zrnem. Má nízký obsah beta-glukanů (až o 1 % nižší i v porovnání se sladovnickými odrůdami ječmene) a zvýšený obsah arabinoxylanů. Perspektivně by se mohla uplatnit pro specifické potravinářské využití (separované mlecí frakce s vysokým obsahem nutričně významných látek, inkluze zrna pro různé potravinářské aplikace) a je zejména vhodná ke krmným účelům (prokazatelný přírůstek na úrovni cca 30 % v pokusech *in vivo* na potkanech a rostoucích prasatech).

Linie KM 2084

Je zkoušená 3. rokem v pokusech ÚKZÚZ pro registraci. Má vyšší HTS v porovnání s odrůdou AF Lucius a rovněž vyšší podíl předního zrna oproti této odrůdě. Je o cca

1 – 2 dny ranější a rostliny jsou o cca 2 – 4 cm kratší než odrůda AF Lucius. Výnos zrna má v řepařské výrobní oblasti na úrovni odrůdy AF Lucius, v ostatních výrobních oblastech o cca 3 – 5 % nižší. Vyznačuje se o 1 – 1,5 % vyšším obsahem beta-glukanů v zrně (nejvyšší ze zkoušených nových genetických zdrojů se standardním složením škrobu), obsah N-látek je na úrovni odrůdy AF Lucius, obsah škrobu o cca 1 % nižší. Má dobrou odolnost vůči padlí travnímu (gen *mlo*), ale vykazuje vyšší náchylnost ke rzi ječné a rynchosporióze. Je určena pro speciální potravinářské využití (pekařské uplatnění, separované mlecí frakce, extrakce rozpustné vlákniny, extrudované výrobky).

Linie KM 2283

Má nejvyšší produktivitu v souboru nových bezpluchých materiálů (v rámci pokusů vedených v řepařské výrobní oblasti - lokalita Kroměříž) danou zvýšeným počtem produktivních odnoží z jednotky plochy. Má malé zrno (nízkou HTS) a horší podíl předního zrna, než odrůda AF Lucius. Obsah škrobu je průměrný až vyšší, obsah beta-glukanů v zrně o cca 1 % vyšší než průměr u sladovnických odrůd. Obsah arabinoxylanů je střední. Vyznačuje se dobrou výnosovou stabilitou v různých podmínkách pěstování s výjimkou velmi suchých lokalit. Rostliny jsou středně vysoké až nižší, linie je citlivější k napadení padlím travním a jarním přísuškům. Zrno se při nevhodných klimatických podmínkách dozrávání nerovnoměrně vybarvuje. Perspektivně by se mohla uplatnit pro specifické technologické potravinářské aplikace (separované mletí ječné mouky, extrakce rozpustné vlákniny, apod.).

4.4.3 Odrůdy ječmene ozimého

Breunskyli

Dvouřadá odrůda se středně vysokým výnosem v neošetřené variantě, s nízkým v ošetřené variantě. Rostliny jsou středně vysoké a středně odolné vůči poléhání a málo odolné proti napadení komplexem hnědých skvrnitostí. Zrno je velmi velké a podíl předního zrna velmi vysoký. Zrno obsahuje vysoké množství dusíkatých látek (Horáková et al. 2012).

Udržovatel: Saatzucht J. Breun GdbR, Německo

Zástupce v ČR: B O R, s.r.o.

Registrace: 2008

Reni

Dvouřadá odrůda s nízkým výnosem zrna. Rostliny jsou nízké a odolné vůči poléhání.

Zrno je velmi velké a podíl předního zrna je také velmi vysoký (Horáková et al. 2006).

Udržovatel: Dr. J. Ackermann & Co. Saatzucht, Německo

Zástupce v ČR: SAATEN - UNION CZ, s.r.o.

Registrace: 2002

Wintmalt

Dvouřadá sladovnická odrůda se středně vysokým až nízkým výnosem. Rostliny jsou nízké, středně odolné vůči poléhání. Zrno je středně velké, podíl předního zrna je vysoký. Odrůda je odolná proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí a středně až málo odolná proti vymrznutí (Horáková et al. 2012).

USJ (2008-2011) = 4,8

Udržovatel: KWS LOCHOW GMBH, Německo

Zástupce v ČR: SOUFFLET AGRO, a.s.

Registrace: 2009

Yatzy

Dvouřadá odrůda se středně vysokým výnosem v ošetřené variantě, v neošetřené s velmi vysokým. Rostliny jsou nízké a středně odolné vůči poléhání. Odrůda je méně odolná proti vymrzání. Pěstitelskou předností je ranost (Horáková et al. 2012).

Udržovatel: Sejet Planteforaedling I/S, Dánsko

Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.

Registrace: 2010

4.5 Příprava vzorků

Produkce odrůd/linií sklizená ze tří parcel tvořících opakování byly smíchány v souborný směsný vzorek, který byl následně přečištěn a přetříděn. Pluchaté odrůdy byly tříděny na síť s otvory 2,5 mm, bezpluché genotypy na síť s otvory 2,0 mm.

Homogenizace vzorků byla provedena na laboratorním mlýnku (Super Jolly SJ 500). Takto připravené vzorky byly použity k vlastním chemickým analýzám na stanovení obsahu neškrobových polysacharidů. Stanovení obou neškrobových polysacharidů jsem provedl v akreditované laboratoři VÚPS, a.s., Sladařského ústavu v Brně.

4.6 Statistické zpracování dat a použité metody

Pro zpracování výsledků byl použit program STATISTICA 9. Pro testování normality zdrojového souboru dat byl použit Kolmogorovův-Smirnovův test. Základní metodou byla čtyř faktorová analýza variance (pro ječmen ozimý tří faktorová analýza variance), významnost rozdílů mezi průměrnými hodnotami jednotlivých odrůd a linií, ošetření, ročníků a lokalit byla testována na 5% hladině průkaznosti LSD testem (Fisherův test). Vzhledem k tomu, že podíl vlivu faktorů vyhodnocený pomocí obecných lineárních modelů a komponentů rozptylu programu STATISTICA 9 vycházel v některých případech záporně (což připadá autorovi jako nelogické), byl podíl sledovaných faktorů a jejich interakcí vyjádřen jako podíl směrodatné odchylky (druhá odmocnina z variance) a směrodatné odchylky z jejich celkové sumy. Vztahy mezi znaky byly vyjádřeny korelačními koeficienty dle Pearsona. Dendrogramy byly získány shlukovou analýzou (cluster analysis) pomocí jednoduchého spojení Euklidovských horizontálních vzdáleností.

Statistické významnosti rozdílů průměrných hodnot (odrůd, ošetření, lokalit, roků a interakcí) byly vypočítány LSD testem a jsou uvedeny v grafech i v tabulkách v příloze. U dvounásobných interakcí jednotlivých faktorů s genotypy ječmene jarního jsou pro přehlednost uvedeny významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami v tabulkách v textu. V těchto případech jsou pak v grafech znázorněny pouze průměrné hodnoty, které slouží k rychlé orientaci čtenáře práce ve výsledcích.

4.7 Metodika stanovení arabinoxylanů

Pro stanovení arabinoxylanů byla použita metoda dle Douglase (1981). Metoda je založena na reakci vzorku s kyselým extrakčním roztokem s barvivem, přičemž výsledné zbarvení je změřeno spektrofotometricky.

Pro stanovení je naváženo 5 mg homogenizovaného materiálu, který je smíchán s 2 ml destilované vody a 10 ml čerstvě připravené reakční směsi. Reakční směs se skládá z koncentrované kyseliny octové, chlorovodíkové, roztoku glukózy a roztoku barviva phloroglucinolu. Roztok phloroglucinolu se připraví zvlášť smícháním přesné navážky phloroglucinolu a ethanolu. Následně se reakční směs vaří 25 minut ve vodní lázni. Vzniká hnědočervené až červenooranžové zbarvení, jehož absorbance je spektrofotometricky měřena při vlnových délkách 552 a 510 nm. Absorbance je měřena proti slepému pokusu, který je připravován simultánně se vzorky (Havlová et al. 2001).

4.8 Metodika stanovení beta-glukanů

Pro stanovení beta-glukanů bylo využito spektrofluorimetrické metody s aplikací FIA (Flow injection analysis). Metoda využívá jevu, kdy vysokomolekulární beta-glukany vzorku reagují s barvivem Calcufluor White M2R a vytváří barevné komplexy, vykazující zvýšení fluorescence aktivity tohoto barviva.

Pro samotnou analýzu se navažuje 50 mg homogenizovaného materiálu. Vzorek je následně hydrolyzován kyselinou sírovou ve vodném prostředí při teplotě varu. Po hydrolýze a vychlazení je vzorek rozdělen pomocí odstředivé síly v centrifuze a supernatant je nastříknut do tekoucího nosného proudu tlumivého roztoku a činidla FIA kolony. Při průchodu kolonou je vzorek rozptýlen a postupně vytváří koncentrační gradient. Průtok reagentu činil $2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$, délka směšovací kolony pak byla 150 cm. Pro kvantifikaci vzniklého barevného komplexu je použit spektrofluorimetrický detektor (Jorgensen, Aastrup 1988; Havlová 1999).

Veškeré chemické analýzy byly provedeny ve dvou opakováních a získané hodnoty byly přepočteny na 100% sušinu zrna.

5 VÝSLEDKY

5.1 Vyhodnocení pokusů se souborem odrůd/linií ječmene jarního

Polní pokusy se uskutečnily na třech lokalitách, ve třech letech opakování, ve dvou intenzitách ošetření se souborem jedenácti genotypů ječmene jarního. V souboru byly jak odrůdy sladovnické (vč. odrůd určených pro „České pivo“), tak odrůda a linie určené pro jiné potravinářské či krmivářské použití. V testovaném souboru byly dle popsanych metod stanoveny arabinoxylany i beta-glukany, tzn. základní složky neškrobových polysacharidů ječmene.

5.1.1 Vyhodnocení obsahu arabinoxylanů

Výsledky obsahu arabinoxylanů z polních pokusů byly zpracovány analýzou variance (ANOVA) s následným testováním rozdílů průměrných hodnot a s vyhodnocením podílu vlivů jednotlivých faktorů pomocí směrodatných odchylek variance. Z výsledků analýzy variance (Tab. 13) je patrné, že statisticky velmi vysoce významný vliv na variabilitu hodnot měly všechny faktory i jejich vzájemné interakce. Z těchto důvodů byly pro jednotlivé faktory a jejich interakce provedeny LSD testy pro zjištění rozdílů průměrných hodnot. Nejvyšší podíl vlivu faktoru na varianci měly vícenásobné interakce (24,56 %), dále genotypy (odrůdy/linie) (15,57 %), ošetření (12,81 %), rok (8,14 %) a lokalita (7,79 %).

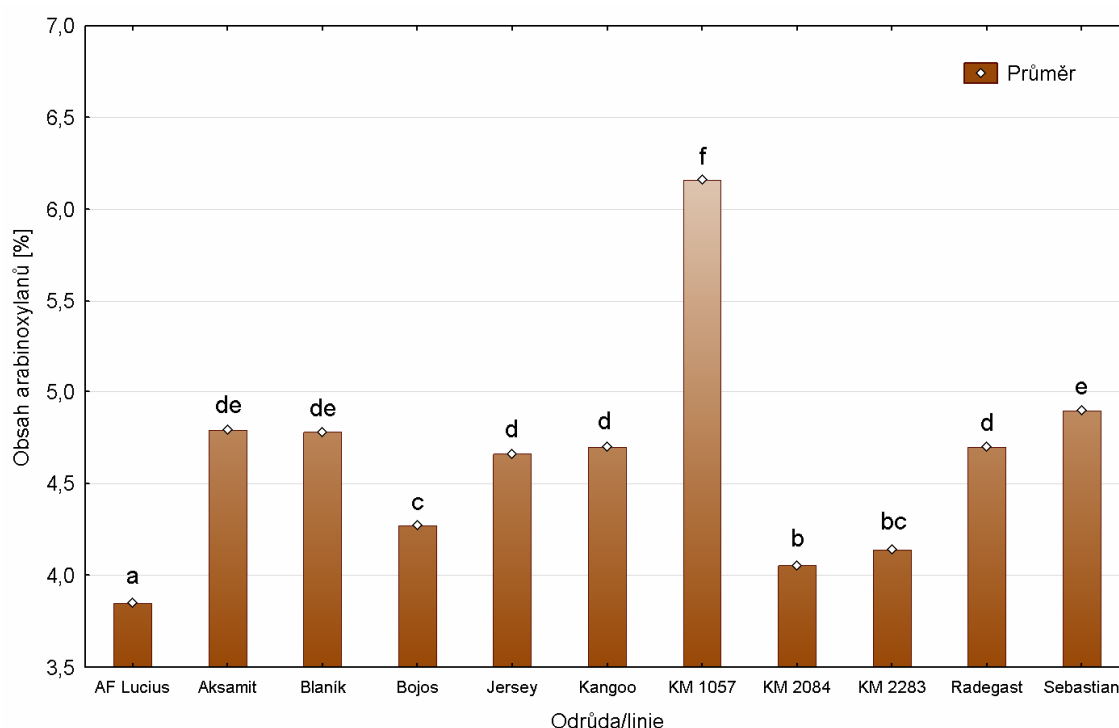
Tab. 13 Analýza variance obsahu arabinoxylanů v souboru odrůd/linií ječmene jarního

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Genotyp	10	13,601***	15,57
Ošetření	1	9,202***	12,81
Lokalita	2	3,404***	7,79
Rok	2	3,719***	8,14
Interakce:			
Genotyp*Ošetření	10	1,382***	4,97
Genotyp*Lokalita	20	1,407***	5,01
Genotyp*Rok	20	1,277***	4,77
Ošetření*Lokalita	2	1,214***	4,65
Ošetření*Rok	2	1,857***	5,75
Lokalita*Rok	4	1,115***	4,46
Vícenásobné interakce	124	7,859***	24,56
Chyba	198	0,470	1,50

Pozn.: $p = 0,001$ - ***; M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti.

5.1.1.1 Vyhodnocení vlivu genotypů

Z tabulky analýzy variance (Tab. 13) vyplývá, že vliv genotypu na obsah arabinoxylanů je statisticky nejen velmi vysoce významný, ale že se i ve srovnání s ostatními faktory podílí na variabilitě druhou nejvyšší měrou (15,57 %). Statisticky významně nejvyšší množství arabinoxylanů (Obr. 14 a Tab. 31 v příloze) bylo v průměru ošetření, lokalit a let zjištěno v zrně bezpluché linie KM 1057 (6,16 %). Vyšší množství arabinoxylanů bylo zjištěno v obilkách sladovnických odrůd Sebastian, Aksamit a Blaník (4,90, 4,79 a 4,78 %). Naopak nejnižší obsah arabinoxylanů byl v průběhu tří let trvání pokusu, napříč třemi lokalitami a dvěma úrovněmi chemického ošetření, zjištěn u bezpluché odrůdy AF Lucius (3,85 %), čímž se tato odrůda statisticky významně odlišila od ostatních genotypů v souboru. Nižší obsahy byly zjištěny také u linií KM 2084 (4,05 %) a KM 2283 (4,14 %). Ze souboru sladovnických odrůd vynikla nejnižším obsahem arabinoxylanů sladovnická odrůda Bojos (4,27 %) a statisticky se tak odlišila od ostatních sladovnických odrůd.



Obr. 14 Obsah arabinoxylanů v zrně vybraných odrůd/linií (v průměru lokalit, ošetření a roků)

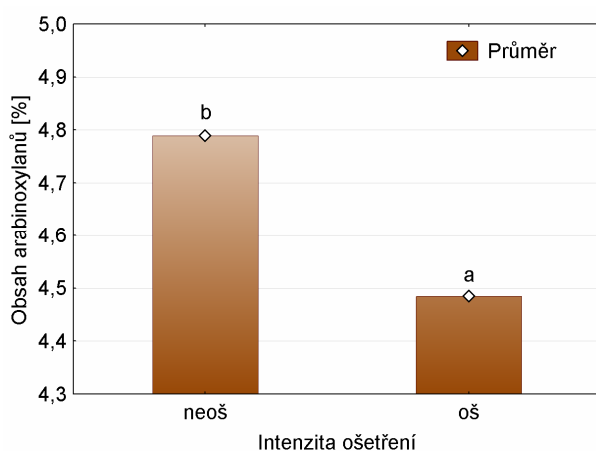
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Mezi sladovnickými odrůdami Jersey, Kangoo, Radegast, Blaník a Aksamit (4,66, 4,70, 4,70, 4,78 a 4,79 %) nebyl v obsahu arabinoxylanů zjištěn statisticky významný rozdíl.

V rámci souboru sladovnických odrůd se svým nejnižším obsahem od ostatních odrůd lišila pouze odrůda Bojos, ostatní odrůdy měly obsahy arabinoxylanů vyrovnané. Významně vyšší a zároveň významně nižší množství arabinoxylanů byla stanovena v zrně bezpluchých genotypů, které se tak statisticky významně odlišovaly od souboru sladovnických odrůd.

5.1.1.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

Intenzita ošetření pokusu (Tab. 13) měla statisticky vysoce významný vliv na obsah arabinoxylanů. Podíl vlivu chemického ošetření na celkovou variabilitu arabinoxylanů byl po vlivu genotypu a vlivu vícenásobných interakcí třetí nejvýznamnější (12,81 %). Statisticky významně více arabinoxylanů (Obr. 15, Tab. 28 v příloze) poskytly v průměru genotypů, lokalit a roků vzorky z variant neošetřených (4,79 %) oproti variantám ošetřeným (4,48 %).



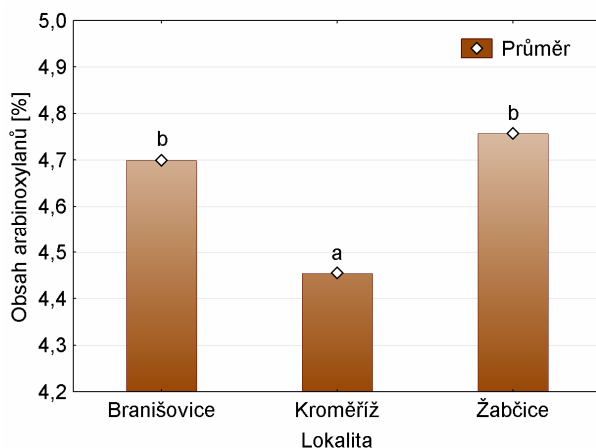
Obr. 15 Obsah arabinoxylanů v různých intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd/linií, lokalit a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.1.1.3 Vyhodnocení vlivu lokalit

Jak je patrné z tabulky analýzy variance (Tab. 13) lokality měly také statisticky vysoce významný vliv na obsah arabinoxylanů. Nejnižší obsah arabinoxylanů (Obr. 16, Tab. 29 v příloze) byl v průměru genotypů, ošetření a roků zjištěn ve vzorcích z lokality

Kroměříž (4,45 %). Významně více arabinoxylanů pak bylo zjištěno ve vzorcích z lokalit Žabčice (4,76 %) a Branišovice (4,70 %). Mezi obsahy arabinoxylanů z lokalit Branišovice a Žabčice nebyl zjištěn průkazný rozdíl.

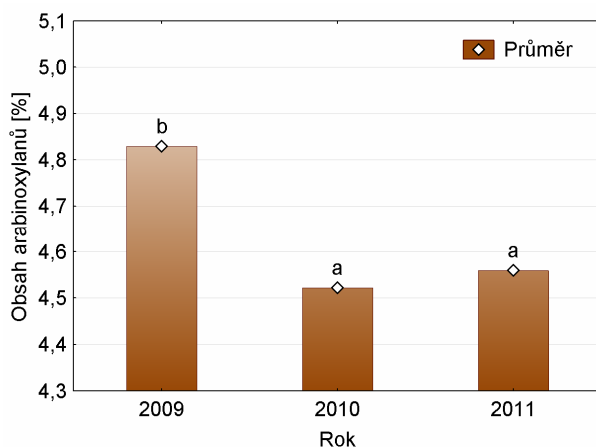


Obr. 16 Obsah arabinoxylanů na sledovaných lokalitách (v průměru odrůd/linií, ošetření a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.1.1.4 Vyhodnocení vlivu roků

V průměru všech odrůd/linií, lokalit a intenzit ošetření poskytly vzorky z roku 2009 (Obr. 17, Tab. 30 v příloze) statisticky významně více arabinoxylanů (4,83 %), než vzorky z let 2010 (4,52 %) a 2011 (4,56 %). Vzorky z let 2010 a 2011 se od sebe statisticky významně nelišily.



Obr. 17 Obsah arabinoxylanů v průběhu let 2009 až 2011 (v průměru odrůd/linií, ošetření a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

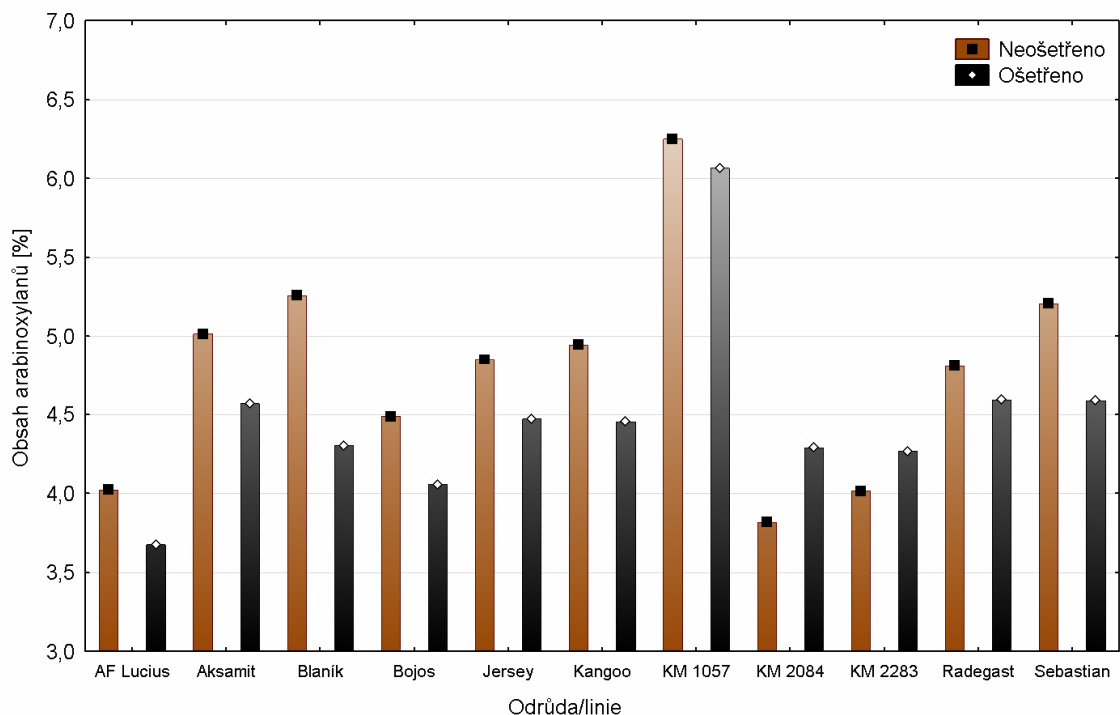
5.1.1.5 Vyhodnocení vlivu interakcí faktorů

Vyhodnocení vlivu interakcí genotypů s ošetřeními

Z Tab. 13 a Obr. 15 je patrný významný vliv ošetření na variabilitu obsahu arabinoxylanů v zrně, na Obr. 18 jsou zobrazeny interakce genotypů s ošetřeními. Od celého souboru se v průměru lokalit a roků nejvyšším obsahem arabinoxylanů lišila bezpluchá linie KM 1057 (Obr. 18, Tab. 14), a to jak v neošetřených, tak v ošetřených variantách (6,25 a 6,07 %). Mezi ošetřenými a neošetřenými variantami bezpluché linie KM 1057 nebyl v obsahu arabinoxylanů zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Na druhé straně nejnižší obsah arabinoxylanů měla bezpluchá odrůda AF Lucius v ošetřených variantách (3,68 %) a bezpluchá linie KM 2084 ve variantách neošetřených (3,82 %). Nízké hodnoty arabinoxylanů byly zjištěny v zrně neošetřených variant bezpluché linie KM 2283 a odrůdy AF Lucius (shodně 4,02 %) a v zrně ošetřených variant sladovnické odrůdy Bojos (4,06 %). Dále nižší obsahy arabinoxylanů v zrně byly zjištěny v ošetřených variantách linií KM 2283 a KM 2084 (4,27 a 4,29 %), odrůd Blaník, Kangoo, Jersey (4,30, 4,47, 4,49 %) a neošetřených variantách odrůdy Bojos (4,49 %).

Sladovnické odrůdy v souboru (vyjma odrůdy Radegast) reagovaly přes roky a lokality na chemické ošetření statisticky průkazně nižšími průměrnými hodnotami arabinoxylanů v zrně (Tab. 14) oproti variantám neošetřeným. Největší rozdíl průměrných hodnot variant ošetřených a neošetřených sladovnických odrůd byl zjištěn u odrůd Blaník (0,96 %), Sebastian (0,62 %), Kangoo (0,49 %), Aksamit (0,45 %), Bojos (0,43 %) a Jersey (0,38 %). Bezpluchá odrůda AF Lucius rovněž poskytla při vyšší intenzitě chemického ošetření významně méně arabinoxylanů, než bez ošetření. Ze souboru se odlišují dvě bezpluché linie KM 2084 a KM 2283, které reagovaly na zvýšenou intenzitu chemického ošetření statisticky významně vyšším obsahem arabinoxylanů v zrně. Takže tyto dvě bezpluché linie reagovaly v průměru roků a lokalit opačně než sladovnické odrůdy.

Sladovnická odrůda Radegast vykázala oproti ostatním sladovnickým odrůdám souboru nejslabší reakci na moření osiva a fungicidní ošetření. U ní byl zjištěn nižší průměrný obsah arabinoxylanů v ošetřené variantě (o 0,22 %), rozdíl byl ovšem neprůkazný. Z hlediska ekologické produkce sladu, tj. bez použití chemického ošetření, s důrazem na co nejnižší obsah arabinoxylanů, vynikla odrůda Bojos (4,49 %). Nižší obsahy arabinoxylanů v neošetřených variantách vykázaly i odrůdy Radegast, Jersey, Kangoo a Aksamit (4,81, 4,85, 4,95 a 5,02 %).



Obr. 18 Průměrný obsah arabinoxylanů v obilkách vybraných odrůd/linií ve dvou intenzitách ošetření (v průměru lokalit a roků)

Popsané odlišné koncentrace arabinoxylanů u jednotlivých genotypů při použití chemického ošetření a bez něj můžeme považovat za projevy interakce genotypů s použitými úrovněmi ošetření.

Byl pozorován rozdíl v reakci na chemické ošetření porostů sladovnických odrůd, kde docházelo ke snížení obsahu arabinoxylanů, naopak u souboru bezpluchých linií KM 2084 a KM 2083 došlo po chemickém ošetření k průkaznému zvýšení.

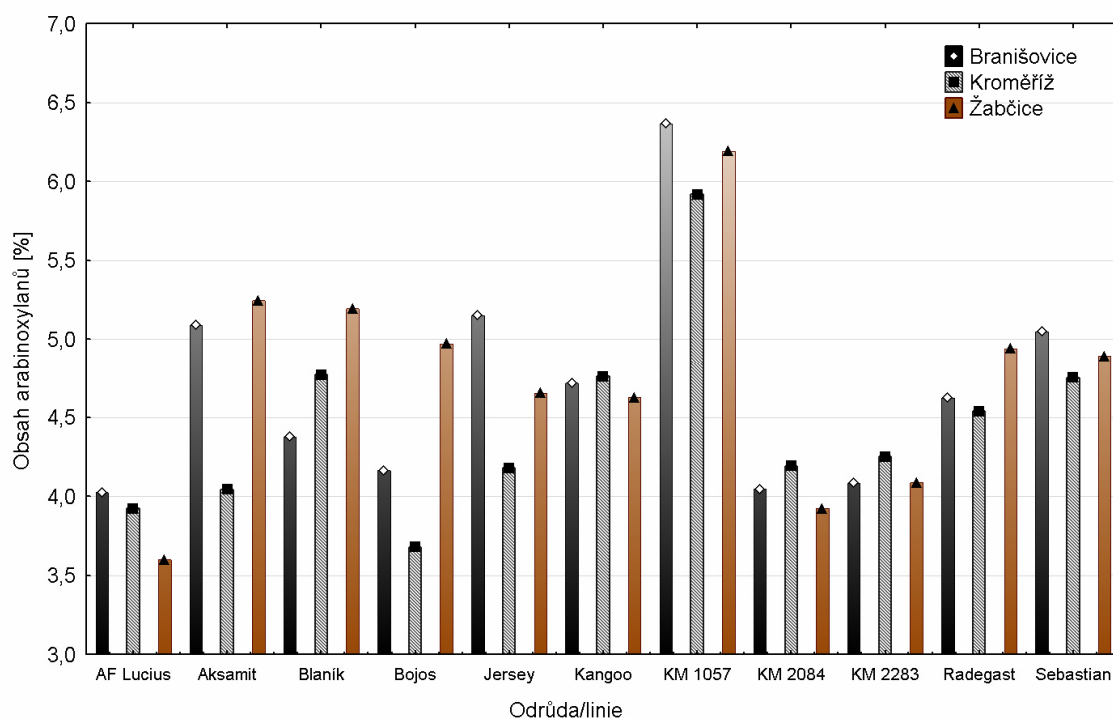
Tab. 14 Průměrný obsah arabinoxylanů [%] v obilkách vybraných odrůd/linií ve dvou intenzitách ošetření (v průměru lokalit a roků)

Odrůda/linie	Ošetření	
	Neošetřeno	Ošetřeno
AF Lucius	4,02 bc	3,68 a
Aksamit	5,02 hi	4,57 f
Blaník	5,26 j	4,30 e
Bojos	4,49 ef	4,06 cd
Jersey	4,85 h	4,47 ef
Kangoo	4,95 h	4,45 ef
KM 1057	6,25 k	6,07 k
KM 2084	3,82 ab	4,29 e
KM 2283	4,02 bc	4,27 de
Radegast	4,81 gh	4,59 fg
Sebastian	5,21 ij	4,59 fg

Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakcí genotypů s lokalitami

Statisticky průkazně nejnižší množství arabinoxylanů (Obr. 19, Tab. 15) v průměru ošetření a roků poskytla odrůda AF Lucius na lokalitě Žabčice (3,60 %), významně se však nelišila od odrůdy Bojos z lokality Kroměříž (3,68 %). Nejvyšším obsahem arabinoxylanů vynikla linie KM 1057 na lokalitě Branišovice (6,37 %), která se však nelišila od lokality Žabčice (6,19 %), poskytla však významně více arabinoxylanů, než na lokalitě Kroměříž (5,92 %). Na lokalitě Kroměříž vynikly svými významně nižšími obsahy arabinoxylanů sladovnické odrůdy Bojos, Aksamit a Jersey (3,68, 4,04 a 4,18 %), které se významně lišily oproti variantám stejných odrůd na ostatních lokalitách. Sladovnická odrůda Radegast poskytla v průměru ošetření a roků nižší obsah arabinoxylanů na lokalitách Kroměříž (4,54 %) a Branišovice (4,62 %), oproti lokalitě Žabčice (4,94 %). Sladovnická odrůda Sebastian poskytla na lokalitě Kroměříž (4,75 %) významně méně arabinoxylanů, než na lokalitě Branišovice (5,05 %), přičemž obsahy arabinoxylanů z těchto dvou lokalit se pak nelišila od lokality Žabčice (4,89 %).



