

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra ochrany rostlin**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Charakteristika odrůd a linií ječmene jarního z hlediska  
rezistence k fuzarióze klasu**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Zuzana Lišková  
Rostlinolékařství (ATZL)**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Ryšánek, CSc.  
Konzultant: Ing. Jana Chrpová, CSc.**

© 2021 ČZU v Praze



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Charakteristika odrůd a linií ječmene jarního z hlediska rezistence k fuzarióze klasu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. května 2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Janě Chrpové, CSc. a dalším členům týmu Genetika a šlechtitelské metody ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v. v. i. za pomoc a vedení při praktické i teoretické části práce a dále vedoucímu práce panu prof. Ing. Pavlu Ryšánkovi, CSc. za pomoc při zpracování bakalářské práce.

# Charakteristika odrůd a linií ječmene jarního z hlediska rezistence k fuzarióze klasu

## Souhrn

Tato bakalářská práce hodnotí resistenci ječmene jarního k fuzarióze klasu. Posuzuje se odolnost u jednotlivých materiálů (současná novošlechtění, odrůdy z genové banky, nesladovnický ječmen jarní), šestiřadého a dvouřadého, a nakonec pluchatého a nahého ječmene jarního. Pokus probíhal ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Ruzyni v.v.i., a práce se zabývá výsledky pokusů za rok 2019 a 2020.

Byla provedena polní inokulace, kdy se z každé odrůdy ječmene jarního vybralo 10 klasů ve fázi 65 – střed kvetení a nastříkala se na ně suspenze konidií *F. culmorum*. V časových limitech pak probíhalo symptomatické hodnocení a sledovalo se šíření patogenu po povrchu klasu. Napadení se hodnotilo podle symptomů (podle stupnice ÚKZUZ) a posuzovala se redukce hmotnosti zrn nakažených rostlin.

Odrůdy ječmene jarního pěstovaného v ČR jsou od sebe velmi odlišné. Velmi odolné jsou ječmeny jarní, které nejsou určeny ke sladování. Sladovnické ječmeny jsou na tom s rezistencí o něco hůř a je potřeba u nich hlídat jejich sladovnickou kvalitu. Snížená odolnost je také u ječmenů šestiřadých, které mají oproti ječmenům dvouřadým horší projevy napadení, a i vyšší redukci hmotnosti zrna. Je to způsobeno hlavně stavbou klasu, kdy těsný klas ječmene šestiřadého poskytuje patogenu ideální podmínky pro šíření. Pluchaté ječmeny se mohou symptomatickými projevy napadení jevit jako špatná volba pěstitele, avšak pluchy, chránící zrna, zabraňují jeho napadení. Po zbavení zrna pluch, což je dnes velmi běžný proces při zpracování zrna, nevykazují zrna vysokou redukci hmotnosti a mohou mít daleko nižší koncentraci mykotoxinu v zrně než nahé ječmeny jarní.

**Klíčová slova:** ječmen jarní, *Fusarium*, rezistence, fuzarióza klasu, mykotoxiny

# Characteristic of varieties and lines of spring barley in terms of resistance to Fusarium Head Blight

## Summary

This bachelor thesis evaluates the resistance of spring barley to Fusarium head blight. It assesses resistance of individual materials (current new breeding, varieties from the gene bank, non-malting spring barley), six-row and double-row, and hulled and hull-less spring barley. The experiment took place at the Research Institute of Plant Production in Ruzyně v.v.i., and the work deals with the results of experiments from 2019 and 2020.

Field inoculation was performed, 10 ears from each variety of spring barley were selected in phase 65 – middle of flowering and suspension of *F. culmorum* conidia was sprayed on them. Within incremental time limits, symptomatic evaluation was performed and the spread of the pathogen on the ear surface was monitored. The symptomatic evaluation was rated (according to the ÚKZUZ scale) and the reduction of the grain weight of infected species was assessed.

The varieties of spring barley grown in Czech Republic are very different from each other. Non-malting spring barley is very resistant. Barley used for malting is not as resistant and it is necessary to monitor the malting quality of these varieties. There is also reduced resistance of six-row barley, which has a worse infestation rate than double-row barley, as well as a higher reduction of grain weight. This is mainly due to the structure of the spike, where a tight ear of six-row barley provides the pathogen with ideal conditions for spreading. Hulled barley may appear to be poor choice of a grower by symptomatic evaluation, but the husks protect the grain from infestation. After ploughing the grain, which is a very common grain processing process, the grain does not show a high weight reduction and may have much lower concentration of mycotoxins than hull-less spring barley.

**Keywords:** spring barley, *Fusarium*, resistance, fusarium head blight, mycotoxins

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Cíl práce .....</b>	<b>10</b>
<b>Hypotézy: .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Literární řešerše .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Ječmen jarní .....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Historie pěstování .....	11
3.1.2 Botanická charakteristika.....	12
3.1.3 Dělení.....	12
3.1.4 Pěstební podmínky.....	13
3.1.5 Využití .....	13
3.1.5.1 Sladovnický ječmen.....	13
3.1.5.2 Krmný ječmen .....	14
3.1.5.3 Průmyslový ječmen .....	14
3.1.5.4 Potravinářský ječmen .....	14
<b>3.2 Choroby ječmene.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Padlí travní ( <i>Blumeria graminis</i> ).....	16
3.2.2 Rez ječná ( <i>Puccinia hordei</i> ) .....	16
3.2.3 Hnědá skvrnitost ( <i>Pyrenophora teres</i> ) .....	17
3.2.4 Rhynchosporiová skvrnitost ( <i>Rhynchosporium secalis</i> ) .....	17
<b>3.3 Fuzarioza (<i>Fusarium</i> sp.).....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Šíření.....	19
3.3.2 Mykotoxiny.....	19
3.3.2.1 Deoxynivalenol.....	20
3.3.2.2 Zearalenon .....	20
3.3.2.3 T-2 a HT-2 .....	20
<b>4. Metodika .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Materiál.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Průběh počasí .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Příprava inokula.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Inokulace a symptomatické hodnocení .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Redukce hmotností zrn .....</b>	<b>34</b>
<b>5. Výsledky.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Symptomatické hodnocení odrůd .....</b>	<b>35</b>

5.1.1	Výsledky materiálu .....	35
5.1.2	Výsledky hodnocení podle počtu řad .....	35
5.1.3	Výsledky hodnocení podle typu zrna .....	36
<b>5.2</b>	<b>Redukce hmotnosti zrna .....</b>	<b>37</b>
5.2.1	Výsledky hodnocení podle materiálu .....	37
5.2.2	Výsledky hodnocení podle počtu řad .....	38
5.2.3	Výsledky hodnocení podle typu zrna .....	39
<b>6.</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>41</b>
	<b>Výsledky hodnocení podle materiálu .....</b>	<b>41</b>
	<b>Výsledky hodnocení podle počtu řad .....</b>	<b>41</b>
	<b>Výsledky hodnocení podle typu zrna .....</b>	<b>42</b>
<b>7.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam tabulek:.....</b>	<b>48</b>
	<b>Seznam obrázků: .....</b>	<b>48</b>
	<b>Seznam grafů: .....</b>	<b>48</b>



# 1. Úvod

Ječmen jarní je celosvětově hojně pěstovaná obilnina. Je velmi nenáročný na podmínky pěstování, v suchém nebo studeném prostředí nemá problémy jako jiné obilniny. Je velmi různorodý, jeho odrůdy mají odlišné množství řad (nejčastěji se pěstují dvouřadé a šestiřadé formy), často se setkáme s pluchatými, ale i nahými typy zrna. Jeho využití je především jako krmivo pro hospodářská zvířata, sladovnictví (speciální sladovnické odrůdy) a začíná být i velmi cenná potravina v potravinářském průmyslu, kde se z něj dělají pekárenské produkty a funkční potraviny (Moudrý, 2000; Zimolka, 2006). Avšak stejně jako ostatní obilniny i ječmen napadají patogeny a škůdci.

Fuzariózy klasů (růžovění klasů) jsou spolu se rzemi a padlím jednou z nejvýznamnějších chorob obilnin, i většiny hospodářsky významných rostlin a rostlin okrasných. Výzkum této nemoci za poslední roky značně vzrostl s rostoucím výskytem této nemoci na území ČR i celosvětově. Onemocnění je způsobeno mikroskopickými vláknitými houbami rodu *Fusarium*. *Fusarium* napadá rostliny během celé vegetace, nejnáchylnější k napadení jsou rostliny během kvetení. Jeho inokulum může setrvat v půdě i několik let a často je napadení podpořeno nedostatečnou agrotechnikou a nevhodným osevním plánem. Inokulem mohou být i napadené rostlinné zbytky zanechané na poli (Malachová et al. 2010).

Druhy dominující v Evropě jsou *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* a *F. avenaceum*. Tyto druhy preferují mírné teploty a vysokou vzdušnou vlhkost. Dešťové srážky během kvetení podporují šíření patogenu. V teplých a vlhkých podmínkách dominuje *F. graminearum*, v sušším prostředí zas například *F. poae*. Zastoupení druhů rodu *Fusarium* se liší po celém světě a velké rozdíly zástupců jsou i v evropských zemích (Malachová et al. 2010; Yli-Mattila, 2010).

Nejen, že napadení rostlin *Fusarium* sp. způsobuje výnosové ztráty, jelikož mají napadené klasy sníženou produkci zrn, ale velkým problémem jsou i mykotoxiny spojené s výskytem těchto druhů. Mykotoxiny mohou komplikovat i zpracování sklizeného ječmene (problém ve sladovnickém průmyslu), ale mohou představovat i zdravotní riziko pro konzumenty (Chrpová, 2015).

## 2. Cíl práce

Cílem mé práce bylo zhodnocení resistance jednotlivých druhů a linií ječmene jarního k fuzarióze klasu.

Hodnocení odolnosti vybraných odrůd a materiálů ječmenů jarních probíhalo dvěma způsoby. Symptomatické hodnocení – kdy po inokulaci byl porost hodnocen stupnicí ÚKZUZ a hodnotila se napadená plocha klasu. Od stupně napadení se odvíjelo bodové hodnocení 1–9.

Poté probíhalo ještě porovnání redukce hmotnosti zrn napadených ku hmotnosti zrn zdravých.

### Hypotézy:

- Hodnocení na úrovni materiálů bude velmi různorodé, protože každá skupina má zástupce jak náchylných, tak odolných odrůd.
- Ječmen dvouřadý bude odolnější vůči ječmeni šestiřadému – bude mít lepší symptomatické hodnocení.
- Pluchatý ječmen nebude mít výraznější redukci hmotnosti zrna než ječmen nahý.

## 3. Literární rešerše

### 3.1 Ječmen jarní

Ječmen jarní (*Hordeum sativum* L.) platí za hojně pěstovanou plodinu nejen v našich podmínkách, ale i celosvětově, kdy se řadí v předních příčkách ve světovém žebříčku pěstovaných plodin (Krausko, 1980).

Po pšenici, kukuřici a rýži je ječmen nejvýznamnější světovou obilninou. Ječmen má také nejširší geografický rozsah ze všech plodin (od rovníku po polární kruh) a pěstuje se v širším environmentálním rozmezí než jiná obilnina. Po mnoho staletí přetrvává jako hlavní obilná plodina díky třem jedinečným vlastnostem: široké ekologické přizpůsobení, využití jako krmivo i potravinářské zrno a využití na slad pro výrobu piva (Brown Jr. et al. 2001). Podle Shiferawa et al. (2013) má tato plodina zároveň potenciál i do budoucna hlavně pro jeho možnosti šlechtění, nízkonákladové produkci a zvýšení jeho využití v potravinářském průmyslu.

Vzhledem k výše zmíněnému ekologickému přizpůsobení je možné ječmen pěstovat v různých podmínkách. Mezi hlavní producenty ječmene se tak řadí Spojené státy americké, Evropa, severní Afrika, Blízký východ, Indie i Austrálie (Park et al. 2015).

Nadále se šlechtí nové kultivary ječmene jarního, u kterých se dbá především na vysoký výnosový potenciál. Díky tomu vzrostl výnos ječmene v Evropě během posledních čtyř desetiletí o 60 %, v některých zemích západní Evropy dokonce o 80 % (FAO, 2009).

#### 3.1.1 Historie pěstování

Počátky domestikace ječmene jsou stále nevyjasněné. Zhou (2009) předpokládá, že předchůdcem dnešního ječmene byla jeho dvouřadá forma a dnešních forem kultivovaného a šestiřadáho ječmene bylo dosaženo postupnou mutací a hybridizací. Ječmen má pravděpodobně původ v Etiopii a Blízkém východě (na území úrodného půlměsíce = Izrael, Sýrie, Libanon, Irák atd.), kde jsou zmínky o jeho pěstování již v prehistorických dobách. Historicky doložené známky domestikace ječmene zasahují do období 10 000 let př.n.l. do oblasti Babylonie a Egypta. Z toho vyplývá, že ječmen patří mezi vůbec nejstarší pěstované plodiny.

Velký milník v pěstování ječmene nastal v 17. století, kdy se přešlo ke sladování ječmene, místo dříve používaného sladování pšenice. To mělo za následek rozmach ve stavbě sladoven, především v 70. letech 19. století. Od té doby již zájem o sladovnický ječmen jenom rostl (Hájek et al. 2006).

V našich zemích byl ječmen dobře známou plodinou již dříve, avšak dlouho byl ve stínu pšenice. K jeho rozšíření přispělo nejen sladovnické využití, ale především prosazení norfolkského osevniho postupu, kdy se pro ječmen uplatňuje řepa jako výborná předplodina.

Se šlechtěním prvních kultivarů ječmene jarního se u nás začalo v druhé polovině 18. století (Krausko et al. 1980).

### 3.1.2 Botanická charakteristika

Ječmen má svazčité kořeny, které jsou v porovnání s dvouděložnými rostlinami slabší a netloustnou. Z bazálních podzemních uzlů vyrůstají v době odnožování adventivní kořeny. Zárodečné kořínky pronikají až do hloubky 140 cm a dodávají rostlině vodou v období dlouhodobého sucha.

Stéblo tvoří 4-8 článků (internodií) oddělených kolénky a dosahuje do výšky 80 až 130 cm. Spodní internodia jsou nejkratší. Ječmen tvoří z podzemního uzlu (odnožovacího kolénka) boční větve – odnože. Z uzlů odnoží (I. řádu) se tvoří další odnože (II., III. a dalšího řádu). Intenzita odnožování je závislá na odrůdě a mohou ji ovlivňovat další faktory (např. podmínky prostředí) (Zimolka, 2006).

Listy jsou pravotočivé a jsou umístěny pod sebou ve dvou řadách. Listová čepel je čárkovitě přímá, nejužší u horního (praporcovitého) listu. Listy ječmene jarního jsou v porovnání s ovsem a pšenicí výrazně světlejší.

Květenství ječmene je složený nerozvětvený klas (lichoklas) tvořený smáčknutým vřetenem a klásky (jednokvětými). Klásky se řadí po trojicích. Plodnost klásků určuje řadovost – u víceřadých forem ječmene jsou všechny květy plodné a vyvinuté, zatímco u dvouřadých forem je vyvinutý jen květ prostřední (Štěrbá & Moudrý, 2007). Plevy bývají úzké a štětinovité, ale u některých odrůd jsou široké a hladké. Květ chrání plucha a pluška. Plucha vybíhá v dlouhou zubatou nebo hladkou osinu (záleží na odrůdě). Osiny se účastní fotosyntézy i transpirace. Také odvádějí z obilky vlhkost a tím urychlují vysychání zrna (Krausko, 1980).