Obr. 19 Průměrný obsah arabinoxylanů v obilkách vybraných odrůd/linií na třech lokalitách (v průměru ošetření a roků)

Odrůda Blaník pak nejnižším obsahem arabinoxylanů vynikla na lokalitě Branišovice (4,38 %), oproti lokalitě Kroměříž (4,77 %), na které tato odrůda poskytla významně méně arabinoxylanů, než na lokalitě Žabčice (5,19 %).

Statisticky průkazný rozdíl mezi obsahy arabinoxylanů na třech lokalitách nebyl zjištěn v zrně experimentálních linií KM 2084 a KM 2283 a sladovnické odrůdy Kangoo, která jako jediná ze souboru sladovnických odrůd nereagovala průkazně na odlišnou lokalitu.

Můžeme říci, že většina sladovnických odrůd v souboru (vyjma odrůd Blaník a Kangoo) poskytla v průměru méně arabinoxylanů ve vzorcích z lokality Kroměříž, než ve vzorcích z ostatních lokalit. Odrůda Blaník jako jediná ze souboru sladovnických odrůd poskytla na lokalitě Branišovice významně méně arabinoxylanů, než na lokalitě Kroměříž.

Bezpluchá odrůda AF Lucius jako jediná poskytla významně nejméně arabinoxylanů na lokalitě Žabčice oproti lokalitám ostatním.

Tab. 15 Průměrný obsah arabinoxylanů [%] v obilkách vybraných odrůd/linií na třech lokalitách (v průměru ošetření a roků)

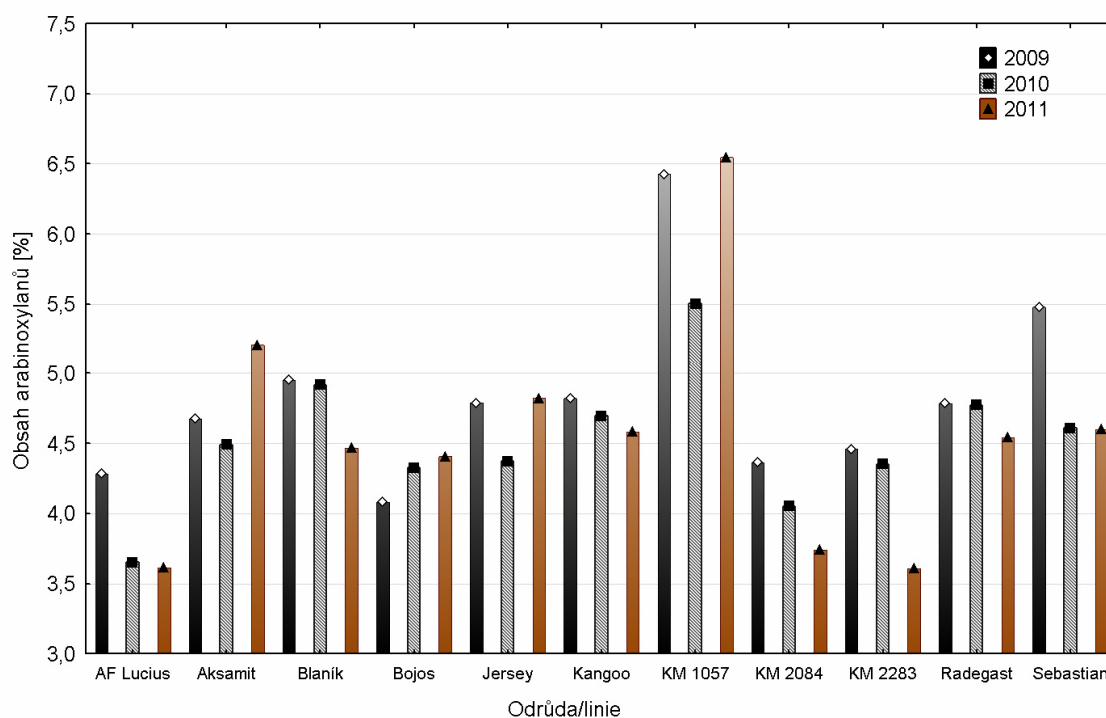
Odrůda/linie	Lokalita		
	Branišovice	Kroměříž	Žabčice
AF Lucius	4,02 cd	3,92 bc	3,60 a
Aksamit	5,09 klm	4,04 cd	5,25 m
Blaník	4,38 ef	4,77 ghij	5,19 lm
Bojos	4,16 cde	3,68 ab	4,97 ijklm
Jersey	5,15 klm	4,18 cde	4,65 fgh
Kangoo	4,72 ghi	4,76 ghi	4,63 fgh
KM 1057	6,37 o	5,92 n	6,19 no
KM 2084	4,05 cd	4,19 cde	3,92 bc
KM 2283	4,08 cd	4,25 de	4,09 cd
Radegast	4,62 fgh	4,54 fg	4,94 ijkl
Sebastian	5,05 jklm	4,75 ghi	4,89 hijk

Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakcí genotypů s roky

V průměru lokalit a ošetření statisticky průkazně nejméně arabinoxylanů (Obr. 20, Tab. 16) poskytla bezpluchá odrůda AF Lucius ve vzorcích z roku 2011 a 2010 (3,61 a 3,65 %) a bezpluché linie KM 2283 a KM 2084 ve vzorcích z roku 2011 (3,61 a 3,74 %). Na druhé straně nejvyšší množství arabinoxylanů poskytla také bezpluchá linie KM 1057 ve vzorcích z roku 2011 a 2009 (6,55 a 6,43 %). Odrůda Bojos poskytla v roce 2009 vzorky s významně nejnižším množstvím arabinoxylanů (4,08 %) oproti vzorkům ostatních sladovnických odrůd, zároveň se však obsahem arabinoxylanů nelišila od vzorků téže odrůdy z roku 2010 (4,33 %). Sladovnická odrůda Aksamit

poskytla v roce 2011 (5,21 %) významně více arabinoxylanů, než v letech 2009 a 2010 (4,68 a 4,46 %), ve kterých se od sebe odrůda vzájemně významně nelišila. Vzorky sladovnické odrůdy Blaník poskytly v roce 2011 významně méně arabinoxylanů, než v letech 2010 a 2009 (4,92 a 4,95 %), kdy se vzájemně od sebe nelišily. Odrůda Jersey poskytla nejméně arabinoxylanů v roce 2010 (4,37 %) oproti rokům 2009 a 2011 (4,79 a 4,82 %), které se opět obsahy nelišily. Sladovnická odrůda Sebastian pak poskytla nejméně arabinoxylanů v letech 2011 a 2010 (4,60 a 4,61 %) proti roku 2009 (5,48 %). Sladovnické odrůdy Kangoo a Radegast poskytly v třech letech pokusu vzorky, mezi kterými nebyly zjištěny průkazné rozdíly v obsahu arabinoxylanů.



Obr. 20 Průměrný obsah arabinoxylanů v obilkách vybraných odrůd/linií v jednotlivých letech pěstování (v průměru ošetření a lokalit)

Odrůdy a linie souboru pak v průměru (přes ošetření a lokality) poskytly méně arabinoxylanů v letech 2010 a 2011, než v roce 2009. Výjimkou je odrůda Bojos, která měla právě v roce 2009 významně méně arabinoxylanů, než v následujících letech. Naopak odrůdy Sebastian a AF Lucius měly v tomto roce významně vyšší obsah arabinoxylanů než v dalších dvou letech. Lze to považovat za odlišné odrůdové reakce na povětrnostní podmínky roku.

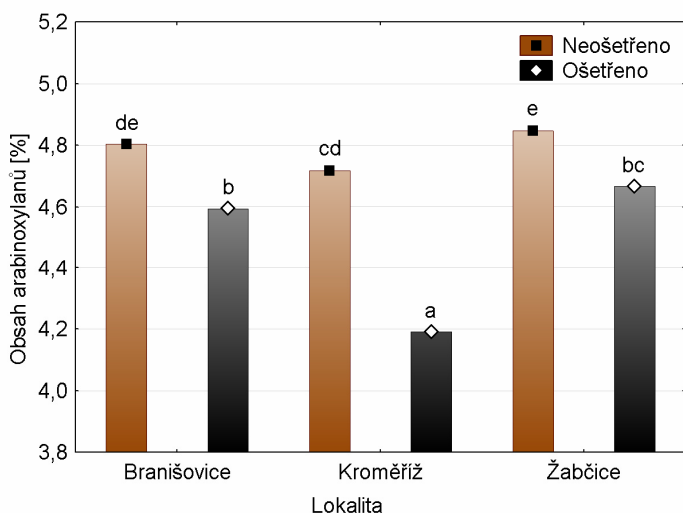
Tab. 16 Průměrný obsah arabinoxylanů [%] v obilkách vybraných odrůd/linií v jednotlivých letech pěstování (v průměru ošetření a lokalit)

Odrůda/linie	Rok		
	2009	2010	2011
AF Lucius	4,28 bcd	3,65 a	3,61 a
Aksamit	4,68 fghij	4,49 defgh	5,21 kl
Blaník	4,95 jk	4,92 j	4,47 defg
Bojos	4,08 bc	4,33 bcde	4,41 def
Jersey	4,79 ij	4,37 de	4,82 ij
Kangoo	4,82 ij	4,70 ghij	4,58 efghi
KM 1057	6,43 n	5,50 m	6,55 n
KM 2084	4,37 cde	4,05 b	3,74 a
KM 2283	4,46 defg	4,35 cde	3,61 a
Radegast	4,79 ij	4,77 hij	4,54 defghi
Sebastian	5,48 lm	4,61 efghi	4,60 efghi

Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakcí ošetření s lokalitami

Jak je patrné z Tab. 13 lokality i jejich interakce s chemickým ošetřením pokusu měly statisticky vysoce významný vliv na obsah arabinoxylanů. Ošetřené varianty z lokality Kroměříž poskytly (Obr. 21, Tab. 29 v příloze) pouze 4,19 % arabinoxylanů, což bylo významně méně, než obsah arabinoxylanů v ošetřených variantách z lokalit Branišovice (4,59 %) a Žabčice (4,67 %).



Obr. 21 Průměrný obsah arabinoxylanů v zrna z jednotlivých lokalit ve dvou intenzitách ošetření (v průměru odrůd/linií a roků)

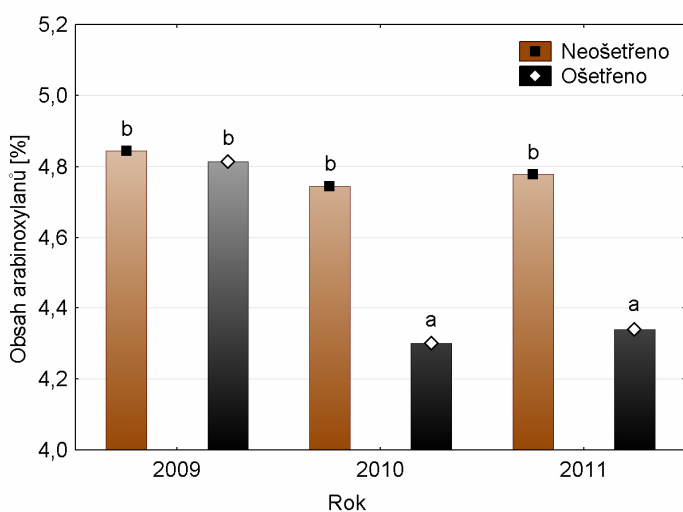
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Naopak nejvyšší obsah arabinoxylanů byl zjištěn ve vzorcích z neošetřených porostů na lokalitách Žabčice (4,85 %) a Branišovice (4,80 %), avšak v průměrných hodnotách se od sebe vzorky ze všech tří lokalit od sebe nelišily. V průměru vzorků všech odrůd/linií a roků poskytly obilky z neošetřených variant pokusu významně více arabinoxylanů na všech lokalitách ve srovnání s ošetřenými variantami.

Vyhodnocení vlivu interakcí ošetření s roky pěstování

Ve vzorcích obilek (Obr. 22, Tab. 28 v příloze) z variant neošetřených v průměru všech genotypů z let 2009 (4,85 %), 2011 (4,78 %), 2010 (4,74 %) a ošetřených variant z roku 2009 (4,81 %) bylo zjištěno významně více arabinoxylanů, než ve vzorcích ošetřených variant z let 2010 (4,30 %) a 2011 (4,34 %), které se od sebe významně nelišily.

V roce 2009 se vliv interakce s ošetřením neprojevil, přičemž v následujících letech pokusu neošetřené varianty poskytly významně více arabinoxylanů, než varianty ošetřené.



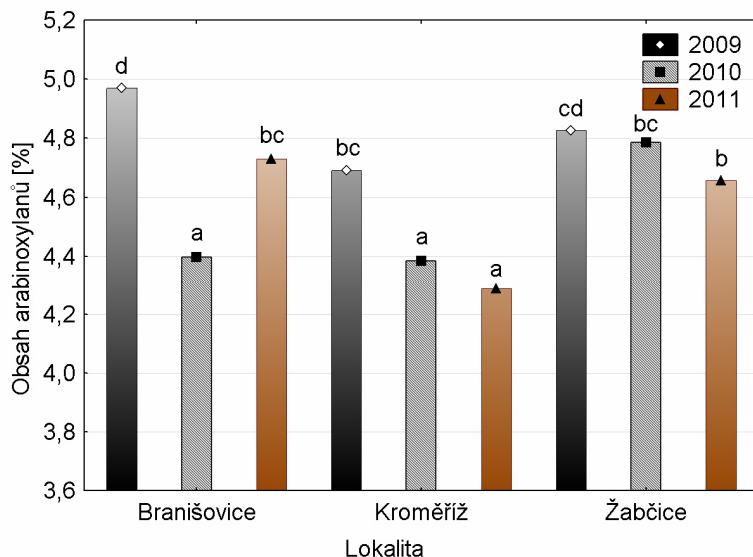
Obr. 22 Průměrný obsah arabinoxylanů v zrně v letech 2009 až 2011 ve dvou intenzitách pěstování (v průměru odrůd/linií a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakcí lokalit s roky pěstování

Nejvyšší množství arabinoxylanů (Obr. 23, Tab. 30 v příloze) pocházelo ze vzorků z roku 2009 z Branišovic (4,97 %) a z Žabčic téhož roku (4,83 %). Vzorky z Žabčic z roku 2009 se významně nelišily od vzorků stejné lokality z roku 2010 (4,79 %), ale ani od vzorků z Branišovic z roku 2011 (4,79 %) a vzorků z Kroměříže z roku 2009

(4,69 %). Nejnižší obsahy byly pak zjištěny ve vzorcích z roku 2011 a 2010 z Kroměříže (4,29 % a 4,38 %) i Branišovic (4,40 %) z roku 2010, které převýšily vzorky z roku 2011 z Žabčic (4,66 %).



Obr. 23 Průměrný obsah arabinoxylanů v zrně ze tří lokalit v letech 2009 až 2011 (v průměru odrůd/linií a ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

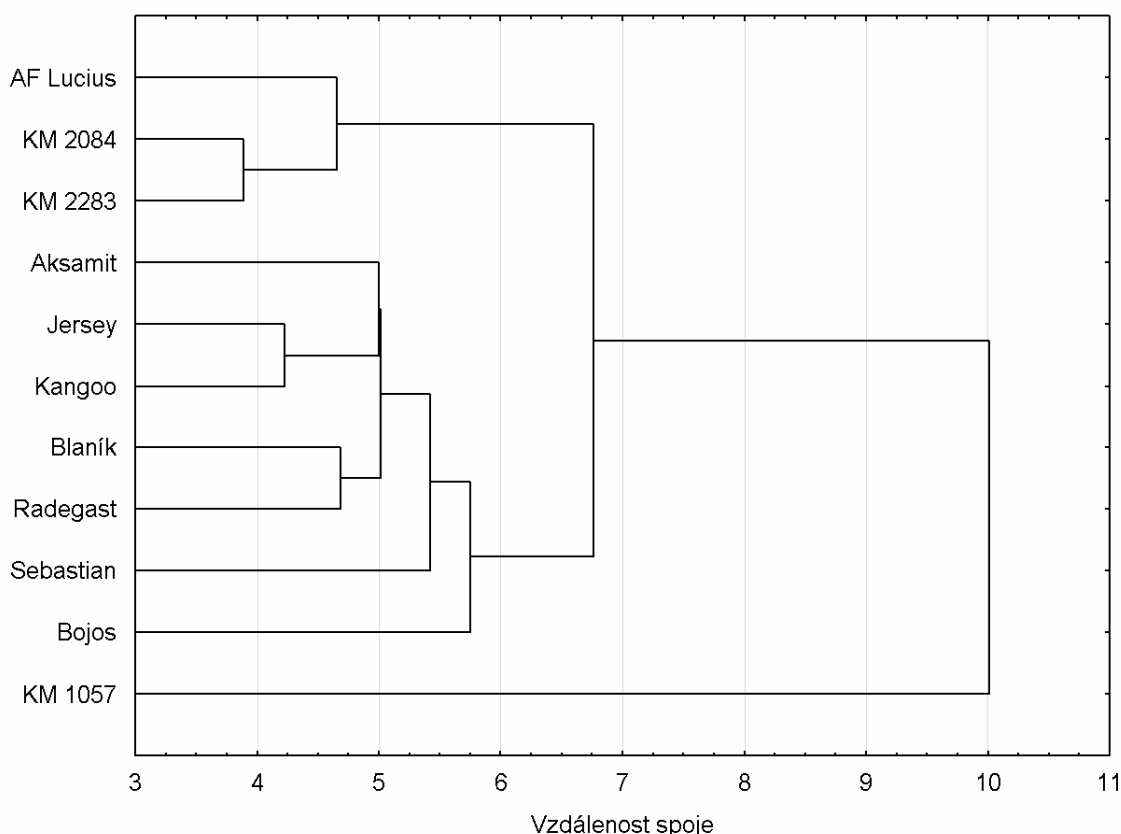
Vzorky ze všech tří let z Žabčic se v obsahu arabinoxylanů se od sebe významně nelišily. Na lokalitě Branišovice byly vypěstovány obilky, který se v průběhu všech tří let od sebe obsahem arabinoxylanů významně lišily. Odlišné koncentrace arabinoxylanů v průběhu let 2009 až 2011 na různých lokalitách můžeme přisuzovat významnosti vlivu interakcí lokalit s roky pěstování.

Vyhodnocení vlivu vícenásobných interakcí

Vícenásobné interakce se na celkové variabilitě arabinoxylanů podílely (Tab. 13) největší měrou ze všech faktorů (24,56 %). Podíl vlivu vícenásobných interakcí na variabilitu obsahu arabinoxylanů je však sumou podílů interakcí třínásobných (interakce genotypu s ošetřením i lokalitou 4,53 %; interakce genotypu s ošetřením i rokem 3,12 %; interakce genotypu s lokalitou i rokem 4,29 %; interakce ošetření s lokalitou i rokem 8,74 %) a interakce čtyřnásobné (interakce genotypu s ošetřením, lokalitou i rokem 3,88 %). Z výčtu podílů vlivů je patrné, že všechny faktory na sebe navzájem působily a ovlivňovaly tak i utváření koncentrace arabinoxylanů v zrně.

5.1.1.6 Shluková analýza obsahu arabinoxylanů

Shluková analýza byla vypočtena jednoduchým spojením Euklidovských horizontálních vzdáleností. Výstupem je standardní symetrická matice udávající míru genetické podobnosti jednotlivých odrůd/linií. Čím delší je vodorovná čára (vzdálenost spoje) mezi jednotlivými odrůdami/liniemi a jejich shluky, tím menší je podobnost mezi nimi. Ze zhlukové analýzy obsahu arabinoxylanů je patrné (Obr. 24), že bezpluchá linie KM 1057 (v průměru ošetření, lokalit a let) se vzdáleností své spojnice výrazně odlišovala od všech ostatních genotypů souboru. Nejkratší vzdálenost spoje byla zjištěna u shluku zbývajících dvou bezpluchých linií KM 2084 a KM 2283, které se zavřely do shluku s bezpluchou odrůdou AF Lucius. Mezi sladovnickými odrůdami byl zjištěn nejbližší shluk mezi odrůdami Jersey a Kangoo a pak mezi odrůdami Blaník a Radegast. Veškeré sladovnické odrůdy tvořily kompaktní shluk, který se vzdáleností spoje odlišoval od všech bezpluchých genotypů.



Obr. 24 Shluková analýza podobnosti genotypů podle obsahu arabinoxylanů (v průměru ošetření, lokalit a roků; počet případů 36)

5.1.2 Vyhodnocení obsahu beta-glukanů

Variabilita obsahu beta-glukanů (Tab. 17) byla statisticky velmi vysoce významně ovlivněna genotypem, lokalitou, ročníkem, ošetřením i jejich vzájemnými interakcemi, s výjimkou vlivu interakce ošetření s lokalitou, která byla vysoce statisticky průkazná. Největší podíl na celkové variabilitě obsahu beta-glukanů v zrna ječmene měl genotyp (23,64 %), dále roky (11,92 %), lokality (9,65 %) a jejich interakce – prostředí (20,66 %). Rovněž vícenásobné interakce faktorů (14,63 %) se významně podílely na variabilitě beta-glukanů.

Tab. 17 Analýza variance obsahu beta-glukanů ve sledovaném souboru odrůd/linií ječmene jarního

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Genotyp	10	25,337***	23,64
Ošetření	1	1,320***	5,40
Lokalita	2	4,223***	9,65
Rok	2	6,448***	11,92
Interakce:			
Genotyp*Ošetření	10	0,126***	1,66
Genotyp*Lokalita	20	0,364***	2,83
Genotyp*Rok	20	0,472***	3,23
Ošetření*Lokalita	2	0,199***	2,10
Ošetření*Rok	2	0,582***	3,58
Lokalita*Rok	4	19,350***	20,66
Vícenásobné interakce	124	2,083***	14,63
Chyba	198	0,152	0,71

Pozn.: $p = 0,001$ - ***; M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti.

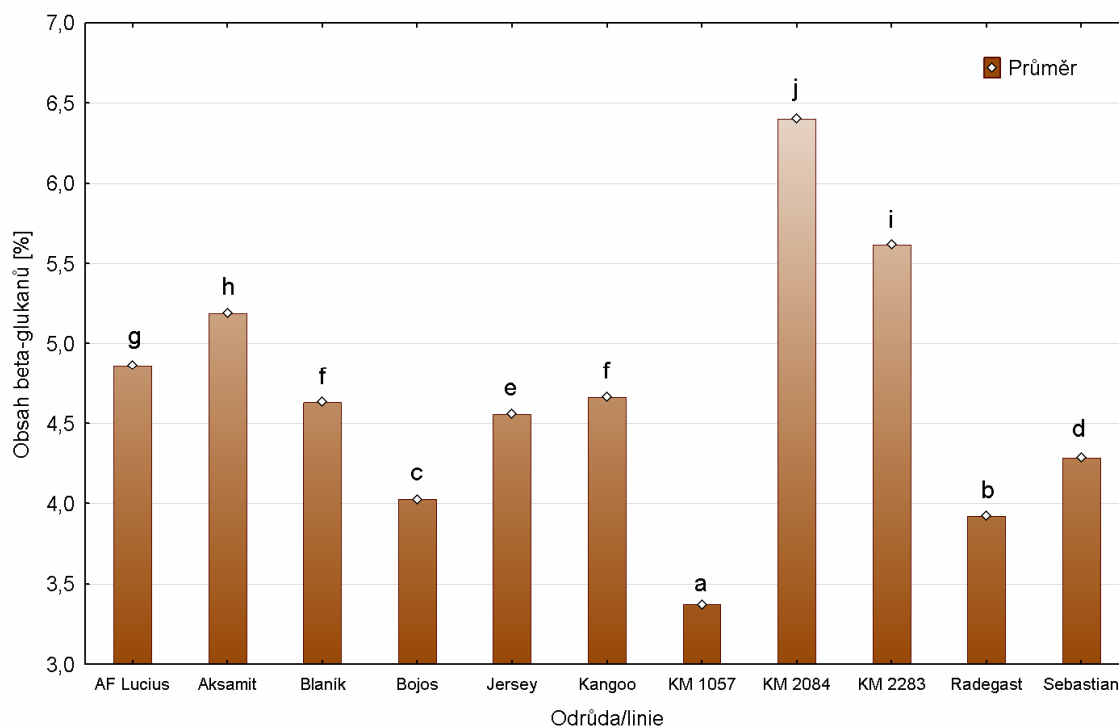
Pro zjištění významnosti rozdílů průměrných hodnot v rámci jednotlivých faktorů i jejich interakcí bylo použito následného testování (pomocí Fisherova LSD testu), jehož výsledky jsou uvedeny v tabulkách v textu i v příloze.

5.1.2.1 Vyhodnocení vlivu genotypů

Z tabulky analýzy variance (Tab. 17) je patrné, že genotyp se na variabilitě beta-glukanů podílel největší měrou ze všech faktorů a jejich vzájemných interakcí (23,64 %). Právě obsah beta-glukanů ve sladidě je jedním z kritérií USJ pro hodnocení sladovnických odrůd. Beta-glukany se v procesu rmutování dostávají ze sladu do sladiny, kde jsou štěpeny příslušnými enzymy. Zrno ječmene je tedy nejen zdrojem hydrolytických enzymů, ale také zdrojem jejich substrátu - beta-glukanů. Z toho důvodu

je důležité sledovat nejen aktivitu štěpících enzymů, ale také obsah beta-glukanů v surovině - zrna a vybírat především vhodné genotypy s geneticky nízkými obsahy neškrobových polysacharidů.

Ze sledovaného souboru měla přes roky, lokality a ošetření významně nižší průměrný obsah beta-glukanů (Obr. 25, Tab. 32 v příloze) bezpluchá linie KM 1057 (3,37 %) oproti všem ostatním genotypům souboru. Ze sladovnických odrůd vynikla významně nejnižším obsahem beta-glukanů odrůda Radegast (3,92 %), která obsahovala významně méně beta-glukanů, než odrůda Bojos (4,03 %), obě se tak lišily od všech odrůd a linií souboru. Nízký obsah beta-glukanů vykazala i sladovnická odrůda Sebastian (4,29 %), která poskytla významně méně beta-glukanů, než sladovnická odrůda Jersey (4,56 %), i ta se rovněž lišila od všech odrůd a linií souboru. Mezi odrůdami Blaník (4,63 %) a Kangoo (4,66 %) nebyl zjištěn průkazný rozdíl. Nejvyšší obsah beta-glukanů ze souboru sladovnických odrůd poskytla odrůda Aksamit (5,19 %), tato odrůda poskytla významně více beta-glukanů než bezpluchá odrůda AF Lucius (4,86 %).



Obr. 25 Obsah beta-glukanů v zrna vybraných odrůd/linií (v průměru ošetření, lokalit a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

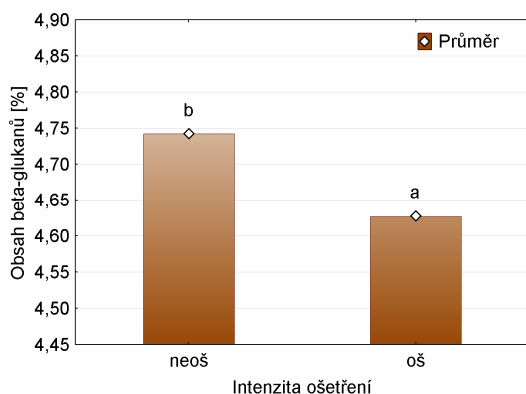
Naopak statisticky významně nejvyšším obsahem beta-glukanů z celého souboru vynikla bezpluchá linie KM 2084 (6,41 %), která poskytla významně více beta-glukanů, než linie KM 2283 (5,62 %) s druhým nejvyšším obsahem. Produkce zrna těchto linií by mohla být využívána pro potravinářské použití stejně jako zrno odrůdy AF Lucius.

Lze tedy říci, že v průměru ošetření, lokalit a let pěstování poskytly sladovnické odrůdy při porovnání mezi sebou vyrovnané obsahy beta-glukanů. Ve studovaném souboru hodnotami výrazně nižšími i vyššími ohraničovaly jejich rozpětí bezpluché linie.

Výjimkou v souboru je sladovnická odrůda Aksamit, která jako jediná v průměru poskytla více beta-glukanů, než registrovaná bezpluchá odrůda AF Lucius.

5.1.2.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

Ošetřené varianty pokusu poskytly v průměru roků, genotypů a lokalit (Obr. 26, Tab. 33 v příloze) významně méně beta-glukanů (4,63 %), než varianty neošetřené (4,74 %). Můžeme tedy předpokládat, že většina vzorků odrůd/linií, z různých lokalit a ročníků pěstování poskytla větší množství beta-glukanů právě ve variantách neošetřených.



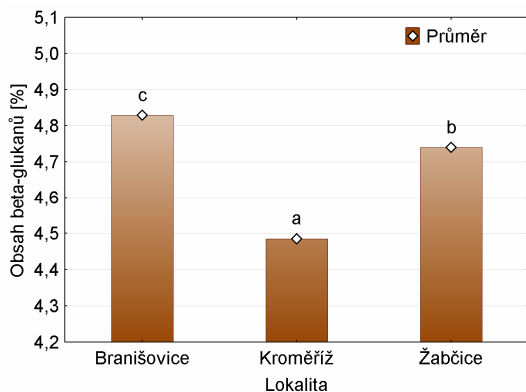
Obr. 26 Obsah beta-glukanů ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů (v průměru odrůd/linií, lokalit a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.1.2.3 Vyhodnocení vlivu lokalit

Pokud hodnotíme vliv lokalit na obsah beta-glukanů, byla nejnižší průměrná hodnota (Obr. 27, Tab. 34 v příloze) zjištěna na lokalitě Kroměříž (4,49 %), vyšší obsah beta-

glukanů byl zjištěn ve vzorcích z lokality Žabčice (4,74 %), nejvyšší pak ve vzorcích z lokality Branišovice (4,83 %). Průměrnými hodnotami přes ostatní sledované faktory se jednotlivé lokality podle výsledků LSD testu statisticky významně lišily.

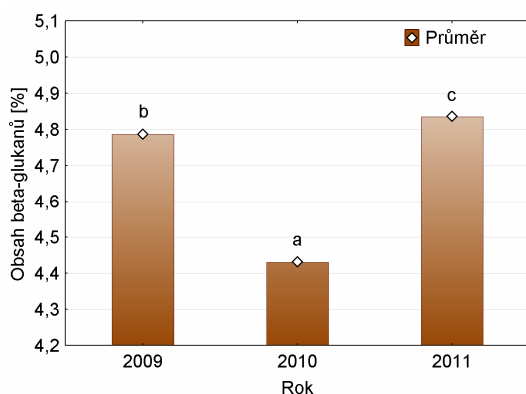


Obr. 27 Obsah beta-glukanů ze tří sledovaných lokalit (v průměru odrůd/linií, ošetření a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.1.2.4 Vyhodnocení vlivu roků

Rok pěstování se na celkové variabilitě podílel čtvrtou nejvyšší měrou - 11,92 % (Tab. 17). Nejnižší průměrný obsah beta-glukanů v průměru lokalit, ošetření a genotypů (Obr. 28, Tab. 35 v příloze) byl zjištěn ve vzorcích z roku 2010 (4,43 %), oproti vzorkům z roku 2009 (4,79 %), nejvyšší obsah beta-glukanů byl pak zjištěn ve vzorcích z roku 2011 (4,84 %), což bylo významně více, než v předchozích letech.