Obilka-zrno (*caryopsis*) se skládá ze tří částí: obalu, endospermu a zárodku. Barva obilky je různá (od oranžové po modročernou). U nás se nejčastěji setkáme se žlutým zbarvením obilky, jiné zbarvení je velmi ojedinělé. U pluchatého ječmene je zrno na hřbetní straně pokryté pluchou, která překrývá menší plušku. Plucha a pluška chrání obilku před vnějšími vlivy. Zárodek – embryo – se nachází ve spodní části obilky a je základem budoucí rostliny. Zárodek a endosperm spojuje štítek (*scutellum*). Endosperm tvoří největší část zrna a má v sobě uložen zásobní škrob (Krausko, 1980).

### 3.1.3 Dělení

Rod ječmen (*Hordeum* L..) patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Do tohoto rodu patří plané i kulturní druhy, které se od sebe liší morfologicky, ale mají shodný počet chromozomů ( $n=7$ ) (Zimolka, 2006).

Všechny kulturní ječmeny i jejich původní plané formy (*H. spontaneum*, *H. agricrithon*) při vzájemném křížení poskytují plodné potomstvo. Proto je zařazujeme do jednoho druhu ječmene setého – *Hordeum vulgare*, který se dále dělí do skupin (Krausko, 1980).

Pro členění ječmene na praktické účely se používá rozdělení do konvariety:

- a) Ječmen víceřadý
  - Typicky šestiřadý
  - Šestiřadý, čtyřřadého typu
- b) Ječmen dvouřadý

### 3.1.4 Pěstební podmínky

Ječmen jarní není vzhledem k jeho krátké vegetační době (90–120 dnů) obilninou citlivou na světlo a teplo (Špaldon, 1963). Na rozdíl od jiných obilnin, které mohou být těmito faktory, především teplotou, limitovány, může být ječmen pěstován i ve vyšších nadmořských výškách. Tento styl pěstování začal být díky teplejším létům velmi populární. Vyšší nadmořská výška zároveň rostlině zajišťuje více vláhy nutné pro růst rostliny a zároveň ji chrání před jejím vysycháním. Dostatek vláhy výrazně ovlivňuje kvalitu a výši sklizně. Srážky by tak měly být rozložené po celou dobu růstu, ale jsou žádané především v období nejintenzivnějšího vzrůstání. Toto období zahrnuje začátek sloupkování až dobu mléčné zralosti a probíhá od května do června (Moudrý, 2000).

Dalším důležitým faktorem pro pěstování ječmene je půdní kyselost. Vhodná je zejména neutrální hodnota pH. Při vysoké kyselosti je výrazně redukován kořenový systém rostlin. Tím se snižuje příjem živin a zároveň je ovlivňována i jejich účinnost. To v konečném důsledku výrazně snižuje kvalitu ječmene a znemožňuje jeho případné využití na sladovnické účely (Benada, 2001). Tím pádem může být ječmen pěstován bez problémů ve všech výrobních oblastech.

K redukci výrobních oblastí dochází při pěstování ječmene pro sladovnické účely. Vzhledem k náročným požadavkům na jeho kvalitu je potřeba zabezpečit konkrétní klimatické podmínky. Pokud nejsou podmínky zajištěny, klesá kvalita sladovnických hodnot ječmene, který pak nemůže být pro sladování použit (Benada, 2001).

Jako u všech obilnin i u ječmene jarního hraje podstatnou roli předplodina. Spolu s vhodným osevním postupem mohou výrazně ovlivnit kvalitu ječmene a je tak vhodné osevní postup dodržovat. Štěrba & Moudrý (2007) doporučují zařazovat ječmen po okopaninách (cukrovka, brambory), protože právě okopaniny jsou nejvhodnější předplodina a mohou výrazně zlepšit kvalitu pěstovaného ječmene. Dnes se k tomuto účelu hojně využívá i řepka, jejíž výskyt na našich polích se za poslední roky rapidně zvýšil.

### 3.1.5 Využití

V současné době lze ječmen rozdělit podle užitkových směrů na ječmen:

- Sladovnický,
  - Krmný,
  - Průmyslový,
  - Potravinářský,
  - Pícninářský
- (Zimolka, 2006).

#### 3.1.5.1 Sladovnický ječmen

Ve sladovnickém se dává přednost ječmeni jarnímu šestiřadému, ale v některých zemích se můžeme setkat i s využitím ozimého ječmene. O zařazení ječmene do sladovnické kategorie rozhoduje mnoho požadavků. Mezi hlavní kritéria jakosti u sladovnického ječmene patří obsah bílkovin (N-látek), podíl předního zrna, škrobu a další (Zimolka, 2006).

Slad se používá hlavně na výrobu piva, ale také při výrobě tvrdých likérů, sladovém mléce a jako dochucovadlo v různých potravinách. Ječmenný slad lze přidat do mnoha potravin, jako jsou sušenky, chléb, koláče a dezerty. Pivovarská a palírenská zrna a klíčky ze sladovnického ječmene mají rovněž vhodný obsah bílkovin pro využití jako krmný ječmen (Akar et al. 2004).

Ječmen použitý na výrobu sladu se nejprve máčí ve vodě za kontrolovaných podmínek, a to umožní klíčení zrn. Poté se suší nebo praží v peci, také se čistí a může být po delší dobu skladovaný. Samotný slad je primárně meziproduktem a vyžaduje další zpracování při samotné výrobě piva (OECD 2004).

#### 3.1.5.2 Krmný ječmen

Jako krmný ječmen se využívají všechny formy ječmene: víceřadé i dvouřadé, pluchaté i bezpluchaté (Zimolka, 2006). U krmného ječmene se hlavně kontroluje obsah toxinů (hrozila by případná otrava zvířat) a také obsah bílkovin s vysokým zastoupením esenciálních aminokyselin (Krausko, 1980).

Velký podíl vyprodukovaného ječmene (až 85 %) se využívá ke krmení skotu (na maso i mléko), prasat a drůbeže. Ke krmení se zrno ječmene upravuje. Většinou je válcováno, umleto nebo vločkováno, aby bylo dobře stravitelné a vhodné ke krmení. Zrna krmného ječmene většinou neobsahují velké množství bílkovin, a tak se většinou do jeho směsi přidávají ještě jiné látky jako zdroj bílkovin. Samotný ječmen nemá pro hospodářská zvířata vysokou výživovou hodnotu i pro vysoký obsah vlákniny a doporučuje se jej tedy mísit s dalším krmivem (Akar et al. 2004).

#### 3.1.5.3 Průmyslový ječmen

Dnes je využití ječmene k technickým účelům poměrně nízké (jen do 2 %), ale je zde potenciál zvýšit jeho využití právě v této oblasti. Pokud není dostatek ozimých druhů pšenice nebo tritikale (zrna jsou poškozená, vymrzlá, napadená, nebo mají nízký výnos) uplatňuje se zde právě ječmen pro výrobu etanolu. Do budoucna se může rozvinout využití ječmene ve škrobárenství (Štěrbá & Moudrý, 2007).

#### 3.1.5.4 Potravinářský ječmen

Ve většině vyspělých zemí byl ječmen postupem času nahrazen hlavně pšenicí a rýží. Jsou však stále země, většinou méně vyspělé země, nebo země s horšími podmínkami na pěstování jiné plodiny, kde se ječmen stále hojně využívá k jeho potravinářským účelům. Opět se zde projevují vlastnosti ječmene jako vcelku nenáročné plodiny, která zvládne i vyšší nadmořskou výšku, nižší srážky nebo vysoké zasolení půdy. Jiné obilniny by v těchto podmínkách měly velmi redukováný růst a tím i nízký výnos (Newton et al. 2011). Mezi země hojně pěstující ječmen patří například Maroko, Indie, Čína a Etiopie (OECD 2000). Často se s ním setkáme i na území severní Afriky a v různých částech Asie, kde se konzumuje pod názvem Arabský chléb (plochý chleba), nebo jako kaše, která má dostatek vlákniny a zasytí (Newton et al. 2011).

V západních, vyspělých zemích je v mnoha potravinářských oblastech ječmen zcela nahrazen pšenicí, ale hojně se využívá například v dětské výživě a jako zahušťovadlo. Někteří výrobci potravin si však začali všimnout potenciálu ječmene coby levné plodiny s vysokou nutriční hodnotou a začali pšenici nahrazovat ječmenem. Často se můžeme setkat s chlebovou moukou vyrobenou z ječmene (Akar et al. 2004).

V zrně ječmene se nacházejí důležité neškrobové polysacharidy ( $\beta$ -glukany a arabinoxylany). Má také vysoký obsah vlákniny, důležitá je rozpustná vláknina  $\beta$ -glukan, která výrazně snižuje hladinu glukózy a cholesterolu v krvi (McIntosh et al. 1991). Právě obsah této látky a obsah dalších tělu prospěšných látek přispěl k zvýšení popularity ječmene jako tzv. funkční potraviny. Ty jsou prospěšné při léčbě kardiovaskulárních a dalších civilizačních nemocí a jsou často využívány v různých formách diet a zdravého stravování. Hojně se z ječmene vyrábí různé krupky a vločky, které mají dobrý účinek na trávení. Jako doplněk stravy se uplatňují i zelené části mladých rostlin, tzv. zelený ječmen (Zimolka, 2006).

### 3.2 Choroby ječmene

Výskyt chorob a škůdců je u jarního ječmene menší než u ozimé, nebo jarní pšenice, ale při kalamitním výskytu mohou být škody velké. V České republice jsou nejvážnějšími chorobami jarního ječmene padlí travní (*Blumeria graminis*), rez ječná (*Puccinia hordei*), hnědá skvrnitost (*Pyrenophora teres*), rhynchosporiová skvrnitost (*Rhynchosporium secalis*) a v posledních letech nabývá na důležitosti fuzarióza klasu (*Fusarium* sp.) a tmavohnědá skvrnitost ječmene (*Ramularia collo-cygni*) (Štěrba & Moudrý, 2007).

Intenzita výskytu a škodlivost jednotlivých chorob v různých letech je závislá na podmínkách prostředí a úrovni agrotechniky. Častým zdrojem infekce u ječmene jarního může být výskyt ozimého ječmene v blízkosti porostu. Důležitá jsou preventivní opatření (správná agrotechnika, výběr odolných odrůd), která patří i mezi nejlevnější opatření (Štěrba & Moudrý, 2007).

Při zvýšeném ohrožení porostu je dobré aplikovat fungicidy, avšak tento způsob ochrany je drahý a využívání fungicidů nese i zdravotní rizika. Reakce odrůd na ošetření fungicidy závisí na mnoha faktorech, např. na odolnosti či toleranci odrůdy k patogenu, na účinnosti zvoleného přípravku, případně na jeho vedlejším působení na danou odrůdu (Jurečka & Pařízek, 1995).

Odolnost odrůd je hodnocena devítibodovou stupnicí:

- Odrůdy hodnocené stupni 9-8 jsou odolné, choroba je nenápadná, nebo je napadení minimální, nedochází ke ztrátám na výnose ani na kvalitě.
- Odrůdy hodnocené stupni 7-6 jsou středně odolné, choroba se na nich může projevit a může způsobit menší ztráty, ošetření fungicidy se však (při bodovém hodnocení 7) ekonomicky nevyplácí.
- Odrůdy hodnocené stupni 5-4 jsou méně odolné, choroba může vyvolat výrazné ztráty, je nutné sledovat výskyt chorob na těchto odrůdách a pravidelné ošetřování fungicidy.
- Odrůdy hodnocené stupni 3-1 jsou náchylné, důležitá je včasná aplikace fungicidů, která se musí někdy opakovat. Na lokalitách s častým výskytem

dané choroby je pěstování těchto odrůd obtížné a měly by se volit odolnější odrůdy (Jurečka & Pařízek, 1995).

Ochrana ječmene před patogeny závisí do značné míry na preventivních opatřeních. Chemická kontrola většiny chorob ječmene je komplikovaná, protože ve většině případů po infekci rostliny už nejsou přípravky dosti účinné a mohou být také velmi nákladné. Střídání plodin, které ve velké míře zabrání tvorbě a uchovávání inokula, časné setí, čisté osivo bez patogenů a rezistentní odrůdy značně snižují dopad choroby na produkci ječmene (Forster, 2003).

### 3.2.1 Padlí travní (*Blumeria graminis*)

Ve většině oblastí pěstování ječmene je padlí travní (*Blumeria graminis*) velmi častou chorobou, která může způsobit vysoké ztráty na výnosu. Tyto ztráty mohou být dramatické a jsou způsobeny hlavně schopností houby přizpůsobit se novým genům rezistence a rychle se množit. Šlechtění na rezistenci proto začalo již ve třicátých letech a hledání nových genů rezistence se během posledních 30 let stále více rozšiřuje (Weibull, 2003).

Nejzávažnější příznaky padlí jsou pozorovány na spodní straně listu. Infekce se šíří postupně od spodních listů do vyšších částí stonku. Zpočátku se na povrchu listů objevují malé, bílošedé hloučky mycelia (Daamen, 1989).

Za příznivých podmínek pro vývoj choroby začne mycelium pokrývat čím dál větší plochu listů a stonků a postupuje dál po rostlině. Silně infikované listy se později stávají chlorotickými a postupně odumírají. Choroba ovlivňuje i vývoj semen tak, že semena, pokud jsou vytvořena, bývají vyschlá, špatně vyvinutá a malá (Fiedorow et al. 2004).

Stupeň napadení *B. graminis* se každý rok mění. To znamená, že k onemocnění dochází každý rok, ale mění se míra závažnosti. Proto je důležité monitorování (prahové hodnoty škodlivosti) a chemická kontrola po celé vegetační období (Pietrusińska & Tratwal 2020). Některé odrůdy ječmene reagují hypersenzitivně díky přítomnosti genu MLO. Místo vzniku klasických bílých povlaků mycelia na listech napadené buňky odumírají a tím patogenu neumožňují další rozvoj. Tyto nekrózy je někdy možné zaměnit za příznaky jiných chorob (Kusch & Panstruga, 2017).

### 3.2.2 Rez ječná (*Puccinia hordei*)

Poškození způsobené na ječmeni závisí na vývojovém stádiu, ve kterém se rostlina nachází v okamžiku infekce. Největší škody a tím i největší snížení výnosu dochází před nebo během kvetení ječmene. Rez zvyšuje respiraci a transpiraci rostliny, redukuje fotosyntézu, vitalitu a růst kořenů. Napadené rostliny mají snížený výnos a zrna, která produkují, jsou často poškozená. Na některých lokalitách může ječmen napadnout i rez pšeničná (*Puccinia triticina*) (Mathre, 1997).

Příznaky rzi listů ječmene jsou charakterizovány přítomností kruhových pustul, které vytvářejí množství oranžových spor, urediospor, hlavně v horní části listu. Vyskytují se na povrchu listů i v listové pochvě (Mathre, 1997).



Díky symptomům, které jsou velmi jedinečné a nápadné, lze provádět terénní kontrolu v případě podezření na výskyt rzi. Potvrzení spor lze provést jen otřením prstu přes horní část listu. Spory se na prstech jeví jako červenohnědá jílová hmota (Martinez-Espinoza et al. 2014).

Nemoc se rychle rozvíjí při teplotách mezi 15 a 20 °C, kdy vlhkost není omezující faktor. Teploty nižší než 15 °C snižují pravděpodobnost výskytu epidemií (Mathre, 1997).

Používání rezistentních odrůd je nejlepší způsob, jak předejít ztrátám. Rezistentní odrůdy mají jeden, nebo více specifických genů odolnosti proti rzi a čím více těchto genů mají, tím lepší je jejich rezistence ke rzím (Martinez-Espinoza et al. 2014).

### 3.2.3 Hnědá skvrnitost (*Pyrenophora teres*)

*Hordeum vulgare* a *H. vulgare* ssp. *spontaneum* jsou považováni za primární hostitele *Pyrenophora teres*. Přírozená infekce však byla pozorována i u divokých druhů rodu *Hordeum* a příbuzných druhů z rodů *Bromus*, *Avena* a *Triticum* (Shipton et al. 1973).

Patogen preferuje vysokou vzdušnou vlhkost se srážkami a zvýšené zavlažování plodin. Výnosové ztráty se obvykle pohybují od 10 do 40 % u náchylných odrůd (Forster, 2003).