Obr. 28 Obsah beta-glukanů v letech 2009 až 2011 (v průměru odrůd/linií, lokalit a ošetření)

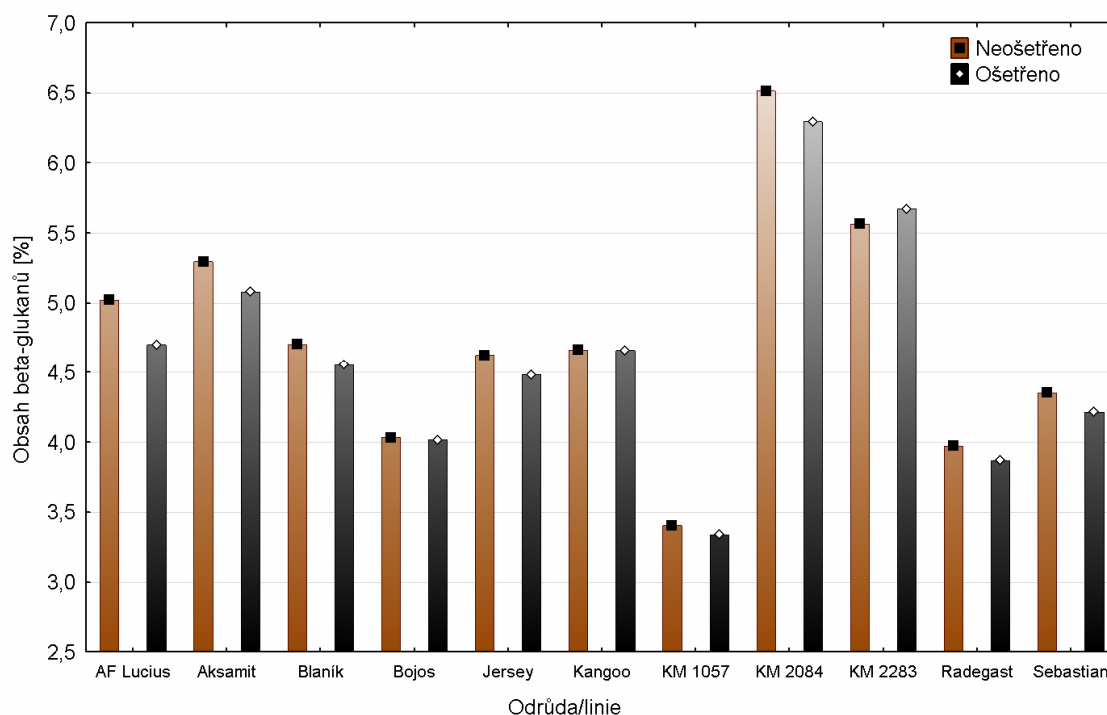
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.1.2.5 Vyhodnocení vlivu interakcí

Vyhodnocení vlivu interakcí genotypů s ošetřeními

Nejvyšší obsah beta-glukanů v zrně v průměru roků a lokalit (Obr. 29, Tab. 18) vykazala linie KM 2084 z neošetřených variant (6,51 %), což bylo průkazně více, než z variant ošetřených (6,30 %) téže linie. Vysoký obsah beta-glukanů byl zjištěn u bezpluché linie KM 2283, která v zrně z ošetřených variant (5,67 %), poskytla více, než v zrně variant ošetřených (5,56 %). Vyšší obsahy beta-glukanů poskytla odrůda Aksamit u variant ošetřených (5,30 %), než u variant neošetřených (5,08 %), které se nelišily od neošetřených variant bezpluché odrůdy AF Lucius (5,02 %). Neošetřené varianty sladovnické odrůdy Blaník (4,71 %) se nelišily od ošetřených variant odrůdy AF Lucius (4,70 %) a od neošetřených i ošetřených variant sladovnické odrůdy Kangoo (4,67 %) a od neošetřených variant sladovnické odrůdy Jersey (4,63 %).

Nejméně beta-glukanů poskytla linie KM 1057 ve variantách ošetřených i neošetřených (3,34 a 3,40 %) a odlišila se tak od zbývajících genotypů souboru.



Obr. 29 Průměrný obsah beta-glukanů v zrně odrůd/linií ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru lokalit a roků pěstování)

Ze sladovnických odrůd významně nejnižším obsahem beta-glukanů vynikla odrůda Radegast v ošetřených variantách (3,87 %), což bylo méně, než z neošetřené

varianty téže odrůdy (3,97 %) a ošetřené i neošetřené varianty odrůdy Bojos (4,02 a 4,03 %). Méně beta-glukanů poskytla odrůda Sebastian v ošetřených variantách (4,22 %) oproti variantám neošetřeným (4,35 %), která se významně lišila od ošetřených variant odrůdy Jersey (4,49 %) a Blaník (4,56 %), mezi nimiž nebyl zjištěn průkazný rozdíl.

Nejsilnější reakci genotypu na ošetření vykazala odrůda AF Lucius, která v průměru neošetřených variant poskytla o 0,38 % více, než ve variantách ošetřených. Významná reakce genotypu byla zjištěna také u sladovnické odrůdy Jersey a linie KM 2084, jejichž neošetřené varianty poskytly v průměru o 0,22 % více, než varianty ošetřené.

Z analyzovaného souboru se odlišovala Linie KM 2283, která jako jediná vykazala při zvýšené chemické intenzitě ošetření průkazné zvýšení obsahu beta-glukanů (o 0,11 %). Obdobně tato linie reagovala i obsahem arabinoxylanů. Většina genotypů AF Lucius, Aksamit, Blaník, Jersey, KM 2084, Radegast a Sebastian reagovala teda na zvýšené chemické ošetření průkazně nižším obsahem beta-glukanů. U genotypů Aksamit, Bojos, Kangoo a KM 1057 pak statisticky průkazný vliv ošetření na obsah beta-glukanů zjištěn nebyl.

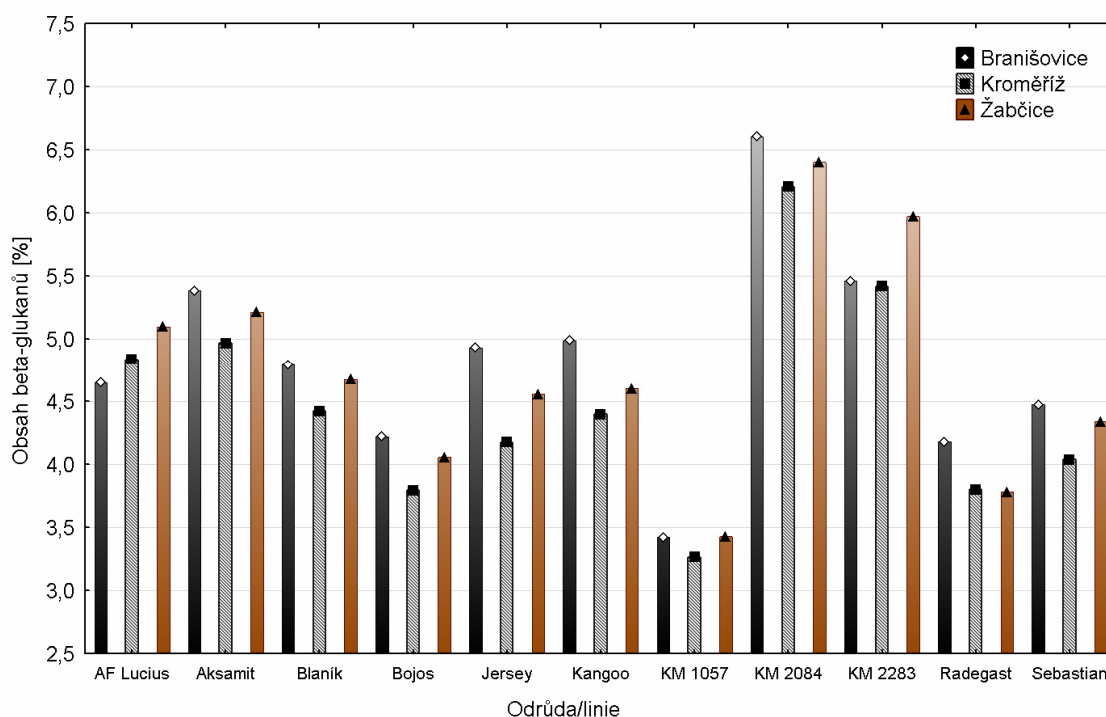
Tab. 18 Průměrný obsah beta-glukanů v zrně odrůd/linií ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru lokalit a roků pěstování)

Odrůda/linie	Intenzita ošetření	
	Neošetřeno	Ošetřeno
AF Lucius	5,02 i	4,70 h
Aksamit	5,30 j	5,08 i
Blaník	4,71 h	4,56 fg
Bojos	4,03 c	4,02 c
Jersey	4,63 gh	4,49 f
Kangoo	4,67 h	4,66 h
KM 1057	3,40 a	3,34 a
KM 2084	6,51 n	6,30 m
KM 2283	5,56 k	5,67 l
Radegast	3,97 c	3,87 b
Sebastian	4,35 e	4,22 d

Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce genotypů s lokalitami

V průměru ošetření a roků poskytla nejnižší obsah beta-glukanů (Obr. 30, Tab. 19) opět bezpluchá linie KM 1057 ve vzorcích z lokality Kroměříž (3,26 %), než z lokalit Branišovice a Žabčice (3,42 a 3,43 %), které se vzájemně významně nelišily. Ze sladovnických odrůd nejnižším obsahem beta-glukanů vynikla odrůda Radegast a to na lokalitách Žabčice a Kroměříž (3,78 a 3,80 %) a odrůda Bojos na lokalitě Kroměříž (3,80 %), které poskytly méně beta-glukanů, než odrůda Sebastian na lokalitě Kroměříž (4,04 %) a odrůda Bojos na lokalitě Žabčice (4,06 %). Méně beta-glukanů pak poskytly také odrůdy Jersey z Kroměříže (4,18 %) a Radegast a Bojos z Branišovic (4,18 a 4,22 %), oproti odrůdám Kangoo a Blaník z Kroměříže (4,40 a 4,42 %). Odrůda Bojos z Branišovic (4,22 %) se pak významně nelišila od odrůdy Sebastian z Žabčic (4,34 %). Odrůda Aksamit pak poskytla opět nejnižší obsah beta-glukanů ve vzorcích z Kroměříže (4,97 %), než na ostatních lokalitách, ovšem významně se nelišila od odrůd Kangoo a Jersey, které ve vzorcích z Branišovic (4,99 a 4,93 %) poskytly významně více beta-glukanů, než ve vzorcích z ostatních lokalit.



Obr. 30 Průměrný obsah beta-glukanů v zrně odrůd/linií ze tří lokalit (v průměru ošetření a roků)

Nejvyšší obsah beta-glukanů pak poskytla opět linie KM 2084 z Branišovic (6,61 %), oproti vzorkům z Žabčic (6,40 %), i z Kroměříže (6,21 %). Vzorky z Žabčic se významně lišily i od vzorků z Kroměříže. Více beta-glukanů poskytla také bezpluchá linie KM 2283 ve vzorcích z Žabčic (5,97 %), než ve vzorcích z Branišovic a Kroměříže (5,46 a 5,42 %).

Bezpluchá odrůda určená k výrobě potravin AF Lucius pak nejvíce beta-glukanů poskytla ve vzorcích z Žabčic (5,10 %) oproti vzorkům z Kroměříže (4,84 %) i z Branišovic (4,65 %).

Jednotlivé sladovnické odrůdy (kromě odrůdy Radegast) poskytly významně méně beta-glukanů vždy na lokalitě Kroměříž, než na lokalitách Branišovice a Žabčice. Bezpluché genotypy pak obecně poskytly více beta-glukanů (vyjma linie KM 2084) ve vzorcích z lokality Žabčice.

Lze tedy shrnout, že genotypy jevíly interakce s lokalitou, sladovnické odrůdy reagovaly zvýšeným obsahem beta-glukanů na suchou lokalitu Branišovice, bezpluché genotypy pak na sušší lokalitu Žabčice.

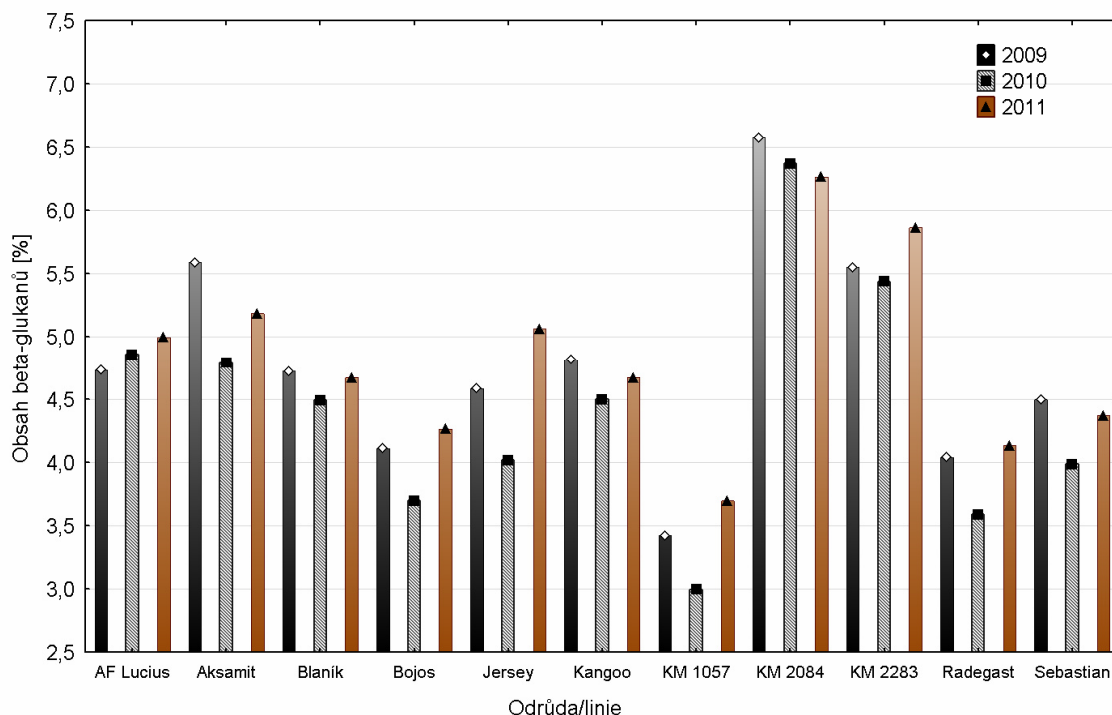
Tab. 19 Průměrný obsah beta-glukanů v zrně odrůd/linií ze tří lokalit (v průměru ošetření a roků)

Odrůda/linie	Lokalita		
	Branišovice	Kroměříž	Žabčice
AF Lucius	4,65 k	4,84 mn	5,10 pq
Aksamit	5,39 r	4,97 o	5,21 q
Blaník	4,79 lm	4,42 hi	4,68 kl
Bojos	4,22 fg	3,80 c	4,06 de
Jersey	4,93 no	4,18 ef	4,56 jk
Kangoo	4,99 op	4,40 hi	4,60 k
KM 1057	3,42 b	3,26 a	3,43 b
KM 2084	6,61 v	6,21 t	6,40 u
KM 2283	5,46 r	5,42 r	5,97 s
Radegast	4,18 ef	3,08 c	3,78 c
Sebastian	4,48 ij	4,04 d	4,34 gh

Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce genotypů s roky pěstování

Interakce genotypů s roky pěstování (Tab. 17) měla rovněž vysoce významný vliv na koncentrace beta-glukanů. Z celého souboru v průměru ošetření a lokalit vynikla nejvyšším obsahem (Obr. 31, Tab. 20) bezpluchá linie KM 2084 ve vzorcích z roku 2009 (6,58 %), což bylo významně více, než v letech následujících (6,37 % pro rok 2010 a 6,27 % pro rok 2011).



Obr. 31 Průměrný obsah beta-glukanů v zrně odrůd/linií v letech 2009 až 2011 (v průměru ošetření a lokalit)

Více beta-glukanů poskytla linie KM 2283 a to ve vzorcích z roku 2011 (5,87 %), což bylo významně více, než v roce 2009 (5,55 %), ještě nižší množství pak bylo u téže linie stanoveno v roce 2010 (5,44 %). Nejnižší množství beta-glukanů pak poskytla experimentální linie KM 1057 v roce 2010 (3,00 %), což bylo významně méně, než v roce předcházejícím (3,42 %; 2009), ve kterém tato linie poskytla významně méně beta-glukanů, než v roce 2011 (3,70 %).

Můžeme říci, že v rámci sladovnických odrůd jednotlivé genotypy poskytly vždy statisticky významně méně beta-glukanů v roce 2010: nejméně poskytly odrůdy odrůdy Radegast (3,59 %) a odrůda Bojos (3,70 %), významně více beta-glukanů poskytly odrůdy Sebastian (3,98 %) a Jersey (4,02 %), které se významně lišily

od odrůd Blaník (4,49 %) a Kangoo (4,50 %). Významně nejvíce beta-glukanů pak v souboru sladovnických bylo v roce 2010 u odrůdy Aksamit (4,79 %).

Bezpluchá odrůda AF Lucius poskytla nejméně beta-glukanů v roce 2009 (4,73 %), než v roce 2010 (4,86 %), což bylo významně méně, než v roce 2011 (5,00 %).

Lze konstatovat, že veškeré sladovnické odrůdy poskytly v letech 2009 až 2011 významně méně beta-glukanů v roce 2010. Bezpluché genotypy v roce 2010 v porovnání s roky 2009 a 2011 poskytly hodnoty nejnižší až střední.

Tab. 20 Průměrný obsah beta-glukanů v zrna odrůd/linií v letech 2009 až 2011 (v průměru ošetření a lokalit)

Odrůda/linie	Rok		
	2009	2010	2011
AF Lucius	4,73 jk	4,86 l	5,00 m
Aksamit	5,59 pq	4,79 jkl	5,19 n
Blaník	4,73 jk	4,49 gh	4,67 ij
Bojos	4,11 e	3,70 c	4,27 f
Jersey	4,59 hi	4,02 de	5,06 m
Kangoo	4,82 kl	4,50 h	4,67 ij
KM 1057	3,42 b	3,00 a	3,70 c
KM 2084	6,58 s	6,37 r	6,27 r
KM 2283	5,55 p	5,44 o	5,87 q
Radegast	4,04 de	3,59 c	4,13 e
Sebastian	4,50 h	3,98 d	4,37 fg

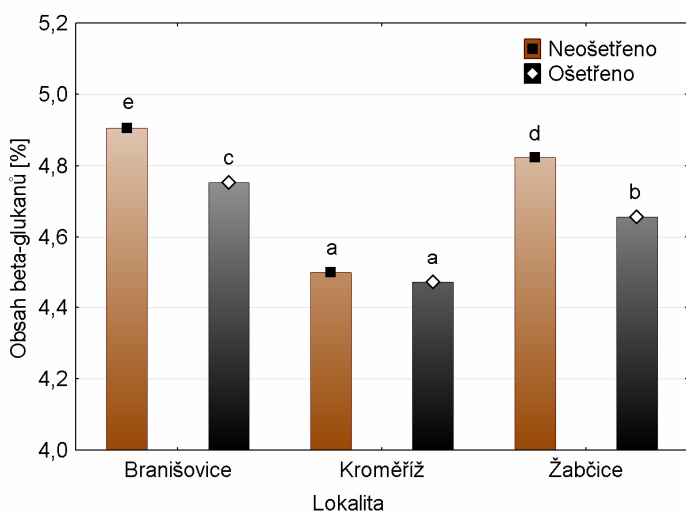
Pozn.: Hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce ošetření s lokalitou

Hodnotíme-li vliv lokalit (Obr. 32, Tab. 34 v příloze), ale i chemického ošetření, zjistíme, že nejnižší množství beta-glukanů poskytly opět vzorky z Kroměříže, a to varianty ošetřené i neošetřené (4,47 a 4,50 %), tudíž vliv chemického ošetření se na této lokalitě neprojevil.

Nižší obsah beta-glukanů poskytla produkce ošetřených vzorků z Žabčic (4,66 %), oproti vzorkům z Žabčic z neošetřených variant (4,82 %). Vyšší obsah beta-glukanů byl zjištěn ve vzorcích zrna neošetřených variant z Branišovic (4,91 %), významně nižší zde byl zjištěn obsah beta-glukanů v ošetřených variantách (4,75 %).

Můžeme tedy konstatovat, že kromě lokality Kroměříž, byly hodnoty beta-glukanů na zbývajících lokalitách vždy významně vyšší v průměru neošetřených variant.

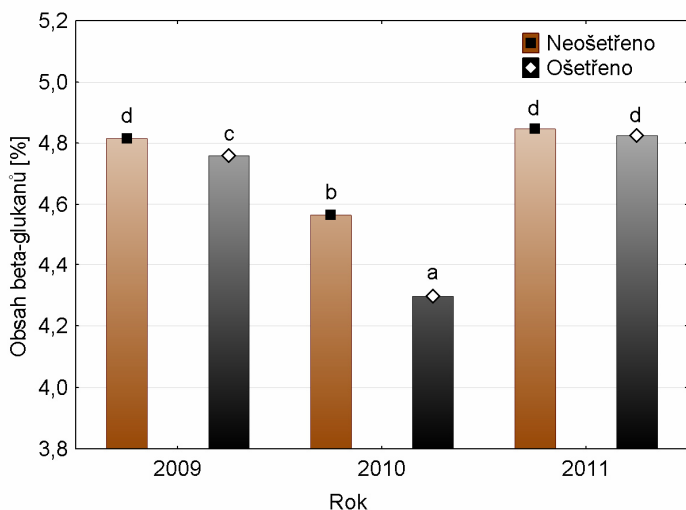


Obr. 32 Průměrný obsah beta-glukanů na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách ošetření (v průměru odrůd/linií a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakcí ošetření s roky pěstování

Statisticky průkazně nejméně beta-glukanů (Obr. 33, Tab. 33 v příloze) poskytly proti ostatním variantám pokusu v průměru lokalit a genotypů ošetřené i neošetřené varianty z let 2010 (4,30 a 4,56 %).



Obr. 33 Průměrný obsah beta-glukanů v průběhu let 2009 až 2011 ve dvou intenzitách ošetření (v průměru odrůd/linií a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

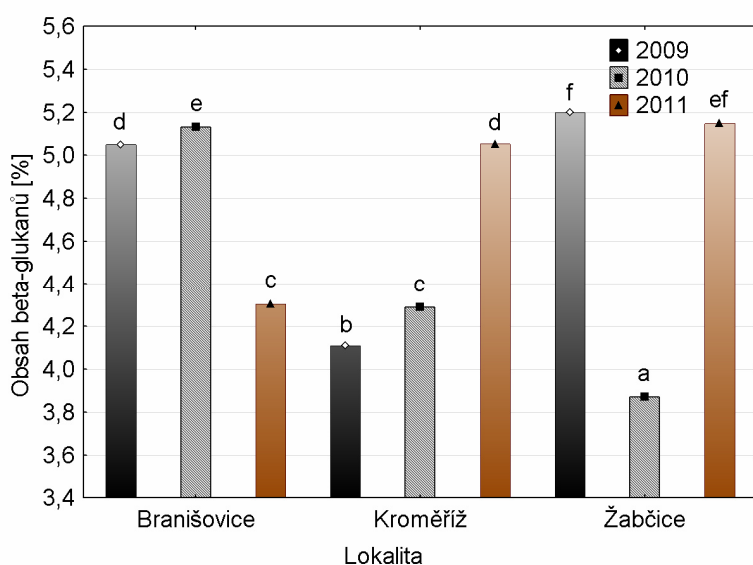
Neošetřené varianty z roku 2010 (4,56 %) poskytly statisticky průkazně méně beta-glukanů oproti variantám ošetřeným z roku 2009 (4,76 %). Mezi neošetřenými variantami z let 2011 a 2009 (4,85 resp. 4,82 %) a variantami ošetřenými z roku 2011 (4,82 %) nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl, tyto varianty rovněž poskytly statisticky průkazně nejvíce beta-glukanů oproti ostatním variantám v souboru.

Mezi průměrnými obsahy beta-glukanů variant ošetřených z roku 2009 a neošetřených z let 2009, 2010 a 2011 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Lze říci, že v této interakci se silněji projevil vliv roků a to u ošetřených variant (více významných rozdílů).

Vyhodnocení vlivu interakce lokalit s roky pěstování

Statisticky průkazně nejvíce beta-glukanů (Obr. 34, Tab. 35 v příloze) v průměru odrůd/linií a ošetření poskytly vzorky z Žabčic, a to v letech 2009 a 2011 (5,20 a 5,15 %), oproti roku 2010, ve kterém byly na stejné lokalitě sklizeny vzorky s obsahem beta-glukanů (3,87 %), který byl statisticky průkazně nejnižší.



Obr. 34 Průměrný obsah beta-glukanů na sledovaných lokalitách v průběhu let 2009 až 2011 (v průměru odrůd/linií a ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Více beta-glukanů bylo zjištěno ve vzorcích z Branišovic z roku 2010 (5,13 %), oproti vzorkům z roku 2009 (5,05 %). Významně nižší obsah beta-glukanů pak poskytly

vzorky z roku 2011 stejné lokality (4,30 %). Vzorky z Branišovic z roku 2010 se statisticky významně nelišily od vzorků z Žabčic z roku 2011.

Na lokalitě Kroměříž byl nejvyšší obsah beta-glukanů pozorován ve vzorcích z roku 2011 (5,05 %), oproti vzorkům z roku 2010 (4,29 %). Významně méně beta-glukanů pak byl zjištěn ve vzorcích stejné lokality v roce 2009 (4,11 %). Vzorky z roku 2011 z Kroměříže se statisticky významně nelišily od vzorků z roku 2009 z Branišovic. Průkazný rozdíl rovněž nebyl zjištěn mezi vzorky z Kroměříže z roku 2010 a vzorky z Branišovic z roku 2011.

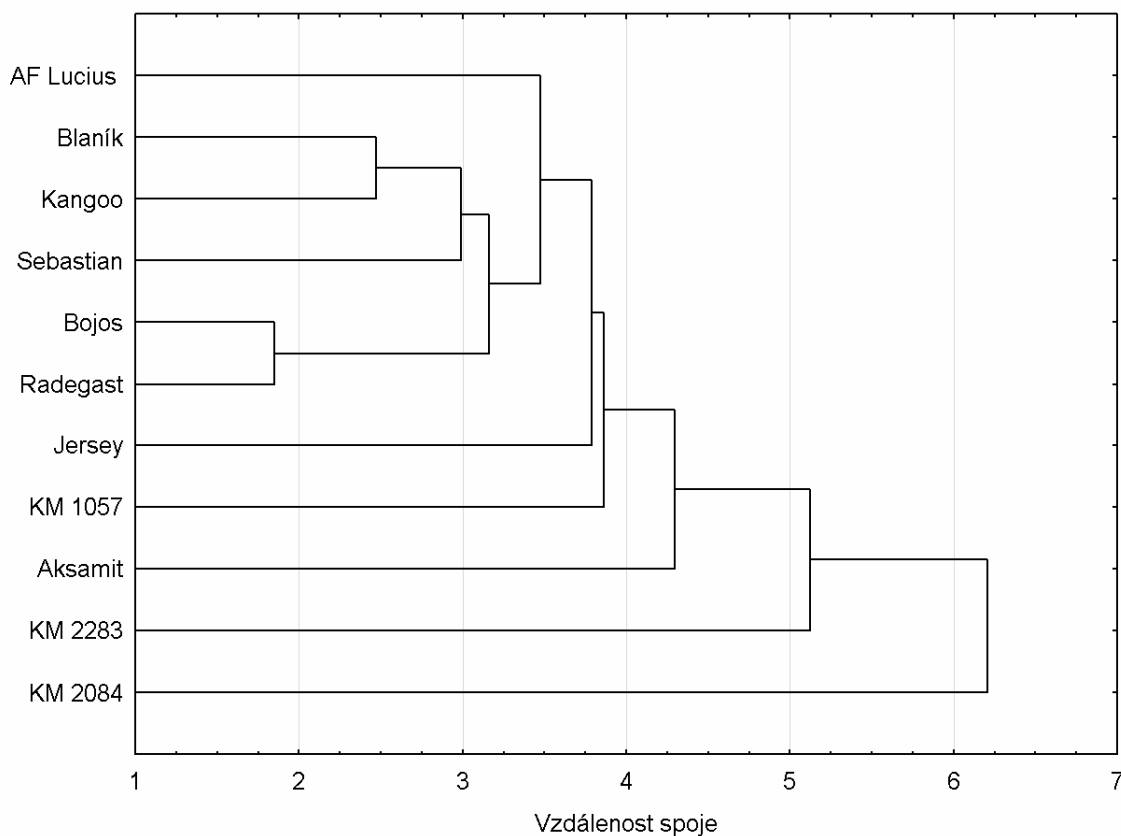
V průměru vzorků všech odrůd/linií a ošetření poskytly vzorky ze sledovaných lokalit ve všech letech vysoce rozdílné hodnoty (Tab. 35), např. na lokalitě Žabčice byly ve dvou letech oproti ostatním variantám zjištěny statisticky průkazně nejvyšší hodnoty beta-glukanů a jeden rok pak byla na stejné lokalitě zjištěna hodnota průkazně nejnižší ve srovnání s ostatními průměrnými hodnotami. Toto zjištění potvrzuje výsledek vysokého vlivu faktoru prostředí na celkovou variabilitu obsahu beta-glukanů (20,66 %, Tab. 17)

Vyhodnocení vlivu vícenásobných interakcí

Vícenásobné interakce se na celkové variabilitě beta-glukanů podílely (Tab. 17) třetí největší měrou ze všech faktorů (14,63 %). Podíl vlivu vícenásobných interakcí na variabilitu obsahu beta-glukanů je však sumou podílů interakcí třínásobných (interakce genotypu s ošetřením i lokalitou 2,76 %; interakce genotypu s ošetřením i rokem 1,80 %; interakce genotypu s lokalitou i rokem 3,21 %; interakce ošetření s lokalitou i rokem 4,22 %) a interakce čtyřnásobné (interakce genotypu s ošetřením, lokalitou i rokem 2,63 %). Z výčtu podílů vlivů je patrné, že všechny faktory na sebe navzájem působily a ovlivňovaly tak i utváření koncentrace arabinoxylanů v znu.

5.1.2.6 Shluková analýza obsahu beta-glukanů

Z dendrogramu obsahu beta-glukanů (Obr. 35) jednotlivých genotypů (v průměru ošetření, lokalit a let) je patrná nejkratší vzdálenost spojnice u shluku sladovnických odrůd Bojos a Radegast. Krátká vzdálenost spoje byla rovněž zjištěna u sladovnických odrůd Blaník a Kangoo. Největší vzdálenost spoje od ostatních genotypů souboru byla pak zjištěna u bezpluché linie KM 2084, která se nejvíce přibližovala další bezpluché linii KM 2283 a jim nejblíže pak byla sladovnická odrůda Aksamit. Ze vzdálenosti spoje můžeme usuzovat genetickou příbuznost jednotlivých odrůd a linií. Sladovnické odrůdy vykazovaly v obsahu arabinoxylanů (Obr. 24) vyšší podobnost, než v obsahu beta-glukanů (Obr. 35).



Obr. 35 Shluková analýza podobnosti genotypů podle obsahu beta-glukanů (v průměru ošetření, lokalit a roků; počet případů 36)

5.1.3 Souhrnné vyhodnocení obsahu obou neškrobových polysacharidů

Vzhledem k tomu, že arabinoxylany i beta-glukany patřící do skupiny neškrobových polysacharidů, mají podobný vliv na technologii výroby piva, na lidské zdraví i na stravitelnost živin v krmivu, byl obsah těchto dvou polysacharidů zhodnocen také sumárně. Vyhodnocení obsahu sumy arabinoxylanů a beta-glukanů (dále „neškrobové polysacharidy“) bylo použito metod jako v případě zhodnocení arabinoxylanů a beta-glukanů. Vzhledem k rozsahu práce bylo zjištění rozdílů průměrných hodnot pomocí LSD testů provedeno pouze pro jednotlivé faktory (nikoliv i pro jejich interakce).