Choroba se projevuje dvěma typy příznaků. Jedná se o léze síťového typu způsobené *P. teres* f. *teres* a léze bodového typu způsobené *P. teres* f. *maculata*. Symptom připomínající síť, podle kterého byla nemoc původně pojmenovaná (net blotch), má na listech charakteristické úzké, tmavě hnědé podélné a příčné pruhování. Příznak skvrnitě formy sestává hlavně z tmavě hnědých, kruhových až eliptických lézí obklopených chlorotickým nebo nekrotickým halo o různé šířce (Zhaohui, 2011).

Patogen přetrvává v napadených rostlinných zbytcích nebo v semenech nesoucích mycelium. Úplná kontrola je ekonomicky velmi nákladná. Prospěšné je střídání plodin, zbavení se infikovaných zbytků orbou nebo spálením, použití čistých osiv nebo osiv ošetřených fungicidy. Rezistentní odrůdy jsou nejučinnějším prostředkem kontroly (Forster, 2003).

### 3.2.4 Rhynchosporiová skvrnitost (*Rhynchosporium secalis*)

Rhynchosporiová skvrnitost je jednou z nejničivějších chorob ječmene na celém světě, zejména v oblastech s chladným, mírným podnebím. Může způsobit ztráty na výnosech 30-40 % a snížit kvalitu zrna (Shipton et al. 1974).

Tato choroba je způsobena houbovým patogenem zvaným *Rhynchosporium secalis*, který může infikovat pěstovaný ječmen, žito i plané trávy (Goodwin et al. 1993).

Skvrnitost se nejlépe vyvíjí v chladném a vlhkém počasí, a proto se nejvíc projevuje v průběhu jara. S horkým letním počasím už obvykle nepostupuje. Příznaky jsou výrazné na listech. Nejprve se objeví bledé až šedé léze, které vypadají, jako by byly nasáklé vodou. Později dochází k uschnutí a bělení tkáně ve středu s nápadně tmavým černým až hnědým okrajem (Forster, 2003).

Patogen přežívá v infikovaných rostlinných zbytcích na poli, nebo v infikovaných semenech. Nejlepší ochrana je vyčištění pole od rostlinných zbytků (orbou), osevní plán s rotací plodin, používání čistého osiva a pěstování rezistentních odrůd, pokud jsou k dispozici (Forster, 2003).

### 3.3 Fuzarioza (*Fusarium* sp.)

Tato choroba je způsobena různými druhy z rodu *Fusarium*.

Zařazení rodu:

doména Eukaryota  
říše Fungi  
kmen Ascomycota  
třída Sordariomycetes  
řád Hypocreales  
čeleď Nectriaceae  
rod *Fusarium*  
(BioLib.cz, 2020).

Historicky byl rod *Fusarium* vždy velmi důležitý, protože druhy z rodu *Fusarium* patří mezi nejdůležitější rostlinné patogeny na světě a mnoho z nich produkuje mykotoxiny, které představují risk pro zdraví člověka i zvířat (Babadoost, 2018).

Fuzáriové vadnutí (*Fusarium* Head Blight, FHB) je celosvětově rozšířené onemocnění obilnin způsobené mikroskopickými vláknitými houbami rodu *Fusarium*, které napadají rostliny již v průběhu vegetace. Hlavními původci fuzarióz v Evropě jsou *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* a *F. avenaceum* (Malachová et al. 2010).

Mezi méně časté druhy patří několik druhů, které jsou méně patogenní, ale jsou stále toxigenní. Patří sem *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. sporotrichioides*, *F. triseptatum* a v menší míře také *F. acuminatum*, *F. subglutinans*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. semitectum* a *F. proliferatum* (Bottalico & Giancarlo, 2002).

Podmínky prostředí, které podporují rozvoj fuzáriového vadnutí, jsou mírné teploty a vysoká vzdušná vlhkost. Dešťové srážky během kvetení a po kvetení podporují rozvoj patogenů z rodu *Fusarium*. Jsou druhy, které jsou dominantní v teplých a vlhkých podmínkách, například *F. graminearum*, ale jsou i druhy, kterým nevdají ani teplé a sušší prostředí, a to třeba *F. poae* (Yli-Mattila, 2010).

U ječmene nebývá infekce při terénní kontrole zřejmá. Infikované klasy se mohou zabarvit do tmavě hnědé barvy anebo se může zdát, že jsou nasáklé vodou. Zbarvení klasů však při identifikaci nijak nepomůže, protože mnoho jiných patogenních organismů může způsobovat stejné zbarvení. Pokud je počasí příznivé pro vývoj choroby, hlavně během dlouhých období dešťů a zvýšené vlhkosti, mohou se na klasech objevit charakteristické růžové až lososově oranžové spory houby (Goswami & Kistler, 2004).

Jak příznaky postupují, houba se dostane až k vyvíjejícímu se zrnu, které vlivem napadení ztratí na tvaru a objemu. Povrch zrna, který je u zdravého zrna hladký, začne mít drobné vrásky. Infikovaná zrna jsou scvrklá a vrásčitá. Jejich barva je nejčastěji světle hnědá až šedivá, ale v extrémních případech napadení může být zrno celé růžové (Schmale & Bergstorm, 2003).

Identifikace rodu *Fusarium* je možná několika metodami. Při kultivaci jsou často viditelné hyalinní, banánovité a mnohobuněčné makrokonidie, avšak identifikace na druhové úrovni není snadná. Proto jsou zapotřebí molekulární metody identifikace. Mezi nejběžněji používané molekulární metody patří genově specifická PCR, sekvenční PCR, multiplexní tandemová PCR a automatizovaná opakovaná sekvenční PCR (Tortorano et al. 2014).

### 3.3.1 Šíření

Primární inokulum pochází z infikovaných rostlinných zbytků, na kterých houba přezimuje jako saprofytické mycelium. Na jaře je teplé a vlhké počasí příznivé pro vývoj a zrání konidií a perithecií. Po jejich dozrání (květen–červen) dochází k uvolňování askospor (Markell & Francel, 2003). Lepkavé askospory jsou vypuštěny ze zralého perithecia a jsou rozptýleny větrem, deštěm nebo hmyzem do okolí na hostitelské rostlin (Parry et al. 1995).

Anamorfní reprodukce probíhá přes makrokonidie, které jsou tvořeny ve sporodochiích na infikovaných klasech a zbytcích rostlin. Ty jsou poté rozstříkovány deštěm, nebo závlahou a působí sekundární infekce klasu. Mohou být také smyté na stébla a listy.

Makrokonidie i askospory zůstávají na rostlinných zbytcích a v půdě, kde přetrvávají až tři roky a tím zůstávají zdrojem infekce. To představuje riziko hlavně v systémech s minimálním zpracováním půdy (Širučková & Kroutil, 2007).

### 3.3.2 Mykotoxiny

Tyto toxiny spadají do kategorie sekundárních metabolitů a jsou často nadměrně produkovány v důsledku vnějšího stresu. Nejdůležitějšími podněty pro biosyntézu mykotoxinů jsou oxidační stres, světelný stres, nutriční stres a další faktory prostředí jako například pH, teplota, fungicidy a sekundární metabolity z rostlin (Reverbri et al. 2010).

Mykotoxiny představují závažné zdravotní riziko nejen pro lidi, ale i hospodářská zvířata, u kterých někdy kvůli menší pozornosti věnované kvalitě krmiva může dojít k projevům akutních mykotoxikóz. Tyto toxiny jsou chemicky i tepelně stabilní látky, a tak dochází k jejich přenosu z kontaminovaných zrn do cereálních výrobků (mouka, chléb, pivo) (Malachová et al. 2010).

Mnoho výzkumných prací naznačuje negativní vliv mykotoxinů produkovaných druhy z rodu *Fusarium* na funkci střev a imunitního systému, což může vést ke snížení odolnosti hostitele k infekčním chorobám (Antonissen, 2014).

Toxiny, jako jsou fumonisiny a trichotheceny, jsou tepelně stabilní a nelze jejich účinnost deaktivovat ani oslabit vařením, nebo pečením (Perincherry et al. 2019).