Z tabulky analýzy variance (Tab. 21) vyplývá, že kromě vlivu interakce ošetření s lokalitou statisticky měly velmi vysoce významný vliv na celkovou variabilitu neškrobových polysacharidů všechny faktory včetně zbývajících interakcí, tak jak to vyplynulo i z analýzy variance jednotlivých neškrobových polysacharidů. Nejvyšší podíl vlivu na celkovou variabilitu obsahu neškrobových polysacharidů měly vícenásobné interakce (20,46 %) a samotné faktory - intenzita ošetření (12,74 %), dále rok pěstování (11,86 %), lokalita (11,64 %) a genotyp (11,47 %). Mezi obsahem arabinoxylanů a beta-glukanů byla v průměru jednotlivých genotypů zjištěna průkazná, středně silná, záporná korelace $r = -0,669^*$ ($n = 11$). Mezi výnosem zrna jednotlivých genotypů (Tab. 46 v příloze) a obsahem arabinoxylanů, resp. beta-glukanů pak statisticky průkazný vztah nalezen nebyl ($r = -0,379$, resp. $r = -0,065$, $n = 11$).

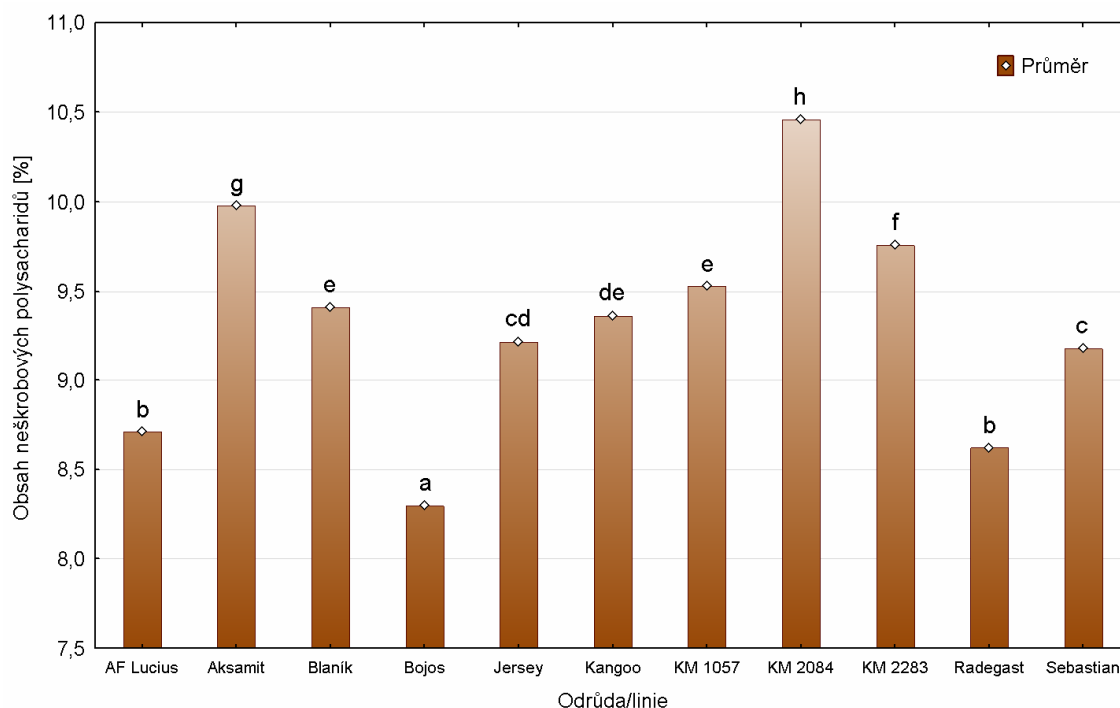
Tab. 21 Analýza variance obsahu neškrobových polysacharidů v souboru odrůd/linií ječmene jarního

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Genotyp	10	14,096***	11,47
Ošetření	1	17,388***	12,74
Lokalita	2	14,512***	11,64
Rok	2	15,060***	11,86
Interakce:			
Genotyp*Ošetření	10	1,642***	3,92
Genotyp*Lokalita	20	1,804***	4,10
Genotyp*Rok	20	2,050***	4,38
Ošetření*Lokalita	2	0,413	1,96
Ošetření*Rok	2	3,218***	5,48
Lokalita*Rok	4	12,498***	10,80
Vícenásobné interakce	124	10,255***	20,46
Chyba	198	1,49	1,18

Pozn.: $p = 0,001$ - ***; M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti .

5.1.3.1 Vyhodnocení vlivu genotypů

V průměru ošetření, lokalit a let (Obr. 36, Tab. 36 v příloze) vynikla nejvyšším obsahem neškrobových polysacharidů bezpluchá linie KM 2084 (10,46 %), což bylo významně více, než ostatní genotypy souboru. Sladovnická odrůda Aksamit s druhou nejvyšší hodnotou (9,98 %) se výrazně vyšším obsahem odlišovala i od bezpluché linie KM 2283 (9,76 %).



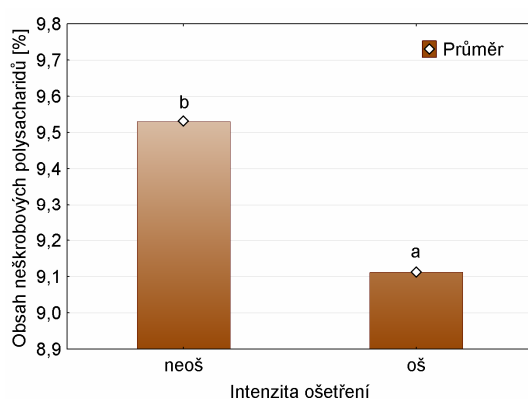
Obr. 36 Obsah neškrobových polysacharidů v znu vybraných odrůd/linií (v průměru ošetření, lokalit a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Ze sladovnických odrůd vynikla svým nejnižším obsahem neškrobových polysacharidů odrůda Bojos (8,30 %), která se odlišovala od odrůdy s druhým nejnižším obsahem - Radegastu (8,62 %) i od ostatních odrůd/linií. Odrůda Radegast se pak obsahem beta-glukanů významně nelišila od bezpluché odrůdy AF Lucius (8,71 %). Méně neškrobových polysacharidů poskytly také odrůdy Sebastian a Jersey (9,18 a 9,22 %). Mezi obsahy neškrobových polysacharidů u odrůd Kangoo, Blaník a linie KM 1057 (9,36, 9,41 a 9,53 %) nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

5.1.3.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

Vliv faktoru ošetření se podílel na celkové variabilitě (Tab. 21) druhou nejvyšší měrou (12,74 %). Obdobně jako u arabinoxylanů a beta-glukanů (kapitoly 4.1.1.2 a 4.1.2.2) byly nejvyšší obsahy neškrobových polysacharidů (Obr. 37, Tab. 37 v příloze) zjištěny (9,53 %) u variant neošetřených, než u variant ošetřených (9,11 %). Lze tedy předpokládat, že většina genotypů poskytla na různých lokalitách i v různých letech významně více neškrobových polysacharidů v ošetřených variantách, než v těch neošetřených.

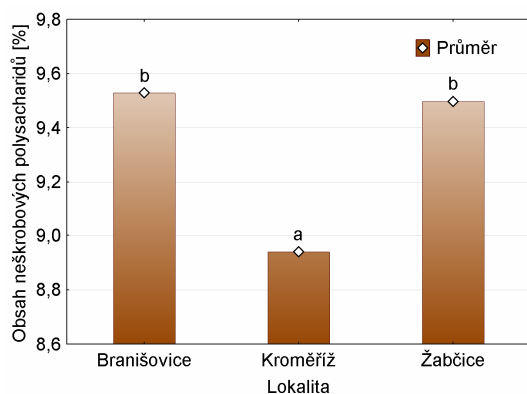


Obr. 37 Obsah neškrobových polysacharidů ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd/linií, lokalit a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.1.3.3 Vyhodnocení vlivu lokalit

Z pohledu vlivu lokalit (Obr. 38, Tab. 37 v příloze) poskytly vzorky v průměru všech genotypů v obou intenzitách ošetření a třech letech pěstování významně méně neškrobových polysacharidů na lokalitě Kroměříž (8,94 %), než na lokalitách Žabčice a Branišovice (9,50 a 9,53 %), přičemž mezi posledními dvěmi lokalitami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

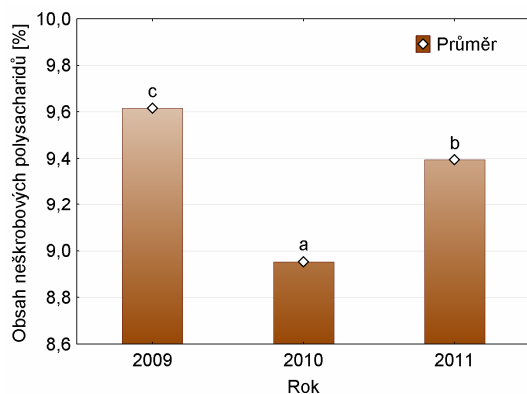


Obr. 38 Obsah neškrobových polysacharidů ze tří sledovaných lokalit (v průměru odrůd/linií, ošetření a roků)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.1.3.4 Vyhodnocení vlivu roků

Zhodnotíme-li pokusy ze tří let (Obr. 39, Tab. 37 v příloze), můžeme říci, že významně nejméně neškrobových polysacharidů poskytly vzorky ze sklizně z roku 2010 (8,95 %), oproti vzorkům z roku 2011 (9,39 %), které se významně lišily od ostatních let pokusu. Naopak nejvyšší množství neškrobových polysacharidů poskytla sklizeň z roku 2009 (9,62 %).

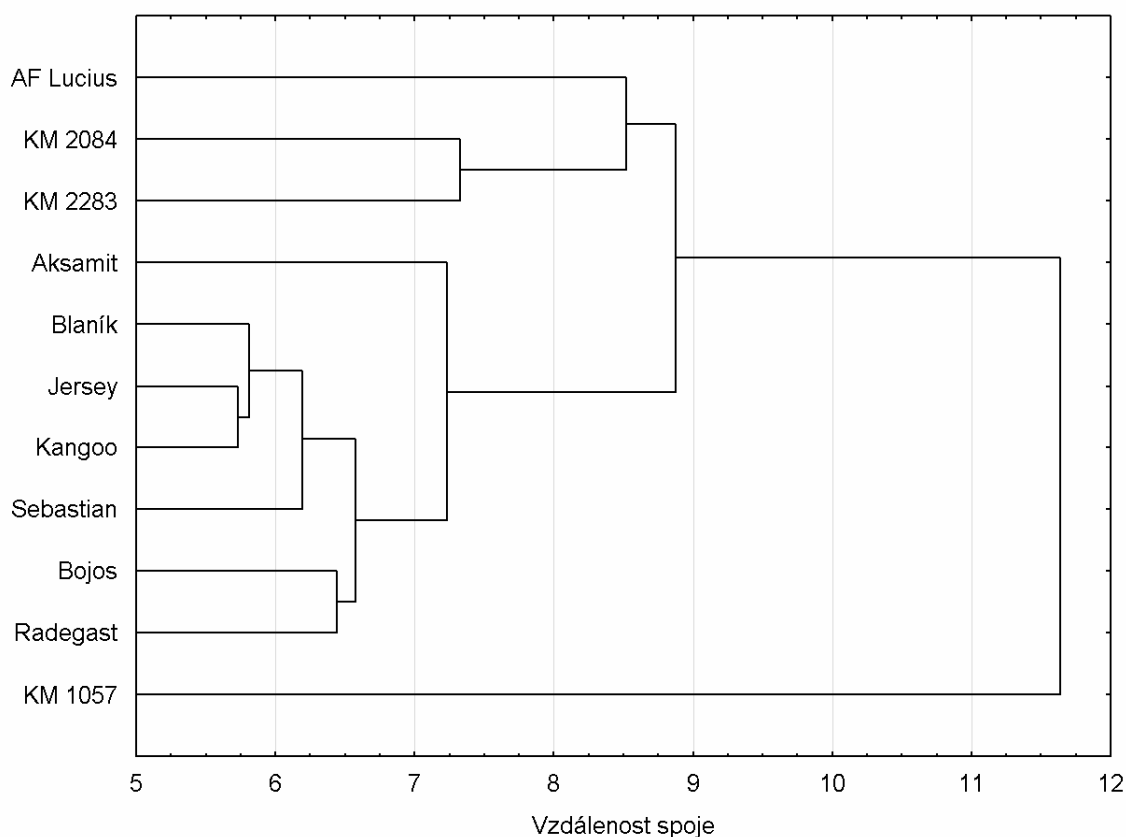


Obr. 39 Obsah neškrobových polysacharidů ve třech letech pěstování (v průměru odrůd/linií, ošetření a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.1.3.5 Shluková analýza obsahu neškrobových polysacharidů

Výsledky shlukové analýzy obsahu obou neškrobových polysacharidů (Obr. 40) rozdělují soubor genotypů do tří velkých skupin - první skupina sladovnických odrůd, druhá skupina je složena z linií KM 2084, KM 2283 a odrůdy AF Lucius, třetí osamocená zůstává z linie KM 1057. Nejbližší shluk byl vytvořen mezi sladovnickými odrůdami Jersey a Kangoo, který nebyl příliš vzdálený od odrůdy Blaník. Další shluk byl vytvořen mezi odrůdami Bojos a Radegast. Největší vzdálenost spoje od shluku sladovnických odrůd byla zjištěna u odrůdy Aksamit. Mezi bezpluchými genotypy byla zjištěna nejkratší vzdálenost spojnice liniemi KM 2084 a KM 2283, z níž můžeme usuzovat větší genetickou podobnost těchto dvou linií. Dendrogram rovněž největší vzdáleností spojnice potvrzuje genetickou odlišnost linie KM 1057 od všech odrůd a linií souboru.



Obr. 40 Shluková analýza podobnosti genotypů podle obsahu obou neškrobových polysacharidů (v průměru ošetření, lokalit a roků; počet případů 72)

5.2 Vyhodnocení pokusů se souborem odrůd ječmene ozimého

5.2.1 Vyhodnocení obsahu arabinoxylanů

Z výsledků analýzy variance (Tab. 22) je patrné, že na variabilitu obsahu arabinoxylanů v zrně měly statisticky velmi vysoce významný vliv odrůdy, vysoce významný vliv měly lokality, ošetření a interakce odrůd s ošetřeními, významný vliv měly interakce odrůd s lokalitami a lokality s ošetřeními. Vliv vícenásobné interakce na celkovou variabilitu obsahu arabinoxylanů nebyl prokázán. Největší podíl vlivu faktoru na celkové variabilitě obsahu arabinoxylanů měly odrůdy (21,53 %), pak ošetření (19,30 %), lokality (13,70 %) a interakce odrůd s ošetřeními (13,30 %).

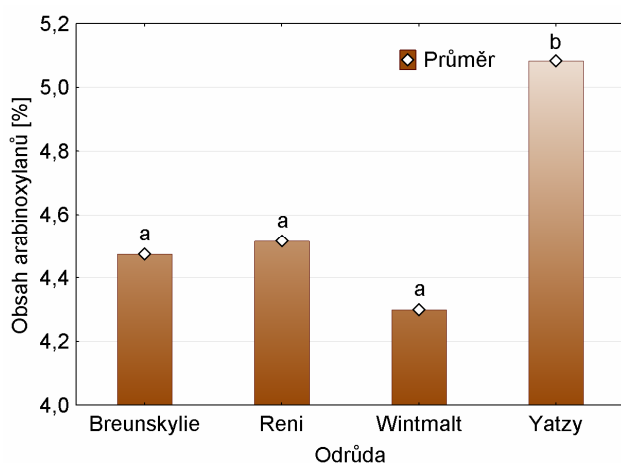
Tab. 22 Analýza variance obsahu arabinoxylanů v souboru odrůd ječmene ozimého

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Odrůda	3	1,389***	21,53
Ošetření	1	1,116**	19,30
Lokalita	2	0,563**	13,70
Interakce:			
Odrůda*Lokalita	6	0,239*	8,92
Odrůda*Ošetření	3	0,530**	13,30
Lokalita*Ošetření	2	0,375*	11,19
Vícenásobné interakce	6	0,134	6,70
Chyba	24	0,086	5,35

Pozn.: $p = 0,01$ - **, $0,001$ - ***; M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti.

5.2.1.1 Vyhodnocení vlivu odrůd

Vliv odrůdy na celkové variabilitě byl ze všech faktorů nejvyšší (21,53 %, Tab. 22). Ze souboru odrůd v průměru lokalit a ošetření vynikla nejvyšším obsahem arabinoxylanů (Obr. 41, Tab. 38 v příloze) odrůda Yatzy (5,08 %), ta poskytla významně vyšší množství arabinoxylanů, než odrůdy Reni (4,51 %), Breunskylie (4,47 %) a Wintmalt (4,30 %), které se od sebe statisticky významně nelišily.

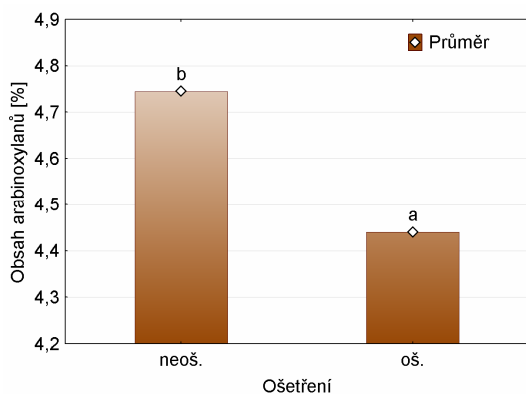


Obr. 41 Obsah arabinoxylanů v znu vybraných odrůd (v průměru ošetření a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.1.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

Pro odrůdy ječmene ozimého byl prokázán statisticky významný vliv ošetření na variabilitu arabinoxylanů (Tab. 22). Faktor intenzity ošetření se na celkové variabilitě podílel druhou nejvyšší hodnotou (19,30 %). Neošetřené varianty pokusu (Obr. 42, Tab. 39 v příloze) poskytly v průměru odrůd a lokalit významně více arabinoxylanů (4,75 %), než varianty ošetřené (4,44 %).

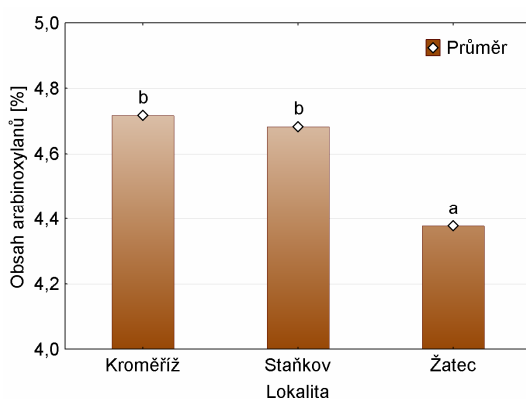


Obr. 42 Obsah arabinoxylanů ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.2.1.3 Vyhodnocení vlivu lokalit

Jak je patrné z tabulky analýzy variance (Tab. 22) vliv lokality se podílel na variabilitě třetí nejvyšší měrou (13,70 %). Statisticky průkazně nejvíce arabinoxylanů (Obr. 43, Tab. 40 v příloze) bylo v průměru genotypů a ošetření zjištěno ve vzorcích z lokalit Kroměříž (4,72 %) a Staňkov (4,68 %), než z lokality Žatec (4,38 %). Mezi vzorky z lokality Kroměříž a Staňkov nebyl v obsahu arabinoxylanů zjištěn statisticky průkazný rozdíl.



Obr. 43 Obsah arabinoxylanů na sledovaných lokalitách (v průměru odrůd a roků)

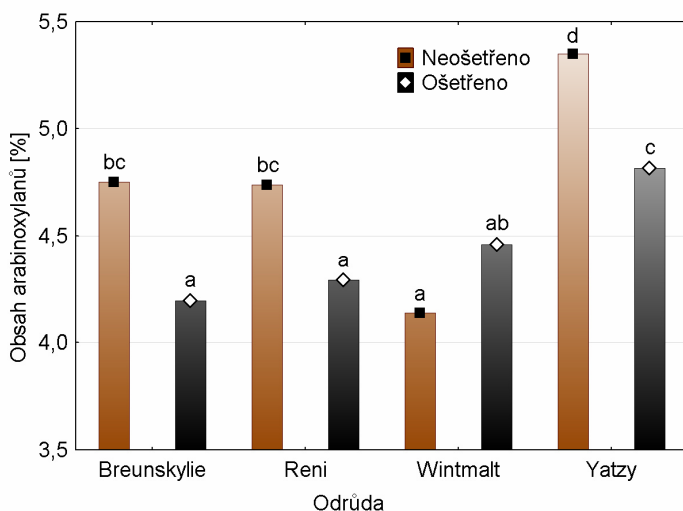
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.1.4 Vyhodnocení vlivu interakcí

Vyhodnocení vlivu interakce odrůd s ošetřeními

V průměru lokalit dosáhla významně nejvyššího obsahu arabinoxylanů (Obr. 44, Tab. 38 v příloze) odrůda Yatzy a to ve variantách neošetřených (5,35 %), která se významně lišila od ošetřených variant téže odrůdy (4,82 %). Méně arabinoxylanů bylo zjištěno v zrna z neošetřených variant Breunskyliie a Reni (4,75 a 4,74 %), tyto varianty se však statisticky průkazně nelišily od ošetřených variant odrůdy Yatzy. Nejméně arabinoxylanů poskytly neošetřené varianty sladovnické odrůdy Wintmalt (4,14 %) a ošetřené varianty odrůdy odrůd Breunskyliie, Reni a Wintmalt (4,19, 4,29 a 4,46 %).

Odrůdy Breunskyliie, Reni i Yatzy vykázaly nejnižší obsahy arabinoxylanů ve variantách ošetřených, než ve variantách neošetřených. Odlišovaly se tak od jediné sladovnické odrůdy souboru (Wintmalt), která zareagovala na zvýšenou intenzitu chemického ošetření sice menším obsahem arabinoxylanů, ten byl však neprůkazně nižší oproti neošetřeným variantám stejné odrůdy.



Obr. 44 Obsah arabinoksylianů v zrna vybraných odrůd ve dvou intenzitách ošetření (v průměru lokalit)

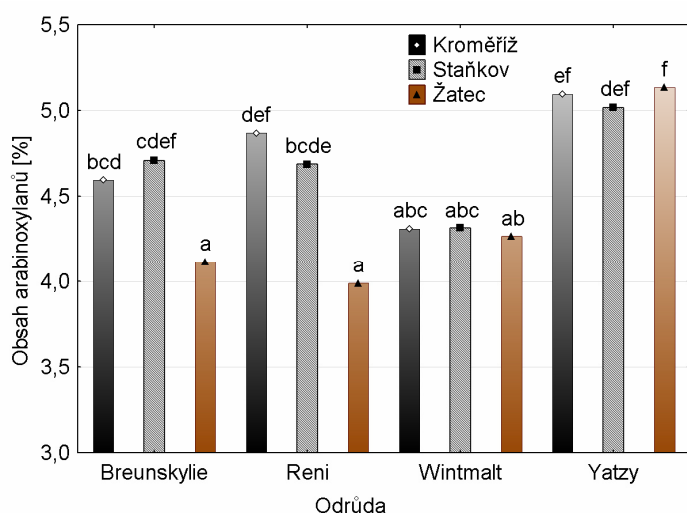
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce odrůd s lokalitami

V průměru ošetření poskytla statisticky významně nejvíce arabinoxylanů (Obr. 45, Tab. 38 v příloze) odrůda Yatzy z lokalit Žatec, Kroměříž i Staňkov (5,14, 5,10 a 5,02 %), statisticky se však nelišila od odrůdy Reni z Kroměříže (4,84 %) a odrůdy Breunskyliie

ze Staňkova (4,71 %). Obsahy arabinoxylanů odrůdy Yatzy na třech lokalitách se od sebe významně nelišily. Statisticky významně nejméně arabinoxylanů pak bylo zjištěno ve vzorcích z lokality Žatec a to v zrně odrůd Reni a Breunskyliie (3,99 a 4,11 %), tyto odrůdy se však svými nižšími obsahy významně nelišily od sladovnické odrůdy Wintmalt na lokalitách Žatec, Kroměříž i Staňkov (4,27, 4,31 a 4,32 %).

Sladovnická odrůda Wintmalt tak poskytla na všech třech lokalitách vyrovnaný a nejnižší obsah oproti ostatním odrůdám souboru. Nejnižší koncentrace arabinoxylanů u odrůd Breunskyliie, Reni a Wintmalt pocházely z lokality Žatec, odrůda Yatzy vykázala na téže lokalitě koncentrace arabinoxylanů naopak nejvyšší.



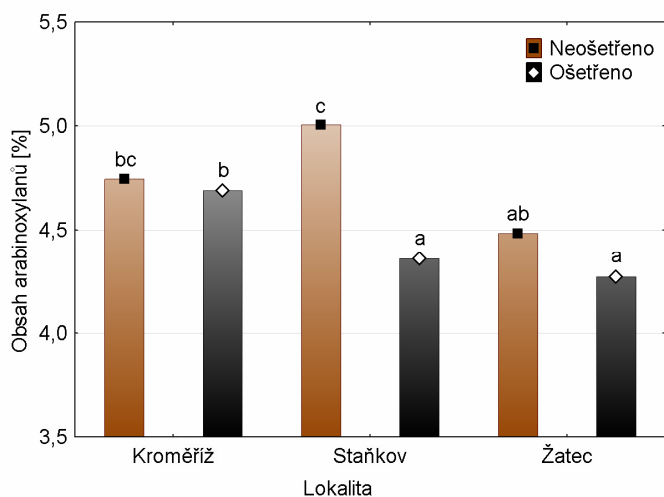
Obr. 45 Obsah arabinoxylanů v zrně vybraných odrůd na sledovaných lokalitách (v průměru ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce lokalit s ošetřeními

Významně vyšší množství arabinoxylanů (Obr. 46, Tab. 40 v příloze) bylo zjištěno v zrně neošetřených variant ze Staňkova (5,01 %) a Kroměříže (4,75 %). Nejméně arabinoxylanů pak pocházelo ze vzorků z ošetřených variant z Žatce a ze Staňkova (4,27 a 4,36 %) a z neošetřených variant opět z Žatce (4,48 %).

Nejnižší obsahy arabinoxylanů tak pocházely z obou variant z Žatce, což lze považovat za silnou interakci odrůd s touto lokalitou. Nejvíce odlišné pak byly vzorky ze Staňkova, kde byly zjištěny jak hodnoty významně nejvyšší u neošetřených variant, tak významně nejnižší u variant ošetřených.

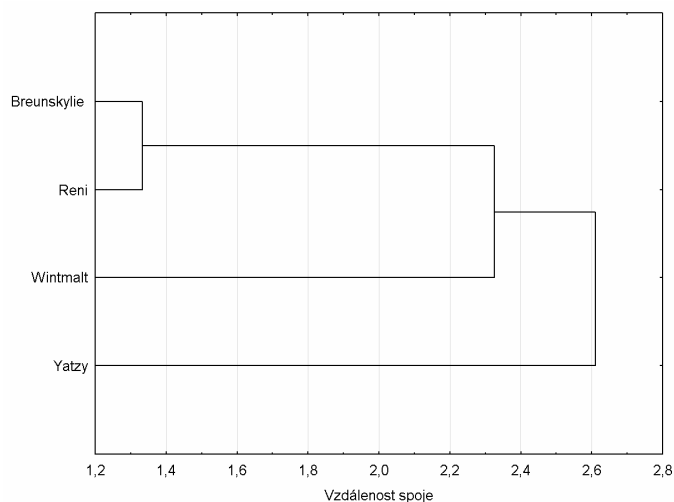


Obr. 46 Obsah arabinoxyfanů na sledovaných lokalitách ve dvou úrovních ošetření (v průměru odrůd)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.1.5 Shluková analýza obsahu arabinoxyfanů

Dendrogram shlukové analýzy ukazuje nejkratší spojnicí na příbuznost odrůd Breunskylie a Reni. Největší vzdálenost spojnice pak ukazuje na geneticky se nejvíce odlišující odrůdu Yatzy.



Obr. 47 Shluková analýza podobnosti genotypů podle obsahu arabinoxyfanů (v průměru ošetření, lokalit a let; počet proměnných 4)

5.2.2 Vyhodnocení obsahu beta-glukanů

Tabulka analýzy variance ukazuje (Tab. 23), že obsahy beta-glukanů byly velmi vysoce významně ovlivněny odrůdou, lokalitou, interakcemi odrůd s lokalitami, odrůd s ošetřeními a interakcí lokalit s ošetřeními. Největší podíl vlivu faktoru na variabilitě byl zjištěn u odrůd (44,08 %), dále u interakcí odrůd s ošetřeními (11,67 %), lokalit s ošetřeními (11,02 %) a u interakcí odrůd s lokalitami (10,52 %).

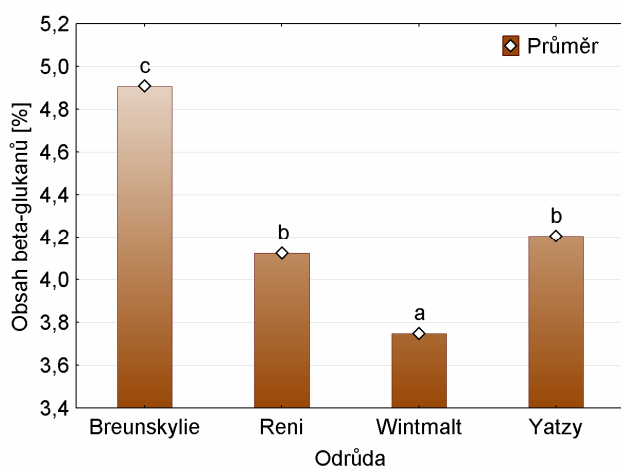
Tab. 23 Analýza variance obsahu beta-glukanů v souboru odrůd ječmene ozimého

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Odrůda	3	2,817***	44,08
Ošetření	1	0,102**	8,41
Lokalita	2	0,101***	8,34
Interakce:			
Odrůda*Lokalita	6	0,160***	10,52
Odrůda*Ošetření	3	0,198***	11,67
Lokalita*Ošetření	2	0,176***	11,02
Vícenásobné interakce	6	0,017	3,43
Chyba	24	0,009	2,53

Pozn.: $p = 0,01$ - **, $0,001$ - ***; M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti.

5.2.2.1 Vyhodnocení vlivu odrůd

V průměru lokalit a ošetření vynikla významně nejvyšším obsahem beta-glukanů (Obr. 48, Tab. 41 v příloze) odrůda Breunskyliie (4,91 %), oproti odrůdám Yatzy a Reni (4,20 a 4,12 %), mezi těmito dvěma nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Nejnižší koncentrace beta-glukanů byla zjištěna v zrně sladovnické odrůdy Wintmalt (3,75 %), která se tak svou nejnižší hodnotou odlišila od všech ostatních odrůd souboru.

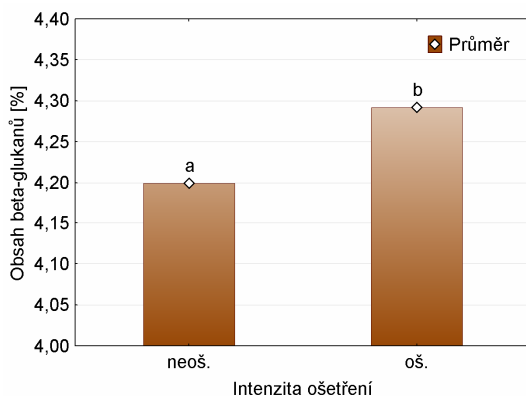


Obr. 48 Obsah beta-glukanů v zrně vybraných odrůd (v průměru ošetření a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.2.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

V průměru odrůd a lokalit byl zjištěn statisticky průkazně vyšší obsah beta-glukanů (Obr. 49, Tab. 43 v příloze) ve vzorcích z ošetřených variant (4,29 %), oproti vzorkům z variant neošetřených (4,20 %) i když rozdíl činil pouhých 0,09 %.