Nejčastěji vyskytující se fusariové mykotoxiny v Evropě jsou deoxynivaleon a zearalenon produkované *F. graminearum* a *F. culmorum*, přičemž první je častější v jižních (teplejších) a druhé v severních (chladnějších) evropských oblastech. Nivalenol byl obvykle nalezen ve spojitosti s deoxynivalenolem a jeho deriváty (monoacetyldeoxynivalenoly) společně s fusarenonem – X tvořeným *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. culmorum* a v severních oblastech *F. poae* (Bottalico & Giancarlo, 2002).

Ve střední a severní Evropě je trvale hlášen výskyt moniliforminu v důsledku šíření *F. avenaceum*, zatímco výskyt derivátů toxinu T-2, jako je toxin T-2, HT-2 a diacetoxyscirpenol byly zaznamenány ve spojení s ojedinělými epidemiemi *F. sporotrichioides* a *F. poae* (Bottalico & Giancarlo, 2002).

Ke kontaminaci produktů mykotoxiny dochází před sklizní i během skladování. Dnes se klade největší důraz na to, aby nedocházelo ke kontaminaci během vegetace. Důležitá jsou preventivní opatření a také aplikace fungicidů, která omezí výskyt patogenu v porostu a sníží obsah mykotoxinů v zrna (Širučková & Kroutil, 2007).

### 3.3.2.1 Deoxynivalenol

Hlavním toxinem produkovaným *F. graminearum* je deoxynivalenol (DON). DON se někdy nazývá vomitoxin kvůli jeho škodlivým účinkům na trávicí systém prasat a jiných monogastrických zvířat. Lidé konzumující mouku vyrobenou z pšenice kontaminované DON často vykazují příznaky nevolnosti, horečky, bolesti hlavy a zvracení (Schmale & Bergstorm, 2003).

DON je pravděpodobně nejznámější a nejběžnější kontaminant zrn a jejich následných produktů. Je potenciálním ukazatelem výskytu dalších mykotoxinů. Kontaminace DON se měří v jednotce ppm (parts per milion – mg/kg) (Sobrova et al. 2010).

### 3.3.2.2 Zearalenon

U monogastrických zvířat negativně působí na reprodukci, citlivá jsou hlavně prasata (prasničky). Způsobuje hyperestrogenizaci prasnic, poruchy reprodukčního cyklu, vulvovaginitidy (Suchý & Herzig, 2005).

Zearalenon v potravě těhotných žen může vést ke zvýšenému výskytu poruch nervového systému u potomstva (Suchý & Herzig, 2005).

### 3.2.2.3 T-2 a HT-2

Toxiny T-2 a HT-2 jsou produkovány primárně *F. sporotrichioides*, přičemž nejvyšší koncentrace se obvykle vyskytují v malých zrnech, jako je ječmen a pšenice. T-2 a HT-2 toxiny jsou obecně přítomny společně v kontaminovaném zrně, přičemž koncentrace toxinu HT-2 představuje dvě třetiny součtu koncentrace toxinu T-2 a HT-2.

Trichoheceny mohou mít nepříznivé účinky na konzumenty potravin na bázi zrna a na zvířata konzumující kontaminované zrně. Toxicitu může vyvolat i vdechnutí a kontakt s kůží. Trichohecenová toxikóza se projevuje širokým spektrem klinických poruch, které se liší podle konkrétního toxinu nebo směsi toxinů přítomných v zrně (Haschek & Kenneth, 2013).

## 4. Metodika

### 4.1 Materiál

V práci bylo hodnoceno 289 odrůd a linií ječmene jarního na rezistenci k fuzarióze klasu. Soubor těchto druhů byl rozdělen do tří skupin podle původu materiálu. Skupina novošlechtěných odrůd ječmene jarního obsahovala 99 materiálů, skupina odrůd z genové banky měla 122 zástupců. Výběr odrůd z genové banky byl orientován tak, aby byly vybrány odrůdy reprezentující různé období registrace i různou provenienci. Zbýlých 68 zástupců patřilo mezi nesladovnické ječmeny jarní. U všech skupin byla dále určena řadovost a typ klasu. Ve větší části se jednalo o ječmeny dvouřadé, ale zastoupení měly i ječmeny šestiřadé. Převažovaly ječmeny pluchaté nad ječmeny nahými. Odrůdy a jejich vlastnosti jsou vypsány v tabulce č. 1.

Osivo bylo zajištěno v rámci řešení projektu č. TN01000062 (Biotechnologické centrum pro genotypování rostlin – dílčí projekt Ječmen). Osivo zajistil Agrotest fyto, s.r.o. - koordinátor dílčího projektu Ječmen.

Ječmen jarní byl pěstován na pozemku, kde bylo provedeno základní hnojení NPK (45:45:45). Výsev v roce 2019 proběhl v termínu od 19. do 20. března a v roce 2020 v termínu od 17. do 18. března. Výsev byl do hnízd – hnízda se zkoušenými materiály jsou vyseta proti sobě (infekční a neinfikovaná varianta) a jsou oddělena ochranným pásem (vyšší odrůda pšenice jarní), jako ochrana v průběhu inokulace. První týden v květnu proběhlo ošetření herbicidy (Agritox 1,25 l/ha a Starane 0,4 l/ha) a insekticidem Nexide (0,08 l/ha).



Obrázek č. 1: Výsev do hnízd. Foto Ing. Šárka Bártová

Tabulka č. 1: Přehled odrůd a materiálů ječmene jarního

	Počet řad <sup>1</sup>	Typ zrna	Materiál
1/11	2	p	C
1/19	2	p	C
1/29	2	p	C
1/41	2	p	C
1/46	2	p	C
17/601/1	2	p	A
17/601/10	2	p	A
17/601/12	2	p	A
17/601/13	2	p	A
17/601/14	2	p	A
17/601/15	2	p	A
17/601/16	2	p	A
17/601/17	2	p	A
17/601/18	2	p	A

<sup>1</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>2</sup>	Typ zrna	Materiál
17/601/19	2	p	A
17/601/2	2	p	A
17/601/20	2	p	A
17/601/21	2	p	A
17/601/22	2	p	A
17/601/23	2	p	A
17/601/24	2	p	A
17/601/27	2	p	A
17/601/28	2	p	A
17/601/29	2	p	A
17/601/3	2	p	A
17/601/30	2	p	A
17/601/31	2	p	A
17/601/33	2	p	A
17/601/34	2	p	A
17/601/35	2	p	A
17/601/36	2	p	A
17/601/37	2	p	A
17/601/38	2	p	A
17/601/39	2	p	A
17/601/4	2	p	A
17/601/40	2	p	A
17/601/43	2	p	A
17/601/44	2	p	A
17/601/45	2	p	A
17/601/46	2	p	A
17/601/47	2	p	A
17/601/5	2	p	A
17/601/50	2	p	A
17/601/52	2	p	A
17/601/53	2	p	A
17/601/54	2	p	A
17/601/55	2	p	A
17/601/56	2	p	A
17/601/57	2	p	A
17/601/6	2	p	A
17/601/7	2	p	A
17/601/8	2	p	A
17/601/9	2	p	A
17/605/1	2	p	A

<sup>2</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>3</sup>	Typ zrna	Materiál
17/605/12	2	p	A
17/605/13	2	p	A
17/605/14	2	p	A
17/605/18	2	p	A
17/605/19	2	p	A
17/605/21	2	p	A
17/605/23	2	p	A
17/605/25	2	p	A
17/605/26	2	p	A
17/605/28	2	p	A
17/605/29	2	p	A
17/605/31	2	p	A
17/605/32	2	p	A
17/605/35	2	p	A
17/605/36	2	p	A
17/605/38	2	p	A
17/605/39	2	p	A
17/605/40	2	p	A
17/605/42	2	p	A
17/605/43	2	p	A
17/605/44	2	p	A
17/605/45	2	p	A
17/605/47	2	p	A
17/605/48	2	p	A
17/605/49	2	p	A
17/605/5	2	p	A
17/605/55	2	p	A
17/605/58	2	p	A
17/605/59	2	p	A
17/605/6	2	p	A
17/605/60	2	p	A
17/605/61	2	p	A
17/605/62	2	p	A
17/605/64	2	p	A
17/605/67	2	p	A
17/605/70	2	p	A
17/605/76	2	p	A
17/605/77	2	p	A
17/605/78	2	p	A
17/605/8	2	p	A

<sup>3</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen



	Počet řad <sup>4</sup>	Typ zrna	Materiál
17/605/85	2	p	A
17/605/9	2	p	A
17/605/90	2	p	A
17/605/92	2	p	A
17/605/93	2	p	A
17/605/94	2	p	A
17/605/96	2	p	A
17/605/97	2	p	A
17/605/99	2	p	A
2/35	2	p	C
2/43	2	p	C
Adam	2	p	A
Adonia linie 1	6	p	B
Adonia linie 2	6	p	B
AF Cesar	2	n	C
AF Lucius	2	n	C
Akta Abed	2	p	B
Amalia	2	p	B
Arra	6	p	B
Asplund	6	p	B
Athos	2	p	B
Atribut	2	p	B
Bai Liu Leng	6	n	B
Balder Ohra	2	p	B
Ballerina	2	p	B
Bavaria Ackermanns	2	p	B
Bethges III	2	p	B
Bigo	6	p	B
Binder Abed	2	p	B
Blondie linie 1	2	p	B
Blondie linie 2	2	p	B
Bode	6	p	B
Braňovický C	2	p	B
Brenda	2	p	B
Carlsberg	2	p	B
Cask	2	p	B
CDC Fibar	2	n	C
CDC Rattan	2	n	C
Clearwater	2	n	C
Clermont	6	p	B

<sup>4</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>5</sup>	Typ zrna	Materiál
Commander	6	p	B
Cork	2	p	B
Denso	2	p	B
Deuce	2	p	B
Dinky linie 1	2	p	B
Dinky linie 2	2	p	B
Druzba	2	p	B
Duckbill	2	p	B
Ebstorfer Nacktgerste	6	n	B
Ekonom	2	p	B
Entresole	6	p	B
Esperance No. 227/1960	2	p	B
Glatgrannige von Vilmorin	6	p	B
Golden Promise	2	p	B
Goldmarker	2	p	B
Grammos	2	p	B
Granat Breustedts	6	p	B
Hadostreng	6	p	B
Haisa I Heines	2	p	B
Hanacky Kargyn	2	p	B
Harbine	6	p	B
Harriman	2	p	C
Heris	2	p	B
Hermine	2	p	B
Herlo line 1	6	p	B
Hero linie 2	6	p	B
Hockey	2	p	B
Chariot	2	p	B
Charkovskii 91	2	p	B
Chlumecky	2	p	B
Isaria Nova	2	p	B
Ishtar	6	p	B
Izmir 9 linie 1	6	p	B
Izmir 9 linie 2	6	p	B
Jelen	2	p	B
Jersey	2	p	B
Kilta	6	p	B
KM 2454-496	2	n	C
KM 2460-2	2	p	C
KM 2551-296	2	n	C

<sup>5</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>6</sup>	Typ zrna	Materiál
KM 2551-389	2	n	C
KM 2881-164	2	n	C
KM 2975	2	n	C
KM1057-1906.224.5.05	2	n	C
KM1057-1906.225.1.05	2	n	C
KM1057-1906-262-06	2	n	C
KM1057-1924	2	n	C
KM2283	2	n	C
KM2454.439.99...1.46.10-M	2	n	C
KM2454.439.99...1.46.10-M sel	2	n	C
KM2454.439.99...1.46.10-S	2	n	C
KM2454.439.99...1.46.10-S sel	2	n	C
KM2454.439.99.262.11	2	n	C
KM2551.469.1.02.296.11	2	n	C
KM2624	2	p	C
KM2693	2	n	C
KM2696.614/15.07	2	n	C
KM2881	2	n	C
KM2881.349.15	2	n	C
KM2881.350.15	2	n	C
KM2910.517.08	2	p	C
KM2942...94.11.14...371.15	2	n	C
KM2986	2	n	C
KM2986.353.15 (52)	2	n	C
KM2986.353.15 (38)	2	n	C
KM2986.354.15 (39)	2	n	C
KM3189.121.10.12	2	n	C
KM3191.12.2.15	2	n	C
KM3222.116.15	2	n	C
KM3227.175.14.10.138.47.12	2	n	C
KM3238.59.27.12...332.15	2	n	C
KM3255.105.1.15	2	n	C
KM3322.585.21.13 (42)	2	n	C
KM3322.585.21.13 (33)	2	n	C
KM3322.585.90.13	2	n	C
KM3339.600.1.13	2	n	C
KM3339.600.30.13	2	n	C
KM3340.58.2.15	2	p	C

<sup>6</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>7</sup>	Typ zrna	Materiál
KM3340.586.2.13	2	n	C
KM3340.65.2.15	2	n	C
KM3341.67.2.15	2	p	C
KM3342.588.61.13 (28)	2	p	C
KM3342.588.61.13 (24)	2	p	C
Krystal	6	p	B
Lapac	6	p	B
Lion	6	p	B
Logan	2	p	B
LP1	2	p	C
LP1-WT	2	p	C
LP2	2	p	C
LP2-WT	2	p	C
LP3	2	p	C
LP3-WT	2	p	C
LP4	2	p	C
LP4-WT	2	p	C
Lyallpur 3647	2	n	B
Malebo	6	p	B
Manchuria	6	p	B
Merkur	6	p	B
Murasski Mochi	6	n	B
Nagrad	2	p	B
Namoi	2	n	B
Nolc-Dregeruv Imperial A	2	p	B
Nomad	2	p	B
Novodvorsky Hanacky	2	p	B
Novum	2	p	B
Nudimelanocriton	2	n	C
Nugget	2	p	B
Oderlongauner Kneifelgerste 1.1	2	p	B
Oderlongauner Kneifelgerste 1.2	2	p	B
Odesskij 131	2	p	B
Odissej	2	p	B
Olont	2	p	B
Opavsky Kneifl	2	p	B
Otterbacher	2	p	B
Patty	2	p	B

<sup>7</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>8</sup>	Typ zrna	Materiál
Peatlant	6	p	B
Pirogovskij	2	p	B
Plena linie 1	2	p	B
Plena linie 2	2	p	B
Plumage Archer	2	p	B
Princesse	2	p	B
Prosa	2	p	B
Pumper 6 ZLG	6	p	B
Ragusa 415	6	p	B
Ratborsky	2	p	B
Research	2	p	B
Roxane	2	p	B
Rubin	2	p	B
Saxonia Malz Imperial	2	p	B
Selekcni Hanacky VIII.	2	p	B
Senor	2	p	B
Sinaji Mugi	6	p	B
Sladar linie 1	2	p	B
Sladar linie 2	2	p	B
Stephan	2	p	B
Stupicky Hanacky	2	p	B
Stupicky Plnozrnný	2	p	B
Sudan	6	p	B
Sulu	6	p	B
Tadmor	2	p	B
Tamina	2	p	B
Thaya Loosdorfers	2	p	B
Torcal	2	p	B
Trebi	6	p	B
Umanskij	2	p	B
Union Firlbecks	2	p	B
Valticky	2	p	B
Viva	2	p	B
Vybor	6	p	B
Weihenstephaner Mehltauresistente	2	p	B
Wisa Breuns	2	p	B