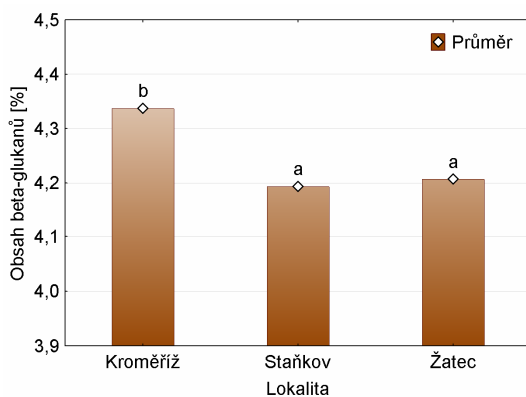


Obr. 49 Obsah beta-glukanů ve dvou intenzitách ošetření (v průměru odrůd a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.2.2.3 Vyhodnocení vlivu lokalit

Vzorky z lokality Kroměříž (4,34 %, Obr. 50, Tab. 42 v příloze) poskytly v průměru odrůd a ošetření významně více beta-glukanů, než vzorky z lokalit Žatec a Staňkov (4,21 a 4,19 %), které se od sebe významně nelišily.



Obr. 50 Obsah beta-glukanů na sledovaných lokalitách (v průměru odrůd a ošetření)

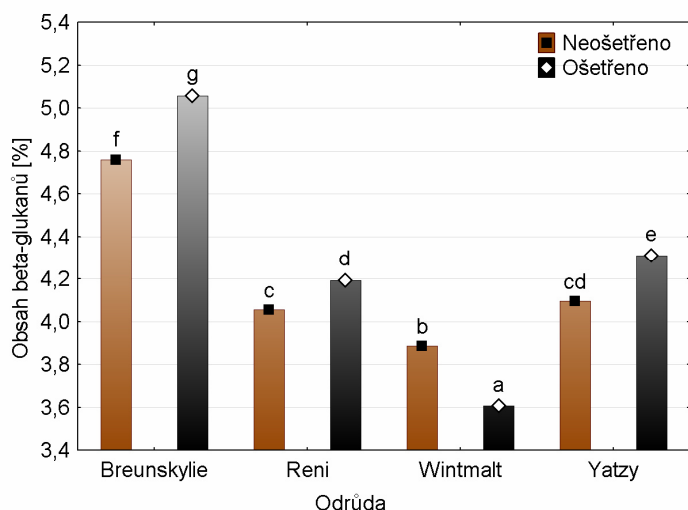
Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.2.4 Vyhodnocení vlivu interakcí

Vyhodnocení vlivu interakce odrůd s ošetřeními

Interakce odrůd s ošetřeními se na celkové variabilitě podílela druhou největší měrou (11,67 %, Tab. 23). V průměru lokalit poskytla významně nejvíce beta-glukanů (Obr. 51, Tab. 41 v příloze) odrůda Breunskyliie v ošetřených variantách (5,06 %), což bylo významně více, než ve variantách neošetřených téže odrůdy (4,76 %). Více beta-glukanů bylo zjištěno také v zrně odrůdy Yatzy v ošetřené variantě (4,31 %), která poskytla větší koncentrace tohoto polysacharidu, než odrůda Reni v ošetřené variantě (4,19 %) a rovněž odrůda Yatzy, tentokrát ale ve variantě neošetřené (4,10 %). Nejméně beta-glukanů pak poskytla opět sladovnická odrůda Wintmalt, která ve variantách ošetřených (3,61 %) obsahovala v průměru méně beta-glukanů, než ve variantách neošetřených (3,89 %), které se také odlišovaly od všech ostatních odrůd v různých intenzitách ošetření.

Odrůda Wintmalt jako jediná vykazovala nižší koncentrace beta-glukanů ve variantách ošetřených, než ve variantách neošetřených, čímž se odlišila od ostatních odrůd souboru, které měly opačný trend a v ošetřených variantách obsahovaly beta-glukanů méně, než ve variantách neošetřených.



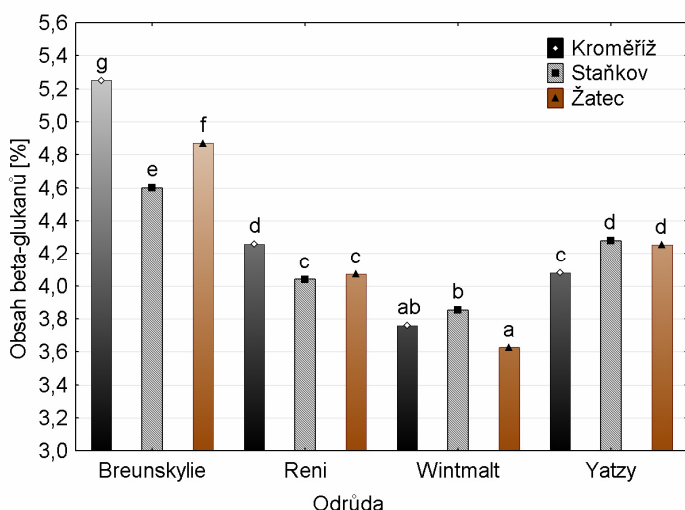
Obr. 51 Obsah beta-glukanů v znu vybraných odrůd ve dvou intenzitách ošetření (v průměru lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce odrůd s lokalitami

Statisticky průkazně nejvíce beta-glukanů (Obr. 52, Tab. 41 v příloze) v průměru ošetření poskytla oproti ostatním odrůdám souboru odrůda Breunskyliie a to na všech lokalitách (Kroměříž: 5,25 %, Žatec: 4,87 % a Staňkov 4,60 %). Odrůda Breunskyliie se obsahy na beta-glukanů lišila nejen od všech ostatních odrůd souboru, ale i mezi jednotlivými lokalitami, na kterých byla vyprodukována. Méně beta-glukanů pak bylo zjištěno v znu odrůdy Reni z Kroměříže (4,26 %) a v znu odrůdy Yatzy ze Staňkova a Žatce (4,28 a 4,25 %), přičemž mezi obsahy beta-glukanů, které tyto odrůdy poskytly nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Nejnižší koncentrace beta-glukanů pak pocházely ze vzorků sladovnické odrůdy Wintmalt konkrétně z Žatce a Kroměříže (3,63 % a 3,76 %), na lokalitě Staňkov sladovnická odrůda poskytla vzorky s mírně vyšší koncentrací beta-glukanů (3,85 %), které se ale stále významně nelišily od vzorků z Kroměříže téže odrůdy.

Sladovnická odrůda Wintmalt tak poskytla nižší množství beta-glukanů ve vzorcích z lokalit Žatec a Kroměříž, čímž se odlišila od ostatních odrůd, které na těchto lokalitách (vyjma odrůdy Yatzy) vykázaly hodnoty významně vyšší.



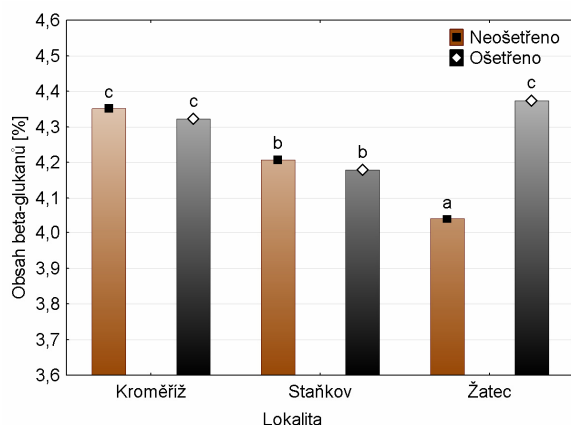
Obr. 52 Obsah beta-glukanů v zrna vybraných odrůd na sledovaných lokalitách (v průměru ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Vyhodnocení vlivu interakce lokality s ošetřením

Interakce lokality s ošetřením se na celkové variabilitě obsahu beta-glukanů podílela třetí nejvyšší měrou (11,02 %, Tab. 23). Nejvíce beta-glukanů v průměru odrůd (Obr. 53, Tab. 41 v příloze) pak byly zjištěno v ošetřených vzorcích z Žatce (4,37 %) a v neošetřených a ošetřených vzorcích z Kroměříže (4,35 a 4,32 %), přičemž zmíněné vzorky se od sebe významně nelišily. Na lokalitě Staňkov poskytly vzorky ošetřené i neošetřené podobné hodnoty (4,18, resp. 4,21 %), od sebe se nelišící, lišily se ale od vzorků ze všech ostatních lokalit a ošetření. Vzorky s nejnižším množstvím beta-glukanů pak pocházely z Žatce z neošetřených variant (4,04 %).

Na lokalitě Žatec tak byly vyprodukovány vzorky jak s významně nejnižšími hodnotami beta-glukanů u variant neošetřených, tak zároveň s významně nejvyššími hodnotami beta-glukanů u variant ošetřených.

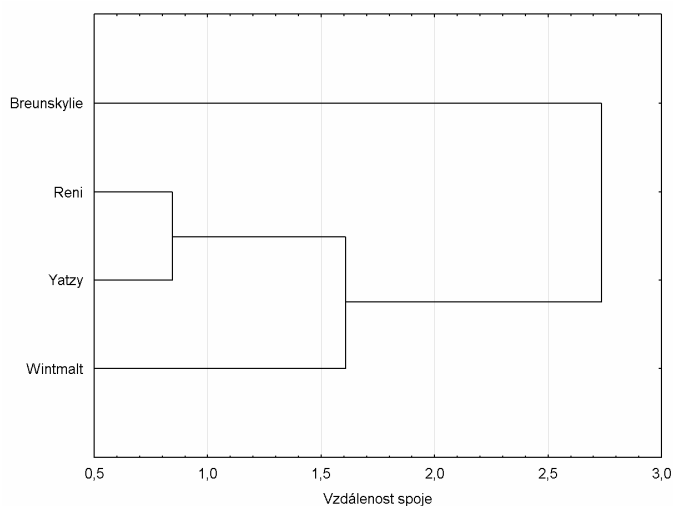


Obr. 53 Obsah beta-glukanů v zrna na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách ošetření (v průměru ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.2.5 Shluková analýza obsahu beta-glukanů

Ze shlukové analýzy obsahu beta-glukanů (Obr. 54) vyplývá, že odrůda Breunskyliie se svou nejdelší spojnici nejvíce liší od ostatních genotypů, přičemž největší podobnost byla zjištěna na nejbližším shluku u odrůd Reni a Yatzy. Na tento shluk se nedaleko připojuje odrůda Wintmalt, stojící na druhé straně oproti odrůdě Breunskyliie.



Obr. 54 Shluková analýza podobnosti genotypů podle obsahu beta-glukanů (v průměru ošetření, lokalit a let; počet proměnných 4)

5.2.3 Souhrnné vyhodnocení obsahu obou neškrobových polysacharidů

Obdobně jako u souboru genotypů s ječmenem jarním (5.1.3) bylo provedeno souhrnné vyhodnocení obsahu obou neškrobových polysacharidů i u odrůd ječmene ozimého. Z tabulky analýzy variance obsahu neškrobových polysacharidů je patrné (Tab. 24), že na obsah neškrobových polysacharidů měly významný vliv všechny hlavní faktory a jejich interakce mimo interakce odrůdy s ošetřením. Avšak pro jednotlivé složky polysacharidů byla významnost této interakce prokázána. Nejvyšší podíl vlivu na varianci obsahu neškrobových polysacharidů měly odrůdy (34,11 %), lokality (15,84 %) a interakce lokalit s ošetřením (13,39 %). Stanovení vzájemného vztahu arabinoxylanů a beta-glukanů u odrůd ječmene ozimého nebylo provedeno, z důvodu nedostatečného počtu odrůd ($n = 4$).

Tab. 24 Analýza variance obsahu neškrobových polysacharidů v souboru odrůd ječmene ozimého

Zdroj variability	d.f.	M.S.	Podíl vlivu [%]
Odrůda	3	4,612***	34,11
Ošetření	1	0,461*	10,78
Lokalita	2	0,995***	15,84
Interakce:			
Odrůda*Lokalita	6	0,417**	10,25
Odrůda*Ošetření	3	0,079	4,46
Lokalita*Ošetření	2	0,711**	13,39
Vícenásobné interakce	6	0,165	6,45
Chyba	24	0,088	4,72

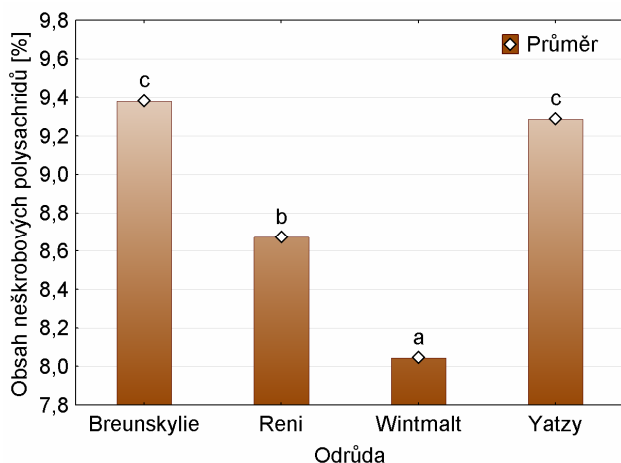
Pozn.: $p = 0,05$ - *, $0,01$ - **, $0,001$ - ***;

M.S. – mean square, průměrný čtverec, variance; d.f. – degrees of freedom, stupně volnosti.

5.2.3.1 Vyhodnocení vlivu odrůd

Odrůdy se na celkové variabilitě podílely nejen statisticky významně, ale také i nejvyšší měrou (34,11 %, Tab. 24). V průměru lokalit a ošetření vynikla nejvyšším obsahem obou neškrobových polysacharidů (Obr. 56, Tab. 44 v příloze) odrůda Breunskyliie (9,38 %), která se však významně nelišila od odrůdy Yatzy (9,29 %). Odrůda Reni pak poskytla zrno obsahující méně neškrobových polysacharidů (8,67 %), než odrůdy Yatzy a Breunskyliie. Nejméně neškrobových polysacharidů bylo zjištěno v zrnu sladovnické

odrůdy Wintmalt (8,05 %), která se významně odlišila od všech ostatních odrůd souboru.

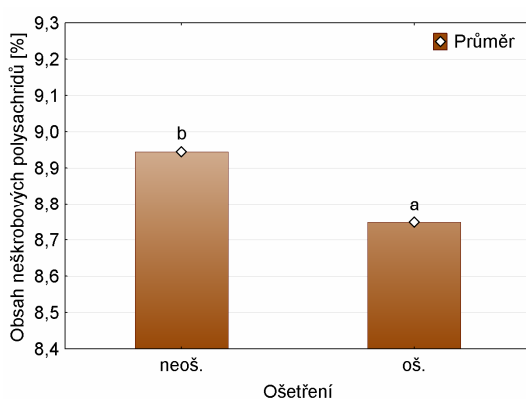


Obr. 55 Obsah neškrobových polysacharidů v zrně vybraných odrůd (v průměru ošetření a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.3.2 Vyhodnocení vlivu ošetření

Intenzita chemického ošetření pokusu měla významný vliv na obsah neškrobových polysacharidů (Tab. 24). Obdobně jako u jednotlivých polysacharidů poskytly v průměru odrůd a lokality ošetřené varianty pokusu (Obr. 56, Tab. 45 v příloze) zrna s významně nižší koncentrací obou neškrobových polysacharidů (8,75 %), než zrna varianty neošetřené (8,94 %).

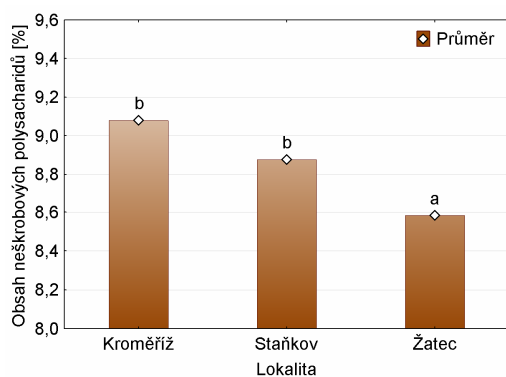


Obr. 56 Obsah neškrobových polysacharidů ve dvou intenzitách ošetření (v průměru odrůd a lokalit)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$; neoš - neošetřeno, oš - ošetřeno.

5.2.3.3 Vyhodnocení vlivu lokality

Vliv faktoru lokality se podílel na celkové variabilitě byl druhý nejsilnější (15,84 %, Tab. 24). V průměru čtyř odrůd a dvou intenzit chemického ošetření pokusů byl nejnižší obsah obou neškrobových polysacharidů (Obr. 57, Tab. 45 v příloze) zjištěn ve vzorcích z lokality Žatec (8,58 %) oproti vzorkům z lokalit Staňkov a Kroměříž (8,88 a 9,08 %). Mezi vzorky pocházejících z lokalit Kroměříž a Staňkov nebyl v obsahu neškrobových polysacharidů zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

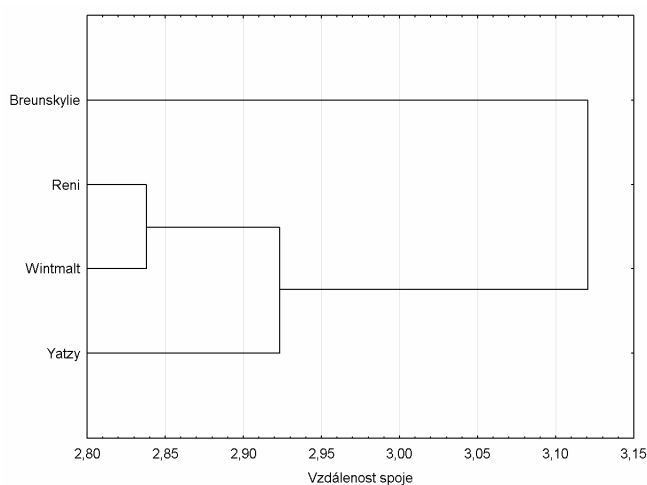


Obr. 57 Obsah neškrobových polysacharidů na sledovaných lokalitách (v průměru odrůd a ošetření)

Pozn.: Sloupce označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

5.2.3.4 Shluková analýza obsahu neškrobových polysacharidů

Ve shlukové analýze (Obr. 58) obou neškrobových polysacharidů byla nalezena nejkratší spojnice a tím pádem i největší podobnost genotypů u odrůd Reni a Wintmalt, což je zjištění, které se odlišuje od výsledků analýz jednotlivých polysacharidů. Od souboru se pak největší vzdáleností spoje nejvíce odlišuje odrůda Breunskyliie.



Obr. 58 Shluková analýza podobnosti odrůd podle obsahu obou neškrobových polysacharidů (v průměru ošetření, lokalit a let; počet proměnných 8)

6 DISKUSE

6.1 Ječmen jarní

Obsah arabinoxylanů i beta-glukanů v zrně ječmene jarního byl v této práci významně ovlivněn genotypy, ošetřením, lokalitami a roky pěstování, tj. všemi zařazenými faktory působícími na variabilitu obou látek. Největší podíl vlivu faktoru na variabilitě arabinoxylanů měly genotypy (15,57 %), ošetření (12,81 %) a roky (8,14 %). Variabilitu obsahu beta-glukanů nejvíce ovlivňovaly rovněž genotypy (23,64 %). Obsah beta-glukanů byl tedy více ovlivněn genotypy, než obsah arabinoxylanů. Větší vliv genotypů i prostředí na obsahy obou sledovaných polysacharidů pozorovali i další autoři (Zhang et al. 2001, 2002, 2013; Yalçın et al. 2007; Holtekjølen et al. 2008; Izydorczyk, Dexter 2008; Grausgruber et al. 2010; Křižanová, Žofajová 2010).

Chloupek (2008) uvádí, že kvalita produkce je v mnoha případech ovlivněná především geneticky jen s malým vlivem prostředí, pokud bývá řízena jedním nebo několika geny, a proto je vliv prostředí malý. U jiných znaků kvality produkce je však vliv prostředí vyšší pokud jsou řízeny mnoha geny a mají komplexní charakter daný více parametry např. sladová kvalita ječmene.

Z výsledků této práce lze usuzovat, že obsah beta-glukanů je pravděpodobně řízen méně geny, než obsah arabinoxylanů. Lze tedy říci, že cíleným výběrem genotypu silněji ovlivníme obsah beta-glukanů, než právě obsah arabinoxylanů.

Tab. 25 Porovnání rozsahu zjištěných průměrných hodnot arabinoxylanů a beta-glukanů v zrně ječmene s hodnotami uvedených v literárních zdrojích

Autoři	Arabinoxylany [%]	Beta-glukany [%]	Počet genotypů
Andersson et al. (2008)	1,4 – 2,2*	3,7 – 6,5*	10
Dickin et al. (2011)		3,0 – 7,0	35
Ehrenbergerová et al. (2008)		4,0 – 7,6	11
Gamlath et al. (2008)	2,2 – 7,0		10
Grausgruber et al. (2010)		3,4 – 7,3	105
Henry (1986)	4,4 – 7,8	3,4 – 7,3	17
Holtekjølen et al. (2006)	7,4 – 15,7	2,4 – 8,3	39
Křižanová, Žofajová (2010)		3,8 – 5,2	20
Panfili et al. (2008)		2,6 – 8,1	36
Rakha et al. (2012)	4,6 – 11,5	2,3 – 10,5	20
Yalçın et al. (2007)		3,7 – 5,2	17
Zhang et al. (2002)		3,0 – 8,6	185
Zhang et al. (2013)	2,9 – 4,8		8
Disertační práce (2014)**	3,37 – 6,41	3,75 – 6,16	15

Pozn.: * - stanoveno z ječné mouky; ** ječmen jarní i ozimý

Ve sledovaném souboru 11 odrůd/linií ječmene jarního (přes lokality, ošetření a roky) bylo zjištěno, že se průměrný obsah arabinoxylanů pohybuje od 3,37 do 6,41 % a obsah beta-glukanů od 3,85 do 6,16 %. Výsledky disertační práce se pohybují v rozsahu porovnatelném s jinými autory (Tab. 25). Průměrné hodnoty arabinoxylanů odpovídají svým rozsahem těm, které uvádí Zhang et al. (2013) 2,9 – 4,8 %. Zjištěné průměrné hodnoty beta-glukanů v této práci odpovídají nejvíce výsledkům Henry (1986) a Grausgruber et al. (2010), tj. 3,4 – 7,3 %.

Statisticky významně nejvyšší množství arabinoxylanů (Obr. 14 a Tab. 31 v příloze) bylo zjištěno v zrně bezpluché linie KM 1057 (6,16 %). Tato linie v práci Březinové Belcredi et al. (2010) poskytla také významně vyšší aktivitu vitamínu E oproti všem analyzovaným genotypům souboru. Linie byla porovnávána v rámci identického souboru bezpluchých genotypů i některými dalšími sladovnickými odrůdami jako v této práci (Bojos, Jersey, Sebastian). Linie KM 1057 se tak jeví svým vyšším obsahem arabinoxylanů (na které je mj. vázána i ferulová kyselina), vyšší aktivitou vitamínu E, zvýšeným obsahem lyzinu a vyšším obsahem bílkovin (Vaculová et al. 2012) jako vhodná a perspektivní pro výrobu potravin.

Tato linie však poskytla v průměru nejnižší množství beta-glukanů (3,37 %, Tab. 32 v příloze) oproti všem ostatním genotypům souboru. Vzhledem k tomu, že zejména beta-glukany snižují využitelnost živin a konverzi krmiva, lze linii KM 1057 označit jako perspektivní i pro krmné účely. Jako vhodná pro krmné účely se jeví také bezpluchá odrůda AF Lucius, která v průměru všech odrůd a linií poskytla nízký obsah obou sledovaných neškrobových polysacharidů (celkem 8,71 %, Tab. 36 v příloze). Díky absenci pluchy zrno této odrůdy obsahuje oproti pluchatým odrůdám také nižší koncentrace hrubé vlákniny (zejm. celulózy a ligninu). Zjištění této disertační práce korespondují s autorčiným popisem této bezpluché odrůdy, neboť předpokládá její využití pro zvýšený obsah bílkovin a nižší obsah arabinoxylanů ke krmení hospodářských zvířat.

Ze sladovnických genotypů vynikla odrůda Bojos, která poskytla v průměru pokusu významně méně arabinoxylanů, než ostatní sladovnické odrůdy souboru (4,27 %, Tab. 31 v příloze). Méně arabinoxylanů bylo zjištěno také v zrně odrůd Jersey, Kangoo, Radegast, Blaník a Aksamit (4,66, 4,70, 4,70, 4,78 a 4,79 %, Tab. 31 v příloze). Tyto nálezy jsou v souladu s požadavky sladovnického průmyslu, kde je vyšší arabinoxylanů nežádoucí.

I z hlediska ekologické produkce sladu s důrazem na co nejnižší obsah arabinoxylanů vynikla v neošetřené variantě odrůda Bojos (4,49 %), nižší obsahy arabinoxylanů vykázaly i odrůdy Radegast, Jersey, Kangoo a Aksamit (4,81 %, 4,85 %, 4,95 % a 5,02 % v neošetřených variantách). Pro odrůdu Radegast nebyl z hlediska obsahu arabinoxylanů v zrně zjištěn průkazný rozdíl mezi konvenční pěstební technologií a technologií s omezenými chemickými vstupy.

Pro produkci zrna k výrobě funkčních potravin je žádoucí co nejvyšší obsah vodou rozpustných hemicelulóz patřících k vláknině potravy, tu představují zejména beta-glukany a arabinoxylany. Z analyzovaného souboru odrůd vynikly nejvyšším obsahem beta-glukanů linie KM 2084 a KM 2283 (6,41 a 5,62 %). Tyto linie se odlišovaly od ostatních genotypů také rozdílnou reakcí na zvýšenou intenzitu ošetření - jako jediné poskytly významně vyšší obsah beta-glukanů v ošetřených variantách oproti variantám neošetřeným. Tedy poskytují vyšší obsah beta-glukanů v podmínkách, kdy mají zpravidla vyšší výnos a jsou také teoreticky bezpečnější aktivně regulovaným výskytem houbových patogenů, které jsou původci zdraví škodlivých mykotoxinů.

Sladovnické odrůdy vykázaly větší škálu významných rozdílů průměrných hodnot obsahu beta-glukanů, než obsahu arabinoxylanů. Toto zjištění podporuje důležitost výběru vhodné odrůdy pro sladovnické využití. Nižší obsahy beta-glukanů byly zjištěny u sladovnických odrůd Radegast, Bojos a Sebastian (3,92, 4,03 a 4,29 %). Tyto odrůdy jsou tedy svým nízkým obsahem beta-glukanů v zrně primárně vhodné ke sladování a výrobě piva. Ze sladařského i pivovarnického pohledu je ovšem důležitá i aktivita hydrolytických enzymů - beta-glukanáz, štěpících beta-glukany v ideálním případě až na glukózu. Tedy i vyšší obsah beta-glukanů může být v zrně konkrétní odrůdy ječmene v průběhu sladování a rmutování redukován (Jamar et al. 2011). Je známo, že vyšší koncentrace beta-glukanů v zrně jsou nevhodné zejména ke krmění monogastrů z důvodu jejich nižší stravitelnosti a tím i nižší konverze krmiva. Sladovnický nevyužitá produkce odrůd Radegast, Bojos a Sebastian může být díky jejich nízkému obsahu nežádoucích beta-glukanů efektivně využita ke krmění hospodářských zvířat.

Z hlediska pěstování ječmene jako suroviny pro výrobu sladu, nebo určeného pro krmění hospodářských zvířat se se svými významně nižšími hodnotami obsahů arabinoxylanů i beta-glukanů jevil způsob pěstování za užití fungicidů a jiných pesticidů (odpovídající konvenčnímu způsobu pěstování) jako výhodnější. Pěstební technologie s omezenými chemickými vstupy (bez moření zrna a fungicidů), poskytuje zrně ječmene jarního obsahující větší množství obou polysacharidů, tedy zrně

teoreticky vhodnější k výrobě potravin. Z důvodu neregulované expozice rostlin vůči patogenům lze ovšem předpokládat nejen vyšší stupeň napadení rostlin, ale i vyšší následnou tvorbu zdraví škodlivých sekundárních metabolitů patogenů (mykotoxinů). Petr a Rejsnarová (2009) však uvádí, že pokud je při pěstování bez fungicidního ošetření dodrženo zásad ekologického zemědělství (konkrétně pak široké diverzity plodin v osevním postupu, jejich rotace a zařazení meziplodin pro zelené hnojení), nedochází k významně vyššímu napadení houbami rodu *Fusarium* a potenciální následné kontaminaci mykotoxiny.

Slady vyrobené z ekologické produkce moderních sladovnických odrůd ječmene poskytly ve srovnání s intenzivní produkcí v průměru vyšší množství beta-glukanů ve sladině. Starší odrůdy pak v ekologické produkci poskytly slady ve srovnání s intenzivní produkcí obdobné až nižší koncentrace beta-glukanů ve sladině (Petr, Psota 2007). Sladování ječmene z ekologického zemědělství je perspektivní z pohledu produkce biopiva. Nižší obsah arabinoxylanů i beta-glukanů v zrna ječmene jarního u variant neošetřených fungicidy proti variantám ošetřeným sledoval i Dickin et al. (2011).

Chemické ošetření se na variabilitě obsahu arabinoxylanů podílelo z 12,81 %, je tedy po vlivu genotypu (15,57 %) druhým nejsilnějším vlivem. Sílu tohoto vlivu lze pravděpodobně vysvětlit možnou interakcí účinné látky fungicidu se syntetickou cestou arabinoxylanů v rostlině (Havlová et al. 2006). Vyšší sílu vlivu faktoru (ošetření) můžeme také přisuzovat absenci fungicidu v pěstební technologii, tedy vyšší expozici rostlin infekčnímu tlaku patogenu a vyšší potřebě rostlin bránit se proti prorůstání mycelia zesilováním buněčných stěn právě arabinoxylany (Eggert et al. 2010). Druhá teorie byla doposud vyvrácena pro vliv infekce konkrétních patogenů rodu *Fusarium* (*F. culmorum*, *F. graminearum*) na obsah arabinoxylanů u specifických bezpluchých genotypů ječmene (Eggert et al. 2010). Uvádí však, že umělá infekce těmito patogeny ovlivnila vazby mezi arabinoxylany, ligninem, bílkovinami, celulórou a ferulovou kyselinou, jejíž množství také významně snížila. Tyto změny ve struktuře buněčných stěn zrna tak mohou vést ke snížení pekařské kvality a k fragmentaci arabinoxylanů (Izydorczyk et al. 1991; Eggert et al. 2010). Pokud se zaměříme na bezpluché genotypy zkoumané v této práci, zjistíme že také neposkytly jednoznačnou odezvu na fungicidní ošetření. Linie KM 2084 a KM 2283 poskytly ve vzorcích z ošetřených variant obsah arabinoxylanů významně vyšší, odrůda AF Lucius významně nižší a u linie KM 1057

nebyl vliv ošetření zjištěn. Pluchaté sladovnické odrůdy se mohou při zvýšeném infekčním tlaku patogenů chovat odlišně.

Z hlediska obsahu sledovaných neškrobových polysacharidů se svými významně nižšími hodnotami pro výrobu sladu jeví lokalita řepařská (Kroměříž) výhodnější, než právě výrobní oblast kukuřičná (Branišovice, Žabčice).

Vyšší vliv interakce lokalit s roky pozoroval z hlediska obsahu beta-glukanů i Zhang et al. (2001). Jiní autoři uvádí jako významný vliv pro obsah beta-glukanů v zrně také průběh povětrnosti. Teplé a suché počasí v období tvorby obilky se následně projeví vyšším obsahem beta-glukanů v zrně (Güler 2003; Ehrenbergerová et al. 2008; Tiwari, Cummins 2008; Dickin et al. 2011). Významně vyšší množství beta-glukanů oproti roku 2010, bylo v průměru všech odrůd a ošetření v Žabčicích zjištěno v letech 2009 a 2011 (Obr. 8), v jejichž vegetačních obdobích bylo zaznamenáno sucho. Dle Gülera (2003) se na vyšší hladině beta-glukanů podílí také zvýšená dávka dusíku při hnojení.

Ehrenbergerová et al. (2012) uvádí, že nejnižší množství celkové kyseliny ferulové bylo nalezeno v letech 2007 a 2008 v zrně odrůdy AF Lucius, oproti ostatním odrůdám v souboru. Nízká koncentrace kyseliny ferulové v zrně této odrůdy by mohla být vysvětlena obsahem arabinoxylanů, na které je esterově vázána. V pokusu této disertační práce poskytla odrůda AF Lucius statisticky průkazně nejnižší koncentraci arabinoxylanů (3,85 %). Tyto výsledky odpovídají zjištění Anderssona et al. (2008), který našel významný pozitivní vztah mezi obsahem neškrobových polysacharidů (arabinoxylanů i beta-glukanů) a obsahem vázaných i konjugovaných fenolických sloučenin. Dle Mikyšky et al. (2010) však koncentrace kyseliny ferulové ve sladině není ve významném vztahu s obsahem arabinoxylanů ve sladině.

Neškrobové polysacharidy ječmene jarního byly souhrnně ovlivněny všemi hlavními faktory i většinou jejich interakcí (mimo interakce ošetření s lokalitami). Vliv hlavních faktorů na variabilitu obsahu neškrobových polysacharidů byl relativně vyrovnaný a pohyboval se od 11,47 do 12,74 % (ošetření 12,74 %, roky 11,86 %, lokality 11,64 %, genotypy 11,47 %). Vysoký podíl vícenásobných interakcí vychází ze součtu podílů čtyř třínásobných a jedné čtyřnásobné interakce. Podíly vlivu jednotlivých třínásobných a čtyřnásobné interakce nepřesahoval podíly vlivu jednotlivých hlavních faktorů.

V průměru ošetření, lokalit a roků poskytla v souboru sladovnických odrůd vynikla nejnižším obsahem neškrobových polysacharidů odrůda Bojos (8,30 %). Tato

odrůda v průměru poskytla o 1,68 % nižší koncentraci neškrobových polysacharidů, než sladovnická odrůda Aksamit.

Shluk zjištěný z analýzy obou sledovaných neškrobových polysacharidů (Obr. 40) u odrůd Bojos a Radegast ukazuje na jejich vzájemnou genetickou podobnost, ta může být vysvětlena společným rodičem (Nordus) (Psota 2012).

Naopak nejvyšší obsah neškrobových polysacharidů byl v průměru pokusu zjištěn v zrně linie KM 2084 (10,46 %), což bylo významně více než koncentrace stanovená u linie KM 2283 (9,76 %). Tyto linie byly ze sledovaného souboru obsahem dvou základních složek rozpustné vlákniny nejvhodnější pro výrobu (funkčních) potravin.

Mezi obsahy arabinoxylanů a beta-glukanů byl zjištěn také silný významný záporný vztah $r = -0,669^*$ ($n = 11$). Sílu vypočteného vztahu lze vysvětlit pestrým souborem analyzovaných odrůd/linií zahrnujícím odrůdy/linie s výrazně vyššími obsahy arabinoxylanů a současně nižšími obsahy beta-glukanů (a naopak). Vztah je patrný zejména u linie KM 1057 (s nejvyšším obsahem arabinoxylanů a nízkým obsahem beta-glukanů) a u linie KM 2084 (s nejvyšším obsahem beta-glukanů a zároveň nízkým obsahem arabinoxylanů).

6.2 Ječmen ozimý

Pro rozšíření základních výsledků obsahů neškrobových polysacharidů ječmene jarního byl založen i jednoletý pokus s ječmenem ozimým na třech odlišných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření (s hlavním rozdílem opět ve fungicidním ošetření).

Obsahy arabinoxylanů a beta-glukanů byly významně ovlivněny všemi hlavními faktory i jejich dvojnásobnými interakcemi. Na variabilitě arabinoxylanů se nejvíce podílely odrůdy (21,53 %), dále ošetření (19,30 %) a lokality (13,70 %). Variabilitu obsahu beta-glukanů pak nejvíce ovlivňovaly odrůdy (44,08 %), interakce odrůdy s ošetřením (11,67 %) a lokality s ošetřením (11,02 %). Zjištění podílu vlivu genotypů na variabilitu obsahu arabinoxylanů a beta-glukanů podporuje zjištění z pokusu s ječmenem jarním, kde se genotypy podílely rovněž více na variabilitě obsahu beta-glukanů, než arabinoxylanů. Druhý největší podíl vlivu na variabilitu obsahu arabinoxylanů byl stejně jako u ječmene jarního zaznamenán u ošetření. V souboru pluchatých odrůd ječmene ozimého se faktor ošetření na celkové variabilitě obsahu arabinoxylanů podílel z 19,30 %.

V souboru byly zařazeny tři pluchaté odrůdy a jedna pluchatá sladovnická odrůda. V průměru ošetření a lokalit svým významně nižším průměrným obsahem arabinoxylanů i beta-glukanů vynikala právě sladovnická odrůda Wintmalt (4,30 a 3,75 %). Tato odrůda poskytovala v průměru lokalit také významně nižší obsahy beta-glukanů ve vzorcích z variant ošetřených (3,61 %) oproti variantám neošetřeným (3,89 %).

V průměru genotypů a lokalit byly zjištěny průkazně nižší hodnoty arabinoxylanů i beta-glukanů ze vzorků pěstovaných v ošetřených variantách, tedy za použití fungicidů. Tyto výsledky opět potvrzují zjištění uvedené v předchozí kapitole pro ječmen jarní.

7 ZÁVĚR

Cílem doktorské disertační práce bylo stanovit podíl vlivu odrůd/linií, prostředí a intenzity chemického ošetření na obsah a variabilitu beta-glukanů a arabinoxylanů, charakterizovat významné rozdíly v obsahu jmenovaných látek v souboru osmi odrůd a tří linií ječmene jarního. Nad rámec cílů práce byly zpracovány výsledky jednotletých pokusů ze tří lokalit se čtyřmi odrůdami ječmene ozimého.

Ječmen setý je druhá nejpěstovanější obilnina v ČR. Její produkce je využívána zejména k výrobě sladu, krmení hospodářských zvířat a výživě lidí. Původní genetická rozmanitost ječmene historicky zahrnovala typy a formy bezpluché i pluchaté, ozimé i jarní a dvouřadé i víceřadé. V průběhu let došlo k pokroku ve šlechtění, který ovlivnil nejen hlavní kvantitativní parametr - adaptabilitu, ale i parametry kvalitativní a jejich kombinace jakou je např. sladovnická kvalita.

Obsah neškrobových polysacharidů, beta-glukanů a arabinoxylanů v této práci sledovaných, který je jedním z limitujících kvantitativních parametrů pro užití produkce ječmene, může přímo ovlivnit ekonomiku výroby. Vyšší obsah beta-glukanů a arabinoxylanů ve sladu způsobuje zvýšení viskozity sladiny a piva, snížení varního výtěžku, prodlouženou dobu scezování a špatnou filtrovatelnost piva. Arabinoxylany a beta-glukany se v procesu rmutování dostávají ze sladu do sladiny, kde jsou štěpeny příslušnými hydrolytickými enzymy. Zrno ječmene je nejen zdrojem hydrolytických enzymů, ale také jejich substrátů. Z toho důvodu je důležité pro sladovnické účely vybírat vhodné odrůdy/linie s geneticky nízkými obsahy obou neškrobových polysacharidů.

Pro získání experimentálních dat potřebných k vyřešení cílů práce byly založeny polní pokusy s náhodným uspořádáním variant ve třech opakováních na třech lokalitách, ve třech letech a ve dvou systémech chemického ošetření se souborem genotypů ječmene jarního.

Soubor odrůd/linií ječmene jarního obsahoval sedm pluchatých sladovnických odrůd (Aksamit, Blaník, Bojos, Jersey, Kangoo, Sebastian, Radegast), jednu bezpluchou odrůdu (AF Lucius) a tři bezpluché linie (KM 1057, KM 2084, KM 2283). Pokusy s jarním ječmenem byly založeny na lokalitách Branišovice, Kroměříž a Žabčice v letech 2009 – 2011 ve dvou intenzitách chemického ošetření. Soubor odrůd ječmene ozimého obsahoval tři pluchaté odrůdy (Breunskyliie, Reni, Yatzy) a jednu sladovnickou pluchatou odrůdu (Wintmalt). Odrůdy ječmene ozimého byly pěstovány rovněž na třech

lokalitách (Kroměříž, Staňkov, Žatec) i ve dvou odlišných intenzitách chemického ošetření.

V vzorcích zrna získaného z polních pokusů pak byly stanoveny odpovídajícími metodami obsahy arabinoxylanů a beta-glukanů. Výsledky analýz obsahů neškrobových polysacharidů byly vyhodnoceny pomocí analýzy variance a následným testováním Fisherovým testem byly průměrné hodnoty v rámci v jednotlivých faktorů rozčleněny do homogenních skupin a stanoveny statisticky významné rozdíly na úrovni zařazených faktorů. Po zanedbání vlivu prostředí byl vypočten i korelační koeficient mezi obsahy arabinoxylanů a beta-glukanů dle Pearsona.

- Byl stanoven podíl vlivu odrůd/linií, prostředí (lokalit a ročníků) a intenzit chemického ošetření na obsah a variabilitu beta-glukanů a arabinoxylanů. Nejvyšší vliv faktoru na variabilitu obsahu arabinoxylanů i beta-glukanů v souboru odrůd/linií ječmene jarního i ozimého byl zjištěn pro genotypy. K zajištění požadovaného obsahu ve výsledném produktu - zrna - hraje tedy výběr vhodného genotypu největší roli. V práci byly charakterizovány významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami a liniemi ječmene jarního i ozimého.
- Z výsledků této práce vyplývá jako vhodné pro sladovnické využití zrna odrůdy Bojos vzhledem k nižšímu průměrnému obsahu arabinoxylanů (4,27 %) v průměru intenzit ošetření, pěstebních lokalit a let.. Nižší množství arabinoxylanů pak v průměru pokusů poskytly také odrůdy Jersey, Kangoo, Sebastian, Blaník a Aksamit (4,66, 4,70, 4,70, 4,78 a 4,79 %). Nízkými obsahy beta-glukanů pak vynikly sladovnické odrůdy Radegast (3,92 %) a Bojos (4,03 %) a současně tyto odrůdy poskytly v průměru sladovnických odrůd zrna s nejnižšími koncentracemi obou sledovaných neškrobových polysacharidů (Bojos 8,30 % a Radegast 8,67 %) a jeví se tak z tohoto hlediska také jako nejvhodnější pro výrobu sladu.
- Naopak pro výrobu potravin jsou vhodnější ty genotypy ječmene, které obsahují přirozeně co nejvyšší množství složek potravní vlákniny, tj. neškrobových polysacharidů. Nejvyšší množství arabinoxylanů bylo zjištěno v zrna bezpluché linie KM 1057 (6,16 %), nejvíce beta-glukanů pak poskytla bezpluchá linie KM 2084 (6,41 %). Produkce těchto linií by mohla být využívána rovněž k extrakci

jednotlivých neškrobových polysacharidů případně pro specifické využití separovaných mlecích frakcí.

- Sumárním zhodnocením koncentrace arabinoxylanů i beta-glukanů se jeví jako nejvhodnější pro výrobu potravin bezpluchá linie KM 2084 (10,46 %), tato linie je nyní v registračních zkouškách ÚKZÚZ. Linie KM 1057 a KM 2084 pak poskytly v průběhu trvání pokusů a průměru ošetření vždy významně více beta-glukanů ve vzorcích z lokalit Branišovice a Žabčice (kukuřičná výrobní oblast) oproti lokalitě Kroměříž (řepařská výrobní oblast). Pro potravinářské využití produkce těchto linií je vhodnější jejich pěstování v teplejší a sušší kukuřičné výrobní oblasti. Výhodně se nabízí jejich využití rovněž pro potravinářství pro výrobu vloček z důvodu nepřítomnosti pluch, které se při výrobě z pluchatých sladovnických odrůd musí odstraňovat obrušováním. Nejvyšší obsah obou neškrobových polysacharidů ze souboru pluchatých odrůd byl zjištěn v zrně sladovnické odrůdy Aksamit (9,98 %). Produkce této odrůdy se tak svým vyšším obsahem neškrobových polysacharidů jeví jako vhodné i pro tradiční potravinářské využití pluchatých odrůd ječmene - výrobu obrušovaných ječných výrobků (krup a krupek).
- Vysoký obsah arabinoxylanů a zejména beta-glukanů má nepříznivý vliv na konverzi krmiva a následný přírůstek živé hmotnosti hospodářských zvířat. V průměru intenzit ošetření, pěstebních lokalit a roků byl významně nejnižší obsah beta-glukanů souboru odrůd/linií ječmene jarního zjištěn v zrně bezpluché linie KM 1057 (3,37 %), nejnižší obsah arabinoxylanů byl pak zjištěn v zrně bezpluché odrůdy AF Lucius (3,85 %). Souhrnně pak oproti ostatním odrůdám/liniím ječmene jarního nejnižší koncentraci obou neškrobových polysacharidů poskytly již zmíněné odrůdy Bojos, Radegast a AF Lucius s 8,71 %. V souboru odrůd ječmene ozimého vynikly nejnižším obsahem obou neškrobových polysacharidů odrůda Wintmalt a Reni (8,05 a 8,67 %). Díky nízkým obsahům arabinoxylanů a beta-glukanů lze za tak perspektivní pro výrobu krmiva označit produkci odrůd AF Lucius, Bojos, Radegast, Wintmalt, Reni i linie KM 1057. Ve prospěch krmivářského využití odrůdy AF Lucius a linie KM 1057 hovoří navíc také absence pluchy, která je významným zdrojem další monogastrie nestravitelné hmoty krmiva (celulózy, ligninu, aj.). Výhodné se ze stejného

důvodu jeví rovněž pro potravinářskou výrobu vloček, neboť při výrobě z pluchatých odrůd se pluchy musí odstranit.

- Variabilita obsahu arabinoxylanů i beta-glukanů byla v souboru genotypů ječmene jarního i ozimého významně ovlivněna intenzitou ošetření. Podíl ošetření na variabilitě obsahu arabinoxylanů ječmene jarního i ozimého byl druhý nejvyšší ze všech faktorů. Ošetřené varianty pokusů poskytly v průměru genotypů, lokalit a let vždy významně méně arabinoxylanů, než varianty neošetřené. Vysoký podíl vlivu ošetření na obsah arabinoxylanů lze vysvětlit tím, že arabinoxylany se vyskytují zejména v obalových vrstvách zrna a aleuronové vrstvě, tedy v místech s teoretickým kontaktem rostliny jak s fungicidy, tak s houbovými patogeny. Beta-glukany se vyskytují zejména v endospermu obilky. Důležitý je i poznatek této práce, že veškeré sladovnické odrůdy v souboru měly v průměru průkazně méně arabinoxylanů v ošetřených variantách, než v neošetřených, tj. odpovídajících současnému systému pěstování. V průměru let a lokalit poskytly sladovnické odrůdy Aksamit, Blaník, Jersey, Radegast a Sebastian v ošetřených variantách významně méně i beta-glukanů, než ve variantách neošetřených.
- Ozimá odrůda Wintmalt jako jediná z odrůd ječmene ozimého vykazovala nižší koncentrace beta-glukanů ve variantách ošetřených, než ve variantách neošetřených. To může být jeden z důvodů využívání produkce odrůdy Wintmalt z běžných produkčních ploch (chemicky ošetřených) pro výrobu sladu.
- Z těchto zjištění můžeme usuzovat, že běžné produkční plochy využívající moření osiva a fungicidní ošetření jsou pro vhodnější pro pěstování sladovnických odrůd ječmene určeného k výrobě sladu či výrobě krmiv.
- Bezpluché genotypy v souboru reagovaly na různou intenzitu ošetření odlišně. Odrůda AF Lucius poskytla v průměru méně arabinoxylanů i beta-glukanů v ošetřených variantách. U linie KM 1057 nebyl vliv ošetření na obsah sledovaných neškrobových polysacharidů zjištěn, u linie KM 2084 byl pak významně vyšší obsah beta-glukanů stanoven v neošetřených variantách. Linie KM 2283 poskytla na rozdíl od všech ostatních odrůd/linií souboru významně vyšší obsah

arabinoxylanů i beta-glukanů v ošetřených variantách pokusu, což ji předurčuje pro potravinářskou produkci v integrované a konvenční zemědělské výrobě.

- Variabilita obsahu neškrobových polysacharidů ječmene jarního i ozimého byla významně ovlivněna rovněž vlivem lokality pěstování. V souboru odrůd/linií ječmene jarního byl zjištěn nejnižší obsah arabinoxylanů i beta-glukanů z lokality Kroměříž, která náleží do řepařské výrobní oblasti. Lokality Branišovice a Žabčice se lišily v obsahu beta-glukanů, v obsahu arabinoxylanů významný rozdíl mezi těmito lokalitami zjištěn nebyl.
- Nejnižší obsah neškrobových polysacharidů v souboru ječmene ozimého byl pak zjištěn v zrna z lokality Žatec oproti vzorkům z lokalit Kroměříž a Staňkov, které se od sebe významně nelišily. Odrůda Wintmalt také poskytla nižší množství beta-glukanů ve vzorcích z lokalit Žatec a Kroměříž (řepařská výrobní oblast), čímž se odlišila od ostatních odrůd, které na těchto lokalitách vykázaly hodnoty významně vyšší. To je opět důvodem pro využití ozimé odrůdy Wintmalt pro sladovnictví.

Na základě řešených cílů práce bylo možné po vyhodnocení údajů získaných z polních experimentů vybrat odrůdy pro konkrétní využití jejich produkce – sladovnické, potravinářské a krmné.

7.1 Praktické uplatnění výsledků

Výsledky získané v této práci mohou prakticky pomoci při výběru a preferenci konkrétních nových bezpluchých genotypů pro výrobu potravin i krmiv, ale také odrůd sladovnického ječmene pro výrobu sladu a následně piva. Výsledky práce lze tedy využít v odvětvích zpracovávajících produkci ječmene, pro níž je obsah neškrobových polysacharidů limitující.

Z výsledků práce vyplývá, že nejvyšší podíl vlivu faktoru na variabilitu obsahu neškrobových polysacharidů v této práci zkoumaných, tj. arabinoxylanů i beta-glukanů byl zjištěn pro genotypy, tedy výběr vhodné odrůdy je kritický a primární pro získání zrna s požadovaným obsahem obou neškrobových polysacharidů.

Z hlediska produkce sladu se svými nejnižšími obsahy obou neškrobových polysacharidů jeví jako nejperspektivnější odrůdy Bojos, Radegast a Wintmalt.

Ze zjištění z této práce můžeme dále usuzovat, že běžné produkční plochy využívající moření osiva a fungicidní ošetření jsou vhodnější pro pěstování sladovnických odrůd ječmene určeného k výrobě sladu, neboť sladovnické genotypy zkoumané v této práci poskytly v ošetřených variantách oproti variantám neošetřeným zrno s vždy nižšími obsahy nejen arabinoxylanů, ale zpravidla i beta-glukanů.

Na druhé straně jsou pro výrobu potravin jsou vhodnější genotypy s přirozeně vyšším obsahem neškrobových polysacharidů. Díky významně nejvyššímu zjištěnému obsahu obou neškrobových polysacharidů sumárně, lze produkci zrna linie KM 2084 doporučit k přímému potravinářskému využití. Obdobně lze pro stejné využití doporučit zrno linie KM 1057 z důvodu významně nejvyššího obsahu arabinoxylanů, které jsou rovněž ceněnou složkou vlákniny potravy. Obě linie poskytly v teplé a suché kukuřičné výrobní oblasti vyšší obsah beta-glukanů. Ze sladovnických genotypů se pro potravinářské využití jeví svým vyšším obsahem neškrobových polysacharidů jako vhodná odrůda Aksamit, tu lze doporučit například pro tradiční výrobu obrušovaných ječných výrobků (krup, kroup, aj.).

Pěstební technologie využívající moření a fungicidy se jeví pro pěstování bezpluchých linií určených k potravinářskému využití jako výhodnější, neboť v pokusu poskytovala zrno s vyššími (příp. významně se nelišícími) obsahy arabinoxylanů i beta-glukanů oproti pěstební technologii bez moření a fungicidů. Navíc je takový způsob pěstování vhodný i pro ekologické zemědělství a výrobu ekopotravin.

Obdobně jako u sladovnického využití produkce ječmene jarního, je i pro krmení zvířat požadován obsah neškrobových polysacharidů v zrnu ječmene co nejnižší, a to z důvodu jejich nežádoucího vlivu na konverzi krmiv. Ke krmení lze tedy doporučit také již jmenované sladovnické odrůdy Bojos, Radegast a Wintmalt. Vhodná svými nízkými obsahy neškrobových polysacharidů se jeví rovněž bezpluchá odrůda AF Lucius a linie KM 1057. Tato linie obsahovala v porovnání s ostatními genotypy významně nejnižší množství beta-glukanů, má zvýšený obsah lyzinu a vyšší obsah bílkovin i vitamínu E, což ji činí vhodnou pro krmivářské užití, ale i pro potravinářské využití.

Ze zjištění této práce můžeme usuzovat, že pěstební technologie využívající moření a fungicidy byla z hlediska obsahu neškrobových polysacharidů vhodnější pro pěstování sladovnických odrůd určených ke sladování, bezpluché odrůdy určené ke krmení, ale také i pro pěstování bezpluché linie KM 2283 určené k výrobě potravin.

8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

AASTRUP, S. and K.G. JORGENSEN. 1998: Application of the Calcofluor Flow Injection Analysis Method for Determination of β -Glucan in Barley, Malt, Wort, and Beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, roč. 46, s. 76–81.

ABUMWEIS, S. S., S. JEW and N. P. AMES. 2010: B-Glucan From Barley and Its Lipid-Lowering Capacity: a Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. roč. 64, č. 12, s. 1472–1480. ISSN 1476-5640. doi:10.1038/ejcn.2010.178

ANDERSSON, A. M., A. M. LAMPI, L. NYSTRÖM, V. PIIRONEN, L. LI, J. L. WARD, K. GEBRUERS, C. M. COURTIN, J. DELCOUR, D. BOROS, A. FRAŠ, W. DYNKOWSKA, M. RAKSZEKI, Z. BEDO, P. R. SHEWRY and P. AMAN. 2008: Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. roč. 56, č. 21, s. 9767–9776. ISSN 1520-5118. doi:10.1021/jf802037f

BABIO, N., R. BALANZA, J. BASULTO, M. BULLÓ and J. SALAS-SALVADÓ. 2010: Dietary fibre: influence on body weight, glycemic control and plasma cholesterol profile. *Nutrición Hospitalaria*. roč. 25, č. 3, s. 327–340. ISSN 1549-1676. doi:10.3305/nh.2010.25.3.4459

BAIK, B. K. and S. E. ULLRICH. 2008: Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*. roč. 48, č. 2, s. 233–242. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2008.02.002

BALOUNOVÁ, M., K. VACULOVÁ, L. HLOŽKOVÁ, R. MIKULÍKOVÁ and J. EHRENBERGEROVÁ. 2013: The effect of the changed amylose and amylopectin ratio on the selected qualitative parameters in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) grain. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. roč. 61, č. 3, s. 577–585. ISSN 1211-8516. doi:10.11118/actaun201361030577

BAMFORTH, C. W. and M. KANAUCHI. 2001: A Simple Model for the Cell Wall of the Starchy Endosperm in Barley*. *Journal of the Institute of Brewing*. roč. 107, č. 4, s. 235–240. ISSN 00469750. doi:10.1002/j.2050-0416.2001.tb00095.x

BEHALL, K. M, D. J. SCHOLFIELD, J. G. HALLFRISCH and H. G. M. LILJEBERG-ELMSTAHL. 2006a: Consumption of Both Resistant Starch and β -Glucan Improves Postprandial Plasma Glucose and Insulin in Women. *Diabetes Care*. roč. 29, č. 5, s. 976–981. ISSN 0149-5992. doi:10.2337/dc05-2012

BEHALL, K. M., D. J. SCHOLFIELD and J. G. HALLFRISCH. 2006b: Barley β -glucan reduces plasma glucose and insulin responses compared with resistant starch in men. *Nutrition Research*. roč. 26, č. 12, s. 644–650. ISSN 02715317. doi:10.1016/j.nutres.2006.10.001

BEHALL, K. M., D. J. SCHOLFIELD and J. HALLFRISCH. 2004: Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. roč. 80, č. 5, s. 1185–1193. ISSN 0002-9165.

BĚLÁKOVÁ, S., K. BENEŠOVÁ, R. MIKULÍKOVÁ and Z. SVOBODA. 2010: Sledování změn obsahu ferulové kyseliny v pivovarských surovinách metodou UPLC s PDA detekcí. *Kvasný Průmysl*. roč. 56, č. 6, s. 266–269.

BENITO-ROMÁN, O., E. ALONSO and S. LUCAS. 2011: Optimization of the β -glucan extraction conditions from different waxy barley cultivars. *Journal of Cereal Science*. roč. 53, č. 3, s. 271–276. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2011.01.003

BHATTY, R. S. 1996: Production of food malt from hull-less barley. *Cereal Chemistry*. roč. 73, č. 1, s. 75–80.

BOTHMER, R. V., JACOBSEN, N., BADEN C., JORGENSEN, R.B. and I. LINDELAURSEN. 1995: An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. *Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools*. 7. International Plant genetic Resources Institute, Rome, 2nd edition, 129 s. ISBN: 978-92-9043-229-6. Dostupné na: http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/271/begin.htm

BRADBURN, N., R. D. COKER and G. BLUNDEN. 1994: The aetiology of turkey “x” disease. *Phytochemistry*. roč. 35, č. 3, s. 817. ISSN 00319422. doi:10.1016/S0031-9422(00)90613-7

BRENNAN, C. S. and L. J. CLEARY. 2005: The potential use of cereal (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -d-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*. roč. 42, č. 1, s. 1–13. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2005.01.002

BŘEZINOVÁ BELCREDI, N. and J. EHRENBERGEROVÁ. 2009: Barley grain as a source of health-beneficial substances. *Czech Journal of Food Sciences*. roč. 27, s. 3–5.

BŘEZINOVÁ BELCREDI, N., J. EHRENBERGEROVÁ, K. BENEŠOVÁ and K. VACULOVÁ. 2010: Variabilita aktivity vitamínu E a jeho izomerů v zrně ječmene. *Kvasný Průmysl*. roč. 56, č. 2, s. 88–92.

BŘEZINOVÁ BELCREDI, N., J. EHRENBERGEROVÁ, V. FIEDLEROVÁ, S. BĚLÁKOVÁ and K. VACULOVÁ. 2010: Antioxidant vitamins in barley green biomass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. roč. 58, č. 22, s. 11755–11761. ISSN 1520-5118. doi:10.1021/jf1014389

CYRAN, M., M. S. IZYDORCZYK and A. W. MACGREGOR. 2002: Structural Characteristics of Water-Extractable Nonstarch Polysaccharides from Barley Malt. *Cereal chemistry*. roč. 79, č. 3, s. 359–366.

ČERNÝ, L., J. VAŠÁK, J. KŘOVÁČEK and M. HÁJEK. 2007: *Jarní sladovnický ječmen: Pěstitelský rádce*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, s.r.o. 44 s. ISBN 9788087111048.

- DICKIN, E., K. STEELE, G. FROST, G. EDWARDS-JONES and D. WRIGHT. 2011: Effect of genotype, environment and agronomic management on β -glucan concentration of naked barley grain intended for health food use. *Journal of Cereal Science*. roč. 54, č. 1, s. 44–52. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2011.02.009
- DJOUSSÉ, L. and J. M. GAZIANO. 2007: Breakfast cereals and risk of heart failure in the Physicians' Health Study I. *Archives of Internal Medicine*. roč. 167, č. 19, s. 2080–2085. ISSN 0003-9926. doi:10.1001/archinte.167.19.2080
- DOLEŽAL, P. and L. ZEMAN. 2006: Mykotoxiny. In: ZEMAN, L. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 1. Praha: Profi Press. s. 50–55. ISBN 9788086726175.
- DOUGLAS, S. G. 1981: A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemistry*. roč. 7, č. 2, s. 139–145. ISSN 0308-8146. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(81)90059-5
- EFSA PANEL ON DIETETIC PRODUCTS and NUTRITION AND ALLERGIES (NDA). 2009: Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans and maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 754, 755, 757, 801, 1465, 2934) and maintenance or achievement of a normal body weight (ID 820, 823). *EFSA Journal*. roč. 7, č. 1924, s. 1–18. doi:10.2903/j.efsa.2009.1254.
- EFSA PANEL ON DIETETIC PRODUCTS and NUTRITION AND ALLERGIES (NDA). 2011: Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC). *EFSA Journal*. roč. 9, č. 12, s. 1–14. doi:10.2903/j.efsa.2011.2470
- EGGERT, K., J. HOLLMANN, B. HILLER, H. P. KRUSE, H. M. RAWEL and E. PAWELZIK. 2010: Effects of fusarium infection on the phenolics in emmer and naked barley. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. roč. 58, č. 5, s. 3043–3049. ISSN 1520-5118. doi:10.1021/jf903545j
- EHRENBERGEROVÁ, J. 2006: Chemické složení zrna ječmene. In: ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. Praha.: Profi Press. s. 25–37. ISBN 9788086726182.
- EHRENBERGEROVÁ, J. 2006: Ječmen potravinářského typu. In: ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. Praha.: Profi Press. s. 171–177. ISBN 9788086726182.
- EHRENBERGEROVÁ, J., N. BŘEZINOVÁ BELCREDI, J. KOPÁČEK, L. MELIŠOVÁ, P. HRSTKOVÁ, S. MACUCHOVÁ, K. VACULOVÁ and I. PAULÍČKOVÁ. 2009: Antioxidant enzymes in barley green biomass. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*. roč. 64, č. 2, s. 122–128. ISSN 1573-9104. doi:10.1007/s11130-009-0113-4
- EHRENBERGEROVÁ, J., N. BŘEZINOVÁ BELCREDI, V. PSOTA, P. HRSTKOVÁ, R. CERKAL and C. W. NEWMAN. 2008: Changes caused by genotype and environmental conditions in beta-glucan content of spring barley for dietetically

beneficial human nutrition. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*. roč. 63, č. 3, s. 111–7. ISSN 0921-9668. doi:10.1007/s11130-008-0079-7

EHRENBERGEROVÁ, J., Z. PROKOPCOVÁ, S. BĚLÁKOVÁ, R. CERKAL, H. PLUHÁČKOVÁ, K. VACULOVÁ and P. SMUTNÁ. 2012: Variability in Free and Total Ferulic Acid Content in Spring Barley Caryopses. *Kvasný průmysl*. roč. 58, č. 7-8, s. 201–208.

EL KHOURY, D., C. CUDA, B. L. LUHOVYY and G. H. ANDERSON. 2012: Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. *Journal of Nutrition and Metabolism*. roč. 2012, č. 28, s. 851362. ISSN 2090-0732. doi:10.1155/2012/851362

FEVRE, J. F. and J. KAKUTA. 2006: Preferované odrůdy sladovnického ječmene. In: *Sborník z konference „Úspěšné plodiny pro velký trh“ - Ječmen a cukrovka*, 13.-17.2. 2006. s. 20–22.

GAMLATH, J., G. P. ALDRED and J. F. PANOZZO. 2008: Barley (1→3; 1→4)-β-glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake. *Journal of Cereal Science*. roč. 47, č. 2, s. 365–371. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2007.05.017

GOŇI, I., DÍAZ-RUBIO M.E. and F. SAURA-CALIXTO. 2008: Dietary Fiber in Beer: Content, Composition, Colonic Fermentability, and Contribution to the Diet. In: PREEDY, V. R. *Beer in Health and Disease Prevention*. 1. London: Elsevier/Academic Press. s. 229–309. ISBN 9780123738912.

GRAUSGRUBER, H., I. WEINZETL, V. ZAHLNER, J. SCHMIDT, W. PHILLIP and S. SIEBENHANDL-EHN. 2010: Studies on the beta-glucan content of hull-less barley. In: *60. Tagung der der Vereinigung der Pflanzzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009*. Raumberg-Gumpenstein, s. 147–149. ISBN 9783902559371.

GÜLER, M. 2003: Barley grain β-glucan content as affected by nitrogen and irrigation. *Field Crops Research*. roč. 84, č. 3, s. 335–340. ISSN 03784290. doi:10.1016/S0378-4290(03)00100-X

GUPTA, M., N. ABU-GHANNAM and E. GALLAGHAR. 2010: Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. roč. 9, č. 3, s. 318–328. ISSN 15414337. doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x

HÁJEK, M., L. ČERNÝ and J. VAŠÁK. 2006: Pohled do historie pěstování sladovnického ječmene. In: *Sborník z konference „Úspěšné plodiny pro velký trh“ - Ječmen a cukrovka*, 13.-17.2. 2006. s. 4–5.

HAIŠLOVÁ, J., K. LANCOVÁ, M. SEHNALOVÁ, A. KRPOVÁ, M. ZACHARIÁŠOVÁ, H. MORAVCOVÁ, J. NEDĚLNÍK, J. MARKOVÁ and J. EHRENBERGEROVÁ. 2007: Occurrence of trichothecene mycotoxins in cereals harvested in the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences*. roč. 25, č. 6, s. 339–350.

HAN, J. Y. 2000: Structural characteristics of arabinoxylan in barley, malt, and beer. *Food Chemistry*. roč. 70, č. 2, s. 131–138. ISSN 03088146. doi:10.1016/S0308-8146(00)00075-3

HAVLOVÁ, P. 1999: *Hydrolytické a oxidoredukční enzymy ječného sladu: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 43 s. ISBN 9788072710409.

HAVLOVÁ, P., K. LANCOVÁ, M. VÁŇOVÁ, J. HAVEL and J. HAJŠLOVÁ. 2006: The effect of fungicidal treatment on selected quality parameters of barley and malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. roč. 54, č. 4, s. 1353–1360. ISSN 0021-8561. doi:10.1021/jf0581372

HAVLOVÁ, P., R. MIKULÍKOVÁ and J. PRÝMA. 2001: Nové směry sladařské analytiky. *Kvasný průmysl*. roč. 47, č. 6, s. 164–168.

HAVRLETOVÁ, M., K. KRIŽANOVÁ, A. ŽOFAJOVÁ and J. GUBIŠ. 2010: Malting quality and grain yield of spring barley genotypes. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Polysaccharides-Glycoscience 2010*. Praha 6. s. 96–99.

HAVRLETOVÁ, M. and Z. PETRULÁKOVÁ. 2011: Cereal beta-glucans and their significance for the preparation of functional foods - A Review. *Czech Journal of Food Sciences*. roč. 29, č. 1, s. 1–14.

HAVRLETOVÁ, M., Z. PETRULÁKOVÁ, A. BURGÁROVÁ and S. GAVUMÍKOVÁ. 2013: Properties of cereal β -D-Glucan hydrocolloids and their effect on bread and ketchup parameters. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*. roč. 63, č. 2, s. 79–86. doi:10.2478/V10222-012-0074-4

HENRY, R. J. 1986: Genetic and environmental variation in the pentosan and β -glucan contents of barley, and their relation to malting quality. *Journal of Cereal Science*. roč. 4, č. 3, s. 269–277. ISSN 0733-5210. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0733-5210(86)80029-7

HOLTEKJØLEN, A. K., A. K. UHLEN, E. BRÅTHEN, S. SAHLSTRØM and S. H. KNUTSEN. 2006: Contents of starch and non-starch polysaccharides in barley varieties of different origin. *Food Chemistry*. roč. 94, č. 3, s. 348–358. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2004.11.022

HOLTEKJØLEN, A. K., A. K. UHLEN and S. H. KNUTSEN. 2008: Barley carbohydrate composition varies with genetic and abiotic factors. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*. roč. 58, č. 1, s. 27–34. ISSN 0906-4710. doi:10.1080/09064710601160037

HORÁKOVÁ, A., O. DVOŘÁČKOVÁ and T. MEZLÍK. 2012: *Seznam doporučených odrůd 2012*. 1. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno - Národní odrůdový ústav. 203 s. ISBN 9788074010590.

HORÁKOVÁ, V., F. BENEŠ and T. MEZLÍK. 2006: *Seznam doporučených odrůd, přehled odrůd, pšenice ozimá, pšenice jarní, ječmen jarní, ječmen ozimý, žito ozimé*,

tritikale ozimé, oves setý pluchatý, hrách polní. 1. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno -Odbor odrůdového zkušebnictví. 225 s. ISBN 8086548775.

CHANDALIA, M., A. GARG, D. LUTJOHANN, K. VON BERGMANN, S. M. GRUNDY and L. J. BRINKLEY. 2000: Beneficial effects of high dietary fiber intake in patients with type 2 diabetes mellitus. *The New England Journal of Medicine*. roč. 342, č. 19, s. 1392–1398.

CHEN, J. and K. RAYMOND. 2008: Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. *Vascular Health and Risk Management*. roč. 4, č. 6, s. 1265–1272. ISSN 1178-2048.

CHLOUPEK, O. *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství*. 3. upr. vyd., Praha: Academia, 2008, 307 s. ISBN 978-80-200-1566-2.

CHLOUPEK, O. 2011: Historie šlechtění sladového ječmene na území České republiky History of Malting Barley Breeding in Czech Republic. *Kvasný průmysl*. roč. 57, č. 7-8, s. 180–181.

IBRÜGGER, S., M. KRISTENSEN, M. W. POULSEN, M. S. MIKKELSEN, J. EJSING, B.M. JESPERSEN, L. O. DRAGSTED, S. B. ENGELSEN and S. BÜGEL. 2013: Extracted oat and barley β -glucans do not affect cholesterol metabolism in young healthy adults. *The Journal of Nutrition*. roč. 143, č. 10, s. 1579–1585. ISSN 1541-6100. doi:10.3945/jn.112.173054

IJI, P. 1999: The impact of cereal non-starch polysaccharides on intestinal development and function in broiler chickens. *Worlds Poultry Science Journal*. roč. 55, č. 12, s. 375–387.

IZYDORCZYK, M., C. G. BILIADERIS and W. BUSHUK. 1991: Comparison of the Structure and Composition of Water-Soluble Pentosans from Different Wheat Varieties 1. *Cereal Chemistry*. roč. 68, č. 2, s. 139–144.

IZYDORCZYK, M. S. 2010: Variations in Content and Molecular Structure of Barley Nonstarch Polysaccharides Associated with Genotypic and Cellular Origin. *Cereal Chemistry*. roč. 87, č. 4, s. 376–384. ISSN 0009-0352. doi:10.1094/CCHEM-87-4-0376

IZYDORCZYK, M. S. and J. E. DEXTER. 2008: Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*. roč. 41, č. 9, s. 850–868. ISSN 09639969. doi:10.1016/j.foodres.2008.04.001

JAMAR, C., P. JARDIN and M. L. FAUCONNIER. 2011: Cell wall polysaccharides hydrolysis of malting barley (*Hordeum vulgare* L.): a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. roč. 15, č. 2, s. 301–313.

JONKOVA, G. and A. SURLEVA. 2013: Impact of polysaccharides of malt on filterability of beer and possibilities for their reduction by enzymatic additives. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. roč. 48, č. 3, s. 1–4.

KEENAN, J. M., M. GOULSON, T. SHAMLIYAN, N. KNUTSON, L. KOLBERG and L. CURRY. 2007: The effects of concentrated barley beta-glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *The British journal of nutrition*. roč. 97, č. 6, s. 1162–1168. ISSN 0007-1145. doi:10.1017/S0007114507682968

KEOGH, G. F., G. J. S. COOPER, T. B. MULVEY, B. H. MCARDLE, G. D. COLES, J. A. MONRO and S. D. POPPITT. 2003: Randomized controlled crossover study of the effect of a highly beta-glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. roč. 78, č. 4, s. 711–718. ISSN 0002-9165.

KOCHAR, J., L. DJOUSSÉ and J. M. GAZIANO. 2007: Breakfast cereals and risk of type 2 diabetes in the Physicians' Health Study I. *Obesity (Silver Spring, Md.)*. roč. 15, č. 12, s. 3039–3044. ISSN 1930-7381. doi:10.1038/oby.2007.362

KOSAŘ, K., PSOTA, V., HAVLOVÁ, P. and J. ŠUSTA. 2000 Sladovnický ječmen. In: KOSAŘ, K. and S. PROCHÁZKA (eds.). *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: VÚPS. s. 30–62. ISBN 80-902658-6-3.

KOSAŘ, K. 2000: Náhražky sladu. In: KOSAŘ, K. and S. PROCHÁZKA (eds.). *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: VÚPS. s. 122–126. ISBN 80-902658-6-3.

KOVÁRNÍK, J. 2012: Pěstování obilovin v pravěku. *Živá archeologie: rekonstrukce a experiment v archeologii*. roč. 14, č. 2, s. 96–101.

KRIŽANOVÁ, K. and A. ŽOFAJOVÁ. 2010: Grain yield and malting quality of new spring barley genotypes. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. roč. 56, č. 3, s. 90–94.

KROUSKÝ, J. 2009: Jakostní sladovnické ječmeny společnosti Selgen, a.s. In: *Sborník z konference „Sladovnický ječmen - regulace tvorby výnosu a kvality“, 9.-13.2.2009*. Brno: MZLU Brno, s. 29–30. ISBN 978-80-213-1890-8

KŮST, F. and J. POTMĚŠILOVÁ. 2009: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 101 s. ISBN 9788070848012.

KŮST, F. and J. POTMĚŠILOVÁ. 2010: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 92 s. ISBN 9788070849071.

KŮST, F. and J. POTMĚŠILOVÁ. 2011: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 90 s. ISBN 9788070849897.

KŮST, F. and J. POTMĚŠILOVÁ. 2012: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 110 s. ISBN 9788074340550.

KŮST, F. and J. POTMĚŠILOVÁ. 2013: *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství. 106 s. ISBN 9788074341342.

LAZARIDOU, A. and C. G. BILIADERIS. 2007: Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects.

Journal of Cereal Science. roč. 46, č. 2, s. 101–118. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2007.05.003

LAZARIDOU, A., T. CHORNICK, C. G. BILIADERIS and M. S. IZYDORCZYK. 2008: Composition and molecular structure of polysaccharides released from barley endosperm cell walls by sequential extraction with water, malt enzymes, and alkali. *Journal of Cereal Science*. roč. 48, č. 2, s. 304–318. ISSN 07335210. doi:10.1016/j.jcs.2007.09.011

LEIPER, K.A. and M. MIEDL. 2008: Colloidal stability of beer. In: BAMFORTH, C.W., I. RUSSELL and G. STEWART. *Beer: A Quality Perspective*. Burlington, MA: Academic Press. s. 111–154. ISBN 9780126692013.

LI, Y, J LU, G GU, Z SHI and Z MAO. 2005: Studies on water-extractable arabinoxylans during malting and brewing. *Food Chemistry*. roč. 93, č. 1, s. 33–38. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2004.08.040

LIU, S., J. E. MANSON, M. J. STAMPFER, F. B. HU, E. GIOVANNUCCI, G. A. COLDITZ, C. H. HENNEKENS and W. C. WILLETT. 2000: A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. *American Journal of Public Health*. roč. 90, č. 9, s. 1409–1415. ISSN 0090-0036.

LU, J and Y LI. 2006: Effects of arabinoxylan solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt. *Food Chemistry*. roč. 98, č. 1, s. 164–170. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.060

LU, Z. X., K. Z. WALKER, J. G. MUIR and K. O'DEA. 2004: Arabinoxylan fibre improves metabolic control in people with Type II diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*. roč. 58, č. 4, s. 621–628. ISSN 0954-3007. doi:10.1038/sj.ejcn.1601857

MACGREGOR, A. W. and R. S. BHATTY. 1993: *Barley: Chemistry and Technology*. St. Paul, Minn. USA: American Association of Cereal Chemists. 486 s. ISBN 9780913250808.

MARANGONI, F. and A. POLI. 2008: The glycemic index of bread and biscuits is markedly reduced by the addition of a proprietary fiber mixture to the ingredients. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*. roč. 18, č. 9, s. 602–605. ISSN 1590-3729. doi:10.1016/j.numecd.2007.11.003

MAYER, K. F. X., R. WAUGH, J. W. S. BROWN, A. SCHULMAN, P. LANGRIDGE, M. PLATZER, G. B. FINCHER, G. J. MUEHLBAUER, K. SATO, T. J. CLOSE, R. P. WISE and N. STEIN. 2012: A physical, genetic and functional sequence assembly of the barley genome. *Nature*. 491: 7426, s. 711–716. ISSN 1476-4687. doi:10.1038/nature11543

MENDIS, M. and S. SIMSEK. 2013: Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocolloids*. s. 3–7. ISSN 0268005X. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.07.022

METZLER-ZEBELI, B. U. and Q. ZEBELI. 2013: Cereal β -glucan alters nutrient digestibility and microbial activity in the intestinal tract of pigs, and lower manure ammonia emission: a meta-analysis. *Journal of Animal Science*. roč. 91, č. 7, s. 3188–3199. ISSN 1525-3163. doi:10.2527/jas.2012-5547

MIKKELSEN, M. S., B. M. JESPERSEN, F. H. LARSEN, A. BLENNOW and S. B. ENGELSEN. 2013: Molecular structure of large-scale extracted β -glucan from barley and oat: Identification of a significantly changed block structure in a high β -glucan barley mutant. *Food Chemistry*. roč. 136, č. 1, s. 130–138. ISSN 0308-8146. doi:10.1016/j.foodchem.2012.07.097

MIKYŠKA, A., J. PROKEŠ and S. BĚLÁKOVÁ. 2010: The influence of barley origin and malting technology on ferulic acid content in barley and malt. *Kvasný průmysl*. roč. 56, č. 3, s. 145–151.

MITSOU, E. K. K., N. PANOPOULOU, K. TURUNEN, V. SPILLOTIS and A. KYRIACOU. 2010: Prebiotic potential of barley derived β -glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*. roč. 43, č. 4, s. 1086–1092. ISSN 0963-9969. doi:10.1016/j.foodres.2010.01.020

MORIARTEY, S., F. TEMELLI and T. VASANTHAN. 2011: Effect of storage conditions on the solubility and viscosity of β -glucan extracted from bread under in vitro conditions. *Journal of Food Science*. roč. 76, č. 1, s. C1–C7. ISSN 1750-3841. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01920.x

MRKVICOVÁ, E. 2006: Nutriční hodnocení komplexu vlákniny z pohledu trávení. In: ZEMAN, L. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 1. Praha: Profi Press. s. 93–99. ISBN 9788086726175.

NEWMAN, C.W. and R.K. NEWMAN. 2005: Hulled Barley for Food and Feed. In ABDEL-AAL., E. and P. J. WOOD. *Specialty Grains for Food and Feed*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists, Inc. 413 s. ISBN 1891127411.

NEWMAN, R. K. and C. W. NEWMAN. 2008: *Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products*. 1st. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. 245 s. ISBN 9780470102497.

NIÑO-MEDINA, G., E. CARVAJAL-MILLÁN, A. RASCON-CHU, J. A. MARQUEZ-ESCALANTE, V. GUERRERO and E. SALAS-MUÑOZ. 2009: Feruloylated arabinoxylans and arabinoxylan gels: structure, sources and applications. *Phytochemistry Reviews*. roč. 9, č. 1, s. 111–120. ISSN 1568-7767. doi:10.1007/s11101-009-9147-3

O'SHEA, C. J., D. A. GAHAN, M. B. LYNCH, J. J. CALLAN and J. V. O'DOHERTY. 2010: Effect of β -glucan source and exogenous enzyme supplementation on intestinal fermentation and manure odour and ammonia emissions from finisher boars. *Livestock Science*. roč. 134, č. 1-3, s. 194–197. ISSN 18711413. doi:10.1016/j.livsci.2010.06.139

O'SHEA, C. J., T. SWEENEY, M. B. LYNCH, D. A. GAHAN, B. A. FLYNN and J. V. O'DOHERTY. 2011: The effect of introducing purified β -glucans to a wheat-based diet on total tract digestibility and gaseous manure emissions from pigs as compared with consumption of a β -glucan-rich, barley-based diet. *Animal Feed Science and Technology*. roč. 165, č. 1-2, s. 95–104. ISSN 03778401. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.02.012

OSCARSSON, M., R. ANDERSSON, A. C. SALOMONSSON and P. ÅMAN. 1996: Chemical Composition of Barley Samples Focusing on Dietary Fibre Components. *Journal of Cereal Science*. roč. 24, č. 2, s. 161–170. ISSN 07335210. doi:10.1006/jcers.1996.0049

PANFILI, G., A. FRATIANNI, T. D. CRISCIO and E. MARCONI. 2008: Tocol and β -glucan levels in barley varieties and in pearling by-products. *Food Chemistry*. roč. 107, č. 1, s. 84–91. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.043

PATEL, S. and A. GOYAL. 2012: The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. *3 Biotech*. roč. 2, č. 2, s. 115–125. ISSN 2190-572X. doi:10.1007/s13205-012-0044-x

PAULÍČKOVÁ, I., J. EHRENBERGEROVÁ, V. FIEDLEROVÁ, D. GABROVSKÁ, P. HAVLOVÁ, M. HOLASOVÁ, J. KOPÁČEK, J. OUHRABKOVÁ, J. PINKROVÁ, J. RYSOVÁ, K. VACULOVÁ and R. WINTEROVÁ. 2007: Evaluation of barley grass as a potential source of some nutritional substances. *Czech Journal of Food Sciences*. roč. 25, č. 2, s. 65–72.

PETR, J. and V. PSOTA. 2007: Barley varieties in ecological farming and their utilisation. In: *Sborník z konference „Ekologické zemědělství 2007“, 6.-7.2. 2007*. Praha. s. 102–106.

PETR, J. and H. REISNEROVÁ. 2009: Mycotoxins occurrence in organic farming cereal crops. *Scientia Agriculturae Bohemica*. roč. 40, č. 4, s. 189–195.

PIEPER, R., J. BINDELLE, G. MALIK, J. MARSHALL, B. G. ROSSNAGEL, P. LETERME and A. G. VAN KESSEL. 2012: Influence of different carbohydrate composition in barley varieties on *Salmonella Typhimurium* var. Copenhagen colonisation in a “Trojan” challenge model in pigs. *Archives of Animal Nutrition*. roč. 66, č. 3, s. 163–179. ISSN 1745039X.

PLACINTA, C. M., J. P. F. D'MELLO and A. M. C. MACDONALD. 1999: A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*. roč. 78, č. 1-2, s. 21–37. ISSN 03778401. doi:10.1016/S0377-8401(98)00278-8

PRITCHARD, J. R., G. J. LAWRENCE, O. LARROQUE, Z. LI, H. K. LAIDLAW, M. K. MORELL and S. RAHMAN. 2011: A survey of β -glucan and arabinoxylan content in wheat. *Journal of the science of food and agriculture*. roč. 91, č. 7, s. 1298–303. ISSN 1097-0010. doi:10.1002/jsfa.4316

PRÝMA, J., J. EHRENBERGEROVÁ, N. BELCREDIOVÁ and K. VACULOVÁ. 2007: Tocol Content in Barley. *Acta Chimica Slovenica*. roč. 54, s. 102–105.

PSOTA, V. and J. EHRENBERGEROVÁ. 2008: Ječmen. In: PRUGAR, J. et al. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV. 327 s. ISBN 9788086576282.

PSOTA, V. 2009: Odrůdy ječmene doporučené pro výrobu “Českého piva.” In: *Sborník z konference „Sladovnický ječmen - regulace tvorby výnosu a kvality“*, 9.-13.2.2009. Brno: MZLU Brno, ISBN 978-80-213-1890-8, s. 13–14.

PSOTA, V. 2010. *Ječmenářská ročenka 2010: Barley Year Book*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. 243 s. ISBN 978-80-86576-39-8.

PSOTA, V. 2012: *Ječmenářská ročenka 2012: Barley Year Book*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s. 344 s. ISBN 978-80-86576-44-2.

PSOTA, V. and K. KOSAŘ. 2002: Ukazatel sladovnické jakosti. *Kvasný průmysl*. roč. 48, č. 6, s. 142–148.

RAKHA, A., L. SAULNIER, P. AMAN and R. ANDERSSON. 2012: Enzymatic fingerprinting of arabinoxylan and β -glucan in triticale, barley and tritordeum grains. *Carbohydrate Polymers*. roč. 90, č. 3, s. 1226–1234. ISSN 1879-1344. doi:10.1016/j.carbpol.2012.06.054

SALAS-SALVADÓ, J., M. BULLÓ, A. PÉREZ-HERAS and E. ROS. 2006: Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases. *British Journal of Nutrition*. roč. 96, č. S2, s. S45–S51. ISSN 0007-1145. doi:10.1017/BJN20061863

SAMUELSEN, A. B., A. RIEDER, S. GRIMMER, T. E. MICHAELSEN and S. H. KNUTSEN. 2011: Immunomodulatory activity of dietary fiber: arabinoxylan and mixed-linked Beta-glucan isolated from barley show modest activities in vitro. *International Journal of Molecular Sciences*. roč. 12, č. 1, s. 570–587. ISSN 1422-0067. doi:10.3390/ijms12010570

SANCHEZ, J. I., M. MARZORATI, C. GROOTAERT, M. BARAN, V. VAN CRAEYVELD, C. M. COURTIN, W. F. BROEKAERT, J. A. DELCOUR, W. VERSTRAETE and T. VAN DE WIELE. 2009: Arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) affect the protein/carbohydrate fermentation balance and microbial population dynamics of the Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem. *Microbial Biotechnology*. roč. 2, č. 1, s. 101–113. ISSN 1751-7915. doi:10.1111/j.1751-7915.2008.00064.x

SHARIFI, S. D., F. SHARIATMADARI and A. YAGHOBFAR. 2012: Effects of Inclusion of Hull-Less Barley and Enzyme Supplementation of Broiler Diets on Growth Performance, Nutrient Digestion and Dietary Metabolisable Energy Content. *Journal of Central European Agriculture*. roč. 13, č. 1, s. 193–207. ISSN 1332-9049. doi:10.5513/JCEA01/13.1.1035

SHIMIZU, C., M. KIHARA, S. AOE, S. ARAKI, K. ITO, K. HAYASHI, J. WATARI, Y. SAKATA and S. IKEGAMI. 2008: Effect of high beta-glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men--a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*. roč. 63, č. 1, s. 21–5. ISSN 0921-9668. doi:10.1007/s11130-007-0064-6

SCHEFFLER, A. and C. W. BAMFORTH. 2005: Exogenous β -glucanases and pentosanases and their impact on mashing. *Enzyme and Microbial Technology*. roč. 36, č. 5-6, s. 813–817. ISSN 01410229. doi:10.1016/j.enzmictec.2005.01.009

SCHROEDER, N., D. D. GALLAHER, E. A. ARNDT and L. MARQUART. 2009: Influence of whole grain barley, whole grain wheat, and refined rice-based foods on short-term satiety and energy intake. *Appetite*. roč. 53, č. 3, s. 363–369. ISSN 1095-8304. doi:10.1016/j.appet.2009.07.019

SLAVIN, J. L. 2005: Dietary fiber and body weight. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*. roč. 21, č. 3, s. 411–418. ISSN 0899-9007. doi:10.1016/j.nut.2004.08.018

SMITH, J. W. and P. B. HAMILTON. 1970: Aflatoxicosis in the Broiler Chicken., *Poultry Science*. roč. 49, č. 1, s. 207–215. ISSN 0032-5791. doi:10.3382/ps.0490207

SMITH, K. N., K. M. QUEENAN, W. THOMAS, R. G. FULCHER and J. L. SLAVIN. 2008: Physiological effects of concentrated barley beta-glucan in mildly hypercholesterolemic adults. *Journal of the American College of Nutrition*. roč. 27, č. 3, s. 434–440. ISSN 1541-1087.

SUZUKI, Y., M. KITAGAWA, J. P. KNOX and I. YAMAGUCHI. 2002: A role for arabinogalactan proteins in gibberellin-induced alpha-amylase production in barley aleurone cells. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*. roč. 29, č. 6, s. 733–41. ISSN 0960-7412.

ŠÁLKOVÁ, T., J. BENEŠ, V. KOMÁRKOVÁ and Z. VANĚČEK. 2012: History of Barley (*Hordeum vulgare*) in Central Europe according to Archaeobotanical Findings. *Kvasný průmysl*. roč. 58, č. 7-8, s. 215–227.

ŠKRBIĆ, B., S. MILOVAC, D. DODIG and B. FILIPČEV. 2009: Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. *Food Chemistry*. roč. 115, č. 3, s. 982–988. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.028

TIWARI, U. and E. CUMMINS. 2008: A predictive model of the effects of genotypic, pre- and postharvest stages on barley β -glucan levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. roč. 88, č. 13, s. 2277–2287. ISSN 00225142. doi:10.1002/jsfa.3346

TOVAR, J., A. NILSSON, M. JOHANSSON, R. EKESBO, A. M. ABERG, U. JOHANSSON and I. BJÖRCK. 2012: A diet based on multiple functional concepts improves cardiometabolic risk parameters in healthy subjects. *Nutrition & Metabolism*. roč. 9, č. 1, s. 29. ISSN 1743-7075. doi:10.1186/1743-7075-9-29

ULLRICH, S. E. (ed.) 2010: *Barley: Production, Improvement, and Uses*. Ames, IA, USA: Wiley-Blackwell. 637 s. ISBN 0470958626.

VACULOVÁ, K. 2006: Ječmen krmný. In: ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. Praha.: Profi Press. s. 178–191. ISBN 9788086726182.

VACULOVÁ, K., M. BALOUNOVÁ, I. SEDLÁČKOVÁ, F. KVASNIČKA, R. MIKULÍKOVÁ, S. BĚLÁKOVÁ, M. POUCH and J. EHRENBERGEROVÁ. 2011: *Metodika prebreedingu ječmene jarního nesladovnického typu*. 1. Kroměříž: Agrotest fyto, s.r.o. 46 s. ISBN 9788087555002.

VACULOVÁ, K., O. JIRSA, M. BALOUNOVÁ and I. SEDLÁČKOVÁ. 2012: Evaluation of chemical and technological properties of grain and milling fractions of hulless barley for bakery use. In: *Proceedings of the 6th International Congress Flour-Bread '11. 8th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija, Croatia, 12-14 October, 2011*. s. 467–473

VELÍŠEK, J. 2002: *Chemie potravin: 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS. 331 s. ISBN 9788086659008.

VIĚTOR, R. J., A. G. J. VORAGEN and S. A. G. F. ANGELINO. 1993: Composition of non-starch polysaccharides in wort and spent grain from brewing trials with malt from a good malting quality barley and a feed barley. *Journal of the Institute of Brewing*. roč. 99, č. 3, s. 243–248. ISSN 00469750. doi:10.1002/j.2050-0416.1993.tb01167.x

VITAGLIONE, P., R. B. LUMAGA, A. STANZIONE, L. SCALFI and V. FOGLIANO. 2009: Beta-glucan-enriched bread reduces energy intake and modifies plasma ghrelin and peptide YY concentrations in the short term. *Appetite*. roč. 53, č. 3, s. 338–344. ISSN 1095-8304. doi:10.1016/j.appet.2009.07.013

WANG, J., G. ZHANG, J. CHEN and F. WU. 2004: The changes of β -glucan content and β -glucanase activity in barley before and after malting and their relationships to malt qualities. *Food Chemistry*. roč. 86, č. 2, s. 223–228. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.020

WOLEVER, T. M. S., A. L. GIBBS, J. BRAND-MILLER, A. M. DUNCAN, V. HART, B. LAMARCHE, S. M. TOSH and R. DUSS. 2011: Bioactive oat β -glucan reduces LDL cholesterol in Caucasians and non-Caucasians. *Nutrition journal*. roč. 10, č. 1, s. 130–134. ISSN 1475-2891. doi:10.1186/1475-2891-10-130

YALÇIN, E., S. ÇELİK, T. AKAR, I. SAYIM and H. KÖKSEL. 2007: Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barleys grown in Turkey. *Food Chemistry*. roč. 101, č. 1, s. 171–176. ISSN 03088146. doi:10.1016/j.foodchem.2006.01.010

ZHANG, G., J. CHEN, J. WANG and S. DING. 2001: Cultivar and Environmental Effects on (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -D-Glucan and Protein Content in Malting Barley. *Journal of Cereal Science*. roč. 34, č. 3, s. 295–301. ISSN 07335210. doi:10.1006/jcrs.2001.0414

ZHANG, G., W. JUNMEI and C. JINXIN. 2002: Analysis of β -glucan content in barley cultivars from different locations of China. *Food Chemistry*. roč. 79, č. 2, s. 251–254. ISSN 03088146. doi:10.1016/S0308-8146(02)00127-9

ZHANG, X. Q., D. W. XUE, F. B. WU and G. P. ZHANG. 2013: Genotypic and Environmental Variations of Arabinoxylan Content and Endoxylanase Activity in Barley Grains. *Journal of Integrative Agriculture*. roč. 12, č. 8, s. 1489–1494. ISSN 20953119. doi:10.1016/S2095-3119(13)60555-9

ZIMOLKA, J. 2006: *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. Praha.: Profi Press. 200 s. ISBN 9788086726182.

Online zdroje:

FAOSTAT, The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>

ČSÚ, Český statistický úřad, www.czso.cz

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 VÝVOJ OSEVNÍCH PLOCH JEČMENE V ČESKÉ REPUBLICE V LETECH 2003 AŽ 2013 (ČSÚ)	16
OBR. 2 BILANCE SPOTŘEBY JEČMENE V ČESKÉ REPUBLICE V MARKETINGOVÝCH LETECH 2008/2009 AŽ 2013/2014 (KŮST, POTMĚŠILOVÁ 2013)	18
OBR. 3 CHEMICKÁ STRUKTURA FERULOVANÉHO ARABINOXYLANU (NIÑO-MEDINA ET AL. 2009)	26
OBR. 4 CHEMICKÁ STRUKTURA JEČNÉHO BETA-GLUKANU SE SMÍŠENÝMI B-(1→3) A (1→4) VAZBAMI (HAVRLENTOVÁ, PETRULÁKOVÁ 2011)	29
OBR. 5 POLNÍ POKUS S ODRŮDAMI/LINIEMI JEČMENE JARNÍHO PŘED SKLIZNÍ (ŽABČICE, 16.7.2011)	44
OBR. 6 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V LETECH 2009 AŽ 2011 NA LOKALITĚ BRANIŠOVICE	45
OBR. 7 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V LETECH 2009 AŽ 2011 NA LOKALITĚ KROMĚŘÍŽ	45
OBR. 8 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY V LETECH 2009 AŽ 2011 NA LOKALITU ŽABČICE	46
OBR. 9 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY NA LOKALITĚ KROMĚŘÍŽ	46
OBR. 10 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY NA LOKALITĚ STAŇKOV	47
OBR. 11 POVĚTRNOSTNÍ PODMÍNKY NA LOKALITĚ ŽATEC	47
OBR. 12 BEZPLUCHÉ OBILKY JEČMENE (ODRŮDA AF LUCIUS)	51
OBR. 13 PLUCHATÉ OBILKY JEČMENE (ODRŮDA BOJOS)	51
OBR. 14 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT, OŠETŘENÍ A ROKŮ)	60
OBR. 15 OBSAH ARABINOXYLANŮ V RŮZNÝCH INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, LOKALIT A ROKŮ)	61
OBR. 16 OBSAH ARABINOXYLANŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, OŠETŘENÍ A ROKŮ)	62
OBR. 17 OBSAH ARABINOXYLANŮ V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, OŠETŘENÍ A LOKALIT)	62
OBR. 18 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT A ROKŮ)	64
OBR. 19 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ NA TŘECH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A ROKŮ)	65
OBR. 20 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ V JEDNOTLIVÝCH LETECH PĚSTOVÁNÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	67
OBR. 21 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU Z JEDNOTLIVÝCH LOKALIT VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A ROKŮ)	68
OBR. 22 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU V LETECH 2009 AŽ 2011 VE DVOU INTENZITÁCH PĚSTOVÁNÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A LOKALIT)	69
OBR. 23 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU ZE TŘÍ LOKALIT V LETECH 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A OŠETŘENÍ)	70
OBR. 24 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI GENOTYPŮ PODLE OBSAHU ARABINOXYLANŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ; POČET PŘÍPADŮ 36)	71
OBR. 25 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ)	73
OBR. 26 OBSAH BETA-GLUKANŮ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, LOKALIT A ROKŮ)	74
OBR. 27 OBSAH BETA-GLUKANŮ ZE TŘÍ SLEDOVANÝCH LOKALIT (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, OŠETŘENÍ A ROKŮ)	75
OBR. 28 OBSAH BETA-GLUKANŮ V LETECH 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, LOKALIT A OŠETŘENÍ)	75
OBR. 29 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT A ROKŮ PĚSTOVÁNÍ)	76
OBR. 30 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ ZE TŘÍ LOKALIT (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A ROKŮ)	78
OBR. 31 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ V LETECH 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	80
OBR. 32 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A ROKŮ)	82

OBR. 33 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011 VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A LOKALIT)	82
OBR. 34 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A OŠETŘENÍ)	83
OBR. 35 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI GENOTYPŮ PODLE OBSAHU BETA-GLUKANŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ; POČET PŘÍPADŮ 36)	85
OBR. 36 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ)	87
OBR. 37 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, LOKALIT A ROKŮ)	88
OBR. 38 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ ZE TŘÍ SLEDOVANÝCH LOKALIT (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, OŠETŘENÍ A ROKŮ)	89
OBR. 39 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ VE TŘECH LETECH PĚSTOVÁNÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ, OŠETŘENÍ A LOKALIT)	89
OBR. 40 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI GENOTYPŮ PODLE OBSAHU OBOU NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ; POČET PŘÍPADŮ 72)	90
OBR. 41 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	92
OBR. 42 OBSAH ARABINOXYLANŮ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A LOKALIT)	93
OBR. 43 OBSAH ARABINOXYLANŮ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A ROKŮ)	93
OBR. 44 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT)	94
OBR. 45 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ)	95
OBR. 46 OBSAH ARABINOXYLANŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU ÚROVNÍCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD)	96
OBR. 47 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI GENOTYPŮ PODLE OBSAHU ARABINOXYLANŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A LET; POČET PROMĚNNÝCH 4)	96
OBR. 48 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	98
OBR. 49 OBSAH BETA-GLUKANŮ VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A LOKALIT)	98
OBR. 50 OBSAH BETA-GLUKANŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU ODRŮD A OŠETŘENÍ)	99
OBR. 51 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT)	100
OBR. 52 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ)	101
OBR. 53 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ)	102
OBR. 54 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI GENOTYPŮ PODLE OBSAHU BETA-GLUKANŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A LET; POČET PROMĚNNÝCH 4)	102
OBR. 55 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	104
OBR. 56 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A LOKALIT)	104
OBR. 57 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU ODRŮD A OŠETŘENÍ)	105
OBR. 58 SHLUKOVÁ ANALÝZA PODOBNOSTI ODRŮD PODLE OBSAHU OBOU NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A LET; POČET PROMĚNNÝCH 8)	105

10 SEZNAM TABULEK

TAB. 1 PRODUKCE OBILNIN VE SVĚTĚ V ROCE 2012 (V MILIONECH TUN)	16
TAB. 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILKY JEČMENE [%] (MACGREGOR, BHATTY 1993)	21
TAB. 3 SLOŽENÍ PLUCHATÉHO A BEZPLUCHÉHO ZRNA WAXY A NONWAXY GENOTYPŮ JEČMENE (NEWMAN, NEWMAN 2005)	23
TAB. 4 OBSAH ARABINOXYLANŮ A BETA-GLUKANŮ [%] V ZRNU VYBRANÝCH OBILNIN (IZYDORCZYK, DEXTER 2008)	25
TAB. 5 OPTIMÁLNÍ HRANICE PARAMETRŮ USJ A JEJICH VÁHA PRO ZHODNOCENÍ (PSOTA, KOSAŘ 2002)	36
TAB. 6 SLADOVNICKÉ PARAMETRY JEČMENE URČENÉHO PRO VÝROBU ČESKÉHO PIVA (PSOTA 2012)	37
TAB. 7 DATA VÝSEVŮ A SKLIZNÍ JEČMENE JARNÍHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH	49
TAB. 8 DATA VÝSEVŮ A SKLIZNÍ JEČMENE OZIMÉHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH	49
TAB. 9 FUNGICIDY POUŽITÉ V OŠETŘENÝCH VARIANTÁCH JEČMENE JARNÍHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH V LETECH 2009 AŽ 2011	49
TAB. 10 FUNGICIDY A JINÉ PŘÍPRAVKY POUŽITÉ V OŠETŘENÝCH VARIANTÁCH JEČMENE OZIMÉHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH (ROK 2011)	49
TAB. 11 POUŽITÉ ODRŮDY/LINIE JEČMENE JARNÍHO	50
TAB. 12 POUŽITÉ ODRŮDY JEČMENE OZIMÉHO	50
TAB. 13 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU ARABINOXYLANŮ V SOUBORU ODRŮD/LINIÍ JEČMENE JARNÍHO	59
TAB. 14 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ [%] V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT A ROKŮ)	64
TAB. 15 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ [%] V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ NA TŘECH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A ROKŮ)	66
TAB. 16 PRŮMĚRNÝ OBSAH ARABINOXYLANŮ [%] V OBILKÁCH VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ V JEDNOTLIVÝCH LETECH PĚSTOVÁNÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	68
TAB. 17 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU BETA-GLUKANŮ VE SLEDOVANÉM SOUBORU ODRŮD/LINIÍ JEČMENE JARNÍHO	72
TAB. 18 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU LOKALIT A ROKŮ PĚSTOVÁNÍ)	77
TAB. 19 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ ZE TŘÍ LOKALIT (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A ROKŮ)	79
TAB. 20 PRŮMĚRNÝ OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU ODRŮD/LINIÍ V LETECH 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	81
TAB. 21 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V SOUBORU ODRŮD/LINIÍ JEČMENE JARNÍHO	86
TAB. 22 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU ARABINOXYLANŮ V SOUBORU ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO	91
TAB. 23 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU BETA-GLUKANŮ V SOUBORU ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO	97
TAB. 24 ANALÝZA VARIANCE OBSAHU NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V SOUBORU ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO	103
TAB. 25 POROVNÁNÍ ROZSAHU ZJIŠTĚNÝCH PRŮMĚRNÝCH HODNOT ARABINOXYLANŮ A BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE S HODNOTAMI UVEDENÝCH V LITERÁRNÍCH ZDROJÍCH	106

11 SEZNAM ZKRATEK

CZE - Česká republika

č.ž. - Čistých živin

ČSÚ - Český statistický úřad

DEU - Německo

DNK - Dánsko

EU - Evropská unie

EFSA - European Food Safety Authority - Evropský úřad pro bezpečnost potravin

FAO - Food and Agriculture Organization - Organizace OSN pro výživu a zemědělství

FAOSTAT - The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database -
Statistická databáze FAO

FDA - Food and Drug Administration - Americký úřad pro kontrolu potravin a léčiv

FIA - Flow Injection Analysis

HTS - Hmotnost tisíce semen

CHZO - Chráněné zeměpisné označení

KM Linie - Linie vyšlechtěné v Zemědělské výzkumném ústavu Kroměříž, s.r.o.

LDL - Low Density Lipoprotein

MENDELU - Mendelova univerzita v Brně

NDA - Nutrition and Allergies - Vědecký panel EFSA pro dietetické výrobky, výživu a
alergie

NLD - Nizozemsko

NSP - Non-starch Polysaccharides - neškrobové polysacharidy

os. - osoba

OSN - Organizace spojených národů

RAGT Czech, s.r.o - Rouergue Auvergne Gévaudan Tarnais, Česká republika, s.r.o.

SDO - Seznam doporučených odrůd

tis. - tisíc

USJ - Ukazatele sladovnické jakosti

VÚPS - Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s.

ÚKZÚZ - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

ZVÚ Kroměříž, s.r.o. - Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.

12 SEZNAM PŘÍLOH

TAB. 26 HERBICIDY, INSEKTICIDY A JINÉ PŘÍPRAVKY POUŽITÉ V OBOU VARIANTÁCH JEČMENE JARNÍHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH V LETECH 2009 AŽ 2011	138
TAB. 27 HERBICIDY, INSEKTICIDY A JINÉ PŘÍPRAVKY POUŽITÉ V OBOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ JEČMENE OZIMÉHO NA JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH (ROK 2011)	138
TAB. 28 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011 (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A LOKALIT)	139
TAB. 29 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A ROKŮ)	139
TAB. 30 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011 NA TŘECH LOKALITÁCH (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A DVOU ÚROVNÍ CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ)	139
TAB. 31 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU [%] VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ, NA TŘÍ LOKALITÁCH V LETECH 2009 AŽ 2011	140
TAB. 32 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU [%] VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ, NA TŘÍ LOKALITÁCH V LETECH 2009 AŽ 2011	140
TAB. 33 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ V PRŮBĚHU LET 2009 AŽ 2011	141
TAB. 34 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A ROKŮ)	141
TAB. 35 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE JARNÍHO V LETECH 2009 AŽ 2011 NA SLEDOVANÝCH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ POROSTŮ (V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ A OŠETŘENÍ)	141
TAB. 36 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V ZRNU VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ, LOKALIT A ROKŮ)	142
TAB. 37 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V PRŮMĚRU ODRŮD/LINIÍ JEČMENE JARNÍHO [%]	142
TAB. 38 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU [%] VYBRANÝCH ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ ZE TŘÍ LOKALIT	142
TAB. 39 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU JEČMENE OZIMÉHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A LOKALIT)	143
TAB. 40 OBSAH ARABINOXYLANŮ V ZRNU JEČMENE OZIMÉHO NA TŘECH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD)	143
TAB. 41 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU [%] VYBRANÝCH ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ ZE TŘÍ LOKALIT	143
TAB. 42 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE OZIMÉHO NA TŘECH LOKALITÁCH VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD)	143
TAB. 43 OBSAH BETA-GLUKANŮ V ZRNU JEČMENE OZIMÉHO VE DVOU INTENZITÁCH CHEMICKÉHO OŠETŘENÍ (V PRŮMĚRU ODRŮD A LOKALIT)	144
TAB. 44 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V ZRNU ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO (V PRŮMĚRU OŠETŘENÍ A LOKALIT)	144
TAB. 45 OBSAH NEŠKROBOVÝCH POLYSACHARIDŮ V PRŮMĚRU ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO [%]	144
TAB. 46 VÝNOS ZRNA (T.HA ⁻¹) NA TŘECH LOKALITÁCH VE DVOU SYSTÉMECH OŠETŘENÍ V LETECH 2009 AŽ 2011 U VYBRANÝCH ODRŮD/LINIÍ JEČMENE JARNÍHO [%]	145
TAB. 47 VÝNOS ZRNA (T.HA ⁻¹) NA TŘECH LOKALITÁCH VE DVOU SYSTÉMECH OŠETŘENÍ V ROCE 2011 U VYBRANÝCH ODRŮD JEČMENE OZIMÉHO [%]	145

13 PŘÍLOHY

Tab. 26 Herbicidy, insekticidy a jiné přípravky použité v obou variantách ječmene jarního na jednotlivých lokalitách v letech 2009 až 2011

Lokalita/rok	Herbicidy	Insekticidy a jiné přípravky
Branišovice		
2009	22.4. Granstar 75 WG (20 g.ha ⁻¹)	22.4. Fury 10 EW (0,1 l.ha ⁻¹)
2010	–	–
2011	6.5. Sekator OD (0,15 l.ha ⁻¹)	–
Kroměříž		
2009	4.5. Granstar 75 WG (25 g.ha ⁻¹), Starane 250 EC (0,6 l.ha ⁻¹), Lontrel 300 (0,3 l.ha ⁻¹)	–
2010	11.5. Axial (0,3 l.ha ⁻¹)	11.5. Adigor* (1,35 l.ha ⁻¹)
2011	2.5. Granstar 75 WG (20 g.ha ⁻¹), Starane 250 EC (0,6 l.ha ⁻¹), Lontrel 300 (0,3 l.ha ⁻¹) 20.5. Axial (0,45 l.ha ⁻¹)	20.5. Adigor* (1,35 l.ha ⁻¹) 13.6. Nudelle D (0,6 l.ha ⁻¹)
Žabčice		
2009	11.05. Logran 20 WG (30 g.ha ⁻¹), Banvel 480 S (0,2 l.ha ⁻¹)	Roundup Klasik** (3,0 l.ha ⁻¹)
2010	28.4. Mustang Forte (0,8 l.ha ⁻¹)	15.6. Nudelle D (0,6 l.ha ⁻¹)
2011	30.4. Lintur 70WG (150 g.ha ⁻¹) 20.5. Puma Extra (0,8 l.ha ⁻¹)	7.6. Nudelle D (0,6 l.ha ⁻¹)

Pozn.: * Smáčedlo; ** Desikace.

Tab. 27 Herbicidy, insekticidy a jiné přípravky použité v obou intenzitách chemického ošetření ječmene ozimého na jednotlivých lokalitách (rok 2011)

Lokalita	Herbicidy	Insekticidy a jiné přípravky
Kroměříž	3.11.2010 Maraton (2,0 l.ha ⁻¹), Glean 75 WG (0,01 kg.ha ⁻¹)	3.11.2010 Nurelle D (0,6 l.ha ⁻¹)
Staňkov	15.11.2010 Lentipur 500 FW (1,75 l.ha ⁻¹), 7.4.2011 Aurora 40 WG (0,05 kg.ha ⁻¹), 18.5.2011 Starane 250 EC (0,8 l.ha ⁻¹), Agritox 50 SL (1,0 l.ha ⁻¹)	14.10.2010 Mesuroi Schneckenkorn* (5,0 kg.ha ⁻¹), 15.11.2010 Perfekthion (1,0 l.ha ⁻¹), 18.5.2011 Perfekthion (1,0 l.ha ⁻¹)
Žatec	15.11.2010 Sekator OD (0,3 kg.ha ⁻¹), 18.4.2011 Sekator OD (0,15 l.ha ⁻¹), Agritox 50 SL (1,0 l.ha ⁻¹)	15.11.2010 Perfekthion (1,0 l.ha ⁻¹) 18.5.2011 Nurelle D (0,6 l.ha ⁻¹)

Pozn.: *Přípravek ve formě návnady proti slimákům a plzákům.

Tab. 28 Obsah arabinoxylanů v zrně ječmene jarního ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů v průběhu let 2009 až 2011 (v průměru odrůd/linií a lokalit)

Intenzita ošetření	Rok	Arabinoxylany [%]	
Ošetřeno	2009	4,81 b	4,48 a
	2010	4,30 a	
	2011	4,34 a	
Neošetřeno	2009	4,85 b	4,79 b
	2010	4,74 b	
	2011	4,78 b	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 29 Obsah arabinoxylanů v zrně ječmene jarního na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů (v průměru odrůd/linií a roků)

Lokalita	Intenzita ošetření	Arabinoxylany [%]	
Branišovice	ošetřeno	4,59 b	4,70 b
	neošetřeno	4,80 de	
Kroměříž	ošetřeno	4,19 a	4,45 a
	neošetřeno	4,72 cd	
Žabčice	ošetřeno	4,67 bc	4,76 b
	neošetřeno	4,85 e	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 30 Obsah arabinoxylanů v zrně ječmene jarního v průběhu let 2009 až 2011 na třech lokalitách (v průměru odrůd/linií a dvou úrovní chemického ošetření)

Rok	Lokalita	Arabinoxylany [%]	
2009	Branišovice	4,97 d	4,83 b
	Kroměříž	4,69 bc	
	Žabčice	4,83 cd	
2010	Branišovice	4,40 a	4,52 a
	Kroměříž	4,38 a	
	Žabčice	4,79 bc	
2011	Branišovice	4,73 bc	4,56 a
	Kroměříž	4,29 a	
	Žabčice	4,66 b	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Oš. – ošetřeno, Neoš. – neošetřeno.

Tab. 31 Obsah arabinoxylanů v zrně [%] vybraných odrůd/linií ve dvou intenzitách chemického ošetření, na třech lokalitách v letech 2009 až 2011

Odrůda/linie	Ošetření		Lokalita			Rok			Průměr
	Neošetřeno	Ošetřeno	Branišovice	Kroměříž	Žabčice	2009	2010	2011	
AF Lucius	4,02 bc	3,68 a	4,02 cd	3,92 bc	3,60 a	4,28 bcd	3,65 a	3,61 a	3,85 a
Aksamit	5,02 hi	4,57 f	5,09 klm	4,04 cd	5,25 m	4,68 fghij	4,49 defgh	5,21 kl	4,79 de
Blaník	5,26 j	4,30 e	4,38 ef	4,77 ghij	5,19 lm	4,95 jk	4,92 j	4,47 defg	4,78 de
Bojos	4,49 ef	4,06 cd	4,16 cde	3,68 ab	4,97 ijklm	4,08 bc	4,33 bcde	4,41 def	4,27 c
Jersey	4,85 h	4,47 ef	5,15 klm	4,18 cde	4,65 fgh	4,79 ij	4,37 de	4,82 ij	4,66 d
Kangoo	4,95 h	4,45 ef	4,72 ghi	4,76 ghi	4,63 fgh	4,82 ij	4,70 ghij	4,58 efghi	4,70 d
KM 1057	6,25 k	6,07 k	6,37 o	5,92 n	6,19 no	6,43 n	5,50 m	6,55 n	6,16 f
KM 2084	3,82 ab	4,29 e	4,05 cd	4,19 cde	3,92 bc	4,37 cde	4,05 b	3,74 a	4,05 b
KM 2283	4,02 bc	4,27 de	4,08 cd	4,25 de	4,09 cd	4,46 defg	4,35 cde	3,61 a	4,14 bc
Radegast	4,81 gh	4,59 fg	4,62 fgh	4,54 fg	4,94 ijkl	4,79 ij	4,77 hij	4,54 defghi	4,70 d
Sebastian	5,21 ij	4,59 fg	5,05 jklm	4,75 ghi	4,89 hijk	5,48 lm	4,61 efghi	4,60 efghi	4,90 e

Pozn.: Hodnoty ve sloupcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, „Rok“ a „Průměr“ označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 32 Obsah beta-glukanů v zrně [%] vybraných odrůd/linií ve dvou intenzitách chemického ošetření, na třech lokalitách v letech 2009 až 2011

Odrůda/linie	Intenzita ošetření		Lokalita			Rok			Průměr
	Neošetřeno	Ošetřeno	Branišovice	Kroměříž	Žabčice	2009	2010	2011	
AF Lucius	5,02 i	4,70 h	4,65 k	4,84 mn	5,10 pq	4,73 jk	4,86 l	5,00 m	4,86 g
Aksamit	5,30 j	5,08 i	5,39 r	4,97 o	5,21 q	5,59 pq	4,79 jkl	5,19 n	5,19 h
Blaník	4,71 h	4,56 fg	4,79 lm	4,42 hi	4,68 kl	4,73 jk	4,49 gh	4,67 ij	4,63 f
Bojos	4,03 c	4,02 c	4,22 fg	3,80 c	4,06 de	4,11 e	3,70 c	4,27 f	4,03 c
Jersey	4,63 gh	4,49 f	4,93 no	4,18 ef	4,56 jk	4,59 hi	4,02 de	5,06 m	4,56 e
Kangoo	4,67 h	4,66 h	4,99 op	4,40 hi	4,60 k	4,82 kl	4,50 h	4,67 ij	4,66 f
KM 1057	3,40 a	3,34 a	3,42 b	3,26 a	3,43 b	3,42 b	3,00 a	3,70 c	3,37 a
KM 2084	6,51 n	6,30 m	6,61 v	6,21 t	6,40 u	6,58 s	6,37 r	6,27 r	6,41 j
KM 2283	5,56 k	5,67 l	5,46 r	5,42 r	5,97 s	5,55 p	5,44 o	5,87 q	5,62 i
Radegast	3,97 c	3,87 b	4,18 ef	3,80 c	3,78 c	4,04 de	3,59 c	4,13 e	3,92 b
Sebastian	4,35 e	4,22 d	4,48 ij	4,04 d	4,34 gh	4,50 h	3,98 d	4,37 fg	4,29 d

Pozn.: Hodnoty ve sloupcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, „Rok“ a „Průměr“ označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 33 Obsah beta-glukanů v zru ječmene jarního ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů v průběhu let 2009 až 2011

Intenzita ošetření	Rok	Beta-glukany [%]	
Ošetřeno	2009	4,76 c	4,63 a
	2010	4,30 a	
	2011	4,82 d	
Neošetřeno	2009	4,82 d	4,74 b
	2010	4,56 b	
	2011	4,85 d	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 34 Obsah beta-glukanů v zru ječmene jarního na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů (v průměru odrůd/linií a roků)

Lokalita	Intenzita ošetření	Beta-glukany [%]	
Branišovice	ošetřeno	4,75 c	4,83 c
	neošetřeno	4,91 e	
Kroměříž	ošetřeno	4,47 a	4,49 a
	neošetřeno	4,50 a	
Žabčice	ošetřeno	4,66 b	4,74 b
	neošetřeno	4,82 d	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$;

Tab. 35 Obsah beta-glukanů v zru ječmene jarního v letech 2009 až 2011 na sledovaných lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření porostů (v průměru odrůd/linií a ošetření)

Rok	Lokalita	Beta-glukany [%]	
2009	Branišovice	5,05 d	4,79 b
	Kroměříž	4,11 b	
	Žabčice	5,20 f	
2010	Branišovice	5,13 e	4,43 a
	Kroměříž	4,29 c	
	Žabčice	3,87 a	
2011	Branišovice	4,30 c	4,84 c
	Kroměříž	5,05 d	
	Žabčice	5,15 ef	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$;

Tab. 36 Obsah neškrobových polysacharidů v znu vybraných odrůd/linií (v průměru ošetření, lokalit a roků)

Odrůda/linie	Neškrobové polysacharidy [%]
AF Lucius	8,71 b
Aksamit	9,98 g
Blaník	9,41 e
Bojos	8,30 a
Jersey	9,22 cd
Kangoo	9,36 de
KM 1057	9,53 e
KM 2084	10,46 h
KM 2283	9,76 f
Radegast	8,62 b
Sebastian	9,18 c

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 37 Obsah neškrobových polysacharidů v průměru odrůd/linií ječmene jarního [%]

	Hlavní vlivy							
	Intenzita ošetření		Lokalita			Rok		
	Neošetřeno	Ošetřeno	Branišovice	Kroměříž	Žabčice	2009	2010	2011
Neškrobové polysacharidy	9,53 b	9,11 a	9,53 b	8,94 a	9,50 b	9,62 c	8,95 a	9,39 b

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných řádcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, a „Rok“ jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 38 Obsah arabinoxylanů v znu [%] vybraných odrůd ječmene ozimého ve dvou intenzitách chemického ošetření ze tří lokalit

Odrůda	Průměr	Intenzita ošetření		Lokalita		
		Neošetřeno	Ošetřeno	Kroměříž	Staňkov	Žatec
Breunskyliie	4,47 a	4,75 bc	4,19 a	4,60 bcd	4,71 cdef	4,11 a
Reni	4,51 a	4,74 bc	4,29 a	4,84 def	4,69 bcde	3,99 a
Wintmalt	4,30 a	4,14 a	4,46 ab	4,31 abc	4,32 abc	4,27 ab
Yatzy	5,08 b	5,35 d	4,82 c	5,10 ef	5,02 def	5,14 f

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných řádcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, a „Průměr“ jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 39 Obsah arabinoxylanů v zrně ječmene ozimého ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd a lokalit)

Intenzita ošetření	Arabinoxylany [%]
neošetřeno	4,75 a
ošetřeno	4,44 b

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 40 Obsah arabinoxylanů v zrně ječmene ozimého na třech lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd)

Lokalita	Intenzita ošetření	Obsah arabinoxylanů [%]	
Kroměříž	neošetřeno	4,75 bc	4,72 b
	ošetřeno	4,69 b	
Staňkov	neošetřeno	5,01 c	4,68 b
	ošetřeno	4,36 a	
Žatec	neošetřeno	4,48 ab	4,38 a
	ošetřeno	4,27 a	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 41 Obsah beta-glukanů v zrně [%] vybraných odrůd ječmene ozimého ve dvou intenzitách chemického ošetření ze tří lokalit

Odrůda	Průměr	Intenzita ošetření		Lokalita		
		Neošetřeno	Ošetřeno	Kroměříž	Staňkov	Žatec
Breunskyliie	4,91 c	4,76 f	5,06 g	5,25 g	4,60 e	4,87 f
Reni	4,12 b	4,06 c	4,19 d	4,26 d	4,04 c	4,07 c
Wintmalt	3,75 a	3,89 b	3,61 a	3,76 ab	3,85 b	3,63 a
Yatzy	4,20 b	4,10 cd	4,31 e	4,08 c	4,28 d	4,25 d

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných řádcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, a „Průměr“ jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 42 Obsah beta-glukanů v zrně ječmene ozimého na třech lokalitách ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd)

Lokalita	Intenzita ošetření	Obsah beta-glukanů [%]	
Kroměříž	neošetřeno	4,35 c	4,34 b
	ošetřeno	4,32 c	
Staňkov	neošetřeno	4,21 b	4,19 a
	ošetřeno	4,18 b	
Žatec	neošetřeno	4,04 a	4,21 a
	ošetřeno	4,37 c	

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných sloupcích jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 43 Obsah beta-glukanů v znu ječmene ozimého ve dvou intenzitách chemického ošetření (v průměru odrůd a lokalit)

Intenzita ošetření	Beta-glukany [%]
neošetřeno	4,20 a
ošetřeno	4,29 b

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 44 Obsah neškrobových polysacharidů v znu odrůd ječmene ozimého (v průměru ošetření a lokalit)

Odrůda	Neškrobové polysacharidy [%]
Breunskyli	9,38 c
Reni	8,67 b
Wintmalt	8,05 a
Yatzy	9,29 c

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 45 Obsah neškrobových polysacharidů v průměru odrůd ječmene ozimého [%]

	Hlavní vlivy				
	Intenzita ošetření		Lokalita		
	Neošetřeno	Ošetřeno	Kroměříž	Staňov	Žatec
Neškrobové polysacharidy	8,94 b	8,75 a	9,08 b	8,88 b	8,58 a

Pozn.: hodnoty označené různými písmeny ve stejných řádcích jednotlivých faktorů „Intenzita ošetření“, „Lokalita“, a „Rok“ jsou od sebe významně odlišné při $p = 0,05$.

Tab. 46 Výnos zrna (t.ha⁻¹) na třech lokalitách ve dvou systémech ošetření v letech 2009 až 2011 u vybraných odrůd/linií ječmene jarního [%]

Odrůda/linie	Branišovice						Kroměříž						Žabčice						Průměr
	2009		2010		2011		2009 *	2010		2011		2009		2010		2011			
	Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.		Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.	Oš.	Neoš.		
AF Lucius	5,35	3,91	4,78	4,58	8,25	7,29	5,12	4,10	4,48	6,23	5,25	3,57	3,34	4,65	4,10	5,30	5,39	5,05	
Aksamit	6,83	5,61	6,63	5,58	8,41	8,39	5,36	4,94	6,93	7,60	6,14	2,47	2,48	6,40	5,55	6,96	7,25	6,05	
Blaník	6,65	5,77	5,73	5,56	9,41	8,00	4,62	5,33	7,00	6,98	5,41	3,69	2,34	5,71	5,54	6,45	6,56	5,85	
Bojos	7,26	5,57	6,79	6,19	10,02	9,29	6,10	5,72	7,02	7,85	6,17	5,11	3,55	6,58	5,98	6,89	6,83	6,61	
Jersey	6,65	4,87	6,31	6,26	8,92	7,27	5,29	5,60	6,15	7,30	5,63	3,84	1,96	6,12	5,59	6,91	6,90	5,94	
Kango	7,12	5,67	6,98	6,20	9,73	8,20	6,07	5,33	6,43	7,57	6,32	4,32	3,92	6,02	5,08	6,44	6,45	6,33	
KM 1057	3,78	2,55	3,74	3,73	6,15	7,00	4,44	2,78	4,20	4,59	4,21	2,96	2,35	3,72	3,56	4,69	4,99	4,11	
KM 2084	5,65	4,33	5,44	5,62	7,98	7,35	4,95	3,98	4,96	5,54	4,97	3,62	3,54	5,34	4,31	4,99	5,08	5,14	
KM 2283	4,62	3,99	5,90	5,58	7,95	7,72	5,44	5,10	6,29	6,58	6,15	4,62	4,23	6,24	5,55	6,56	6,64	5,81	
Radegast	7,14	5,13	6,24	6,01	9,66	9,59	5,07	5,25	5,98	6,91	6,28	4,15	4,67	6,29	5,36	6,66	7,00	6,25	
Sebastian	5,90	5,29	7,17	5,76	8,95	9,07	5,49	6,13	6,36	7,48	5,84	4,52	2,51	5,67	5,31	6,71	6,93	6,14	

* - průměr za ošetřené a neošetřené varianty

Pozn.: Oš. - ošetřeno, Neoš. - neošetřeno.

Tab. 47 Výnos zrna (t.ha⁻¹) na třech lokalitách ve dvou systémech ošetření v roce 2011 u vybraných odrůd ječmene ozimého [%]

Odrůda	Lokalita					
	Kroměříž		Staňkov		Žatec*	
	Ošetřeno	Neošetřeno	Ošetřeno	Neošetřeno	Ošetřeno	Neošetřeno
Yatzy	10,09	7,57	8,52	7,17	-	-
Wintmalt	9,97	8,38	8,75	8,12	-	-
Breunskyli	11,11	9,71	8,95	7,7	-	-
Reni	10,94	10,27	7,75	7,8	-	-

* - chybějící data

Zdroj: ÚKZÚZ; www.eagri.cz/public/web/ukzuz/portal

Macháň, P. 2014: The Influence of genotype and environment on variability and contents of arabinoxylans and beta-glucans in spring barley grain. Ph.D. Thesis, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, 146 p.

14 ANNOTATION

Barley is traditionally used for malt production, but also as feed and food. For this use, content of non-starch polysaccharides is a limiting quality parameter. The aim of this dissertation thesis was to determine impact of varieties/lines, environment (localities and years) and growing technologies on beta-glucan and arabinoxylan content and variability in the set of hulled and hull-less varieties and lines of spring and winter barley. A significant difference between growing technologies, localities, years and genotypes and their interactions was found. Genotypes suitable for malt production, food and feed usage were identified. Spring barley grown in system with fungicide treatment provided in average grain with significantly lower levels of both non-starch polysaccharides, than the system without fungicide treatment.