<sup>8</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

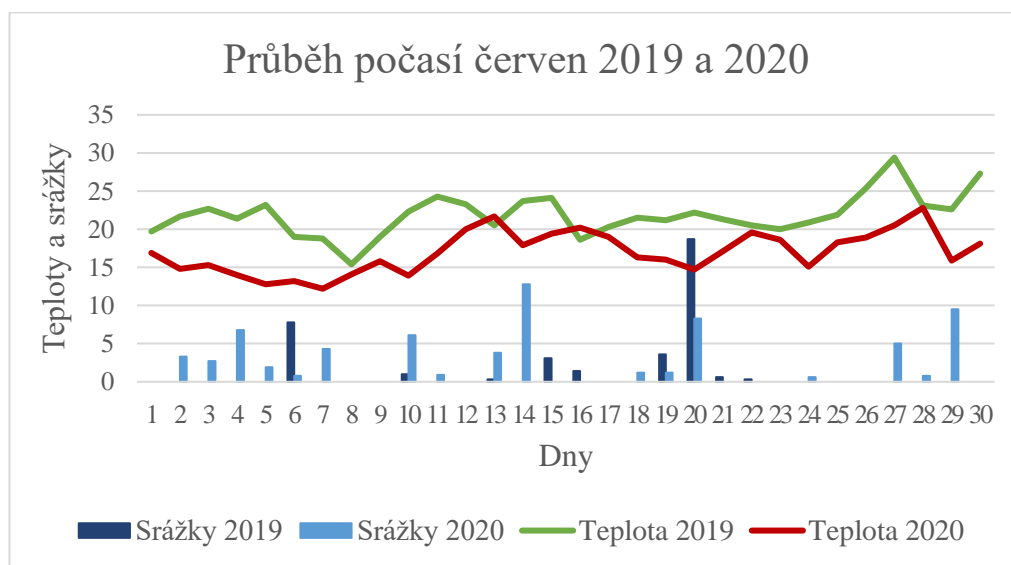
Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen

	Počet řad <sup>9</sup>	Typ zrna	Materiál
Wong	2	p	B
Woodrow	6	p	B
Ymer	2	p	B

## 4.2 Průběh počasí

Počasí může významně ovlivnit pokus. Vysoká vzdušná vlhkost podporuje rozvoj a šíření patogenu, naopak dlouhodobé sucho může šíření zpomalit. Závlaha byla během celého pokusu porostu dodávána pravidelně, ale přirozená závlaha způsobená srážkami, nebo ranní rosou je pro šíření patogenu také velmi důležitá. Jsou pro něj také příznivé mírné teploty. Příliš vysoké teploty a suchý vzduch může jeho šíření zastavit.

Grafy č. 1 a 2 ukazují průběh počasí během infekce až do sklizně klasů. Z grafu lze vyčíst průměrné denní teploty a srážky za jednotlivé dny. Rok 2019 byl výrazně sušší než rok 2020. V roce 2019 navíc bylo daleko víc tropických dnů, a to mohlo snížit vzdušnou vlhkost. Velmi dobré podmínky pro infekci byly v červnu 2020, kdy byly srážky rozděleny v průběhu celého měsíce a teploty byly vcelku mírné. Inokulace neprobíhala při silném dešti a větru.

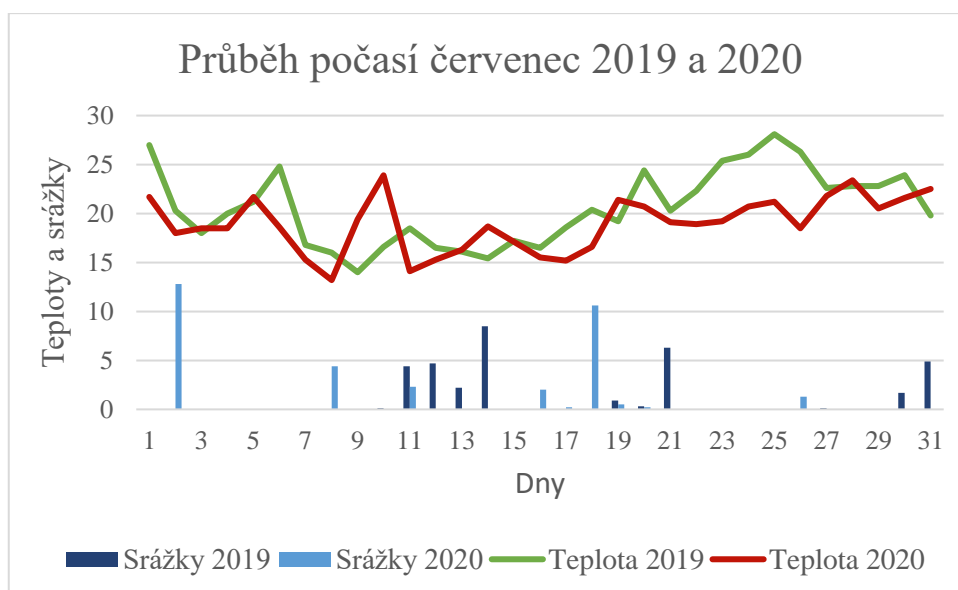


Graf č. 1: Průběh počasí červen 2019 a 2020

<sup>9</sup> Počet řad – 2 = dvouřadý, 6 = šestiřadý ječmen jarní

Typ zrna – p = pluchaté, n = nahé

Materiál – A = současná novošlechtění, B = materiál z genové banky, C = nesladovnický ječmen



Graf č. 2: Průběh počasí červenec 2019 a 2020

### 4.3 Příprava inokula

Pro inokulum se používají předem infikovaná zrna, která se navázila do skleněné baňky s destilovanou vodou. Roztok se pak několik minut míchal a průběžně se kontrolovala koncentrace konidií v roztoku. Poté se pak mohla přidat destilovaná voda, nebo přidat infikovaná semena podle potřebné koncentrace. Když se došlo ke koncentraci konidií  $0.8 \times 10^7/\text{ml}$  destilované vody, byla směs hotová.

Pokud není záměrně sledován pouze jeden určitý druh, je možné pro inokulum použít zrna infikovaná více druhy z rodu *Fusarium*. Nejčastěji se jedná o *F. graminearum* a *F. culmorum*, jelikož jde o hlavní producenty mykotoxinu DON (Tvarůžek et al. 2012). Je dokonce doporučeno používat směs druhů (*F. graminearum*, *F. culmorum* a *F. poae*) při inokulaci šlechtitelských materiálů. Nejen že toto zastoupení nejuvěrněji odpovídá skutečnému výskytu druhů z rodu *Fusarium* v zemědělské produkci, ale zvyšuje se produkce mykotoxinu a napadení rostlin (Chrprová et al. 2015).

### 4.4 Inokulace a symptomatické hodnocení

Inokulace ječmene probíhala v letních měsících, v roce 2019 v termínu od 3. do 20. června a v roce 2020 v období 28. května do 30. června.

Termín inokulace je závislý na stavu porostu, samotná inokulace se provádí ve fázi 65 – střed kvetení, kdy je rostlina nejvíc náchylná. V obou letech byla použita závlaha. Inokulace v nejnáchylnějším období (střed kvetení) a používání závlahy podporuje infekci a její šíření. Rostliny tak vykazují vyšší napadení, vyšší obsahy DON a tím se dá lépe zhodnotit odrůdová rezistence (Miedaner, 2004). Chrprová et al. (2015) vyzdvihuje jednoduchost této metody, ale uvádí jednu nevýhodu – malé množství sklizeného zrna pro další analýzy. Využití závlahy není jen pro podporu infekce, ale ve velké míře také k dodání stálé závlahy porostu. Pokus tak není limitován nedostatkem srážek, avšak může být ovlivněn povětrnostními podmínkami.

Při pokusu se jako inokulum použila suspenze *F. culmorum* (při koncentraci konidií  $0.8 \times 10^7/\text{ml}$ ), kterou bylo nastříkáno 10 vybraných klasů u každé odrůdy či materiálu. Klasy se pak na 24 hodiny přikryly polyetylenovým sáčkem pro lepší šíření infekce, ale hlavně pro zajištění ochrany proti dešti a závlaze (mohlo by dojít ke smytí inokula). Stav porostu byl sledován 14., 21. a 28. den po inokulaci. V případě dřívějšího projevu napadení může být kontrola posunutá (hodnocení začíná dnem objevení prvních příznaků).



Obrázek č. 2: Zakryté klasy po inokulaci. Foto autorka

Celkem se porost hodnotil třikrát, kdy byl sledován postup infekce a pronikání infekce do zrn. Výsledné symptomatické hodnocení se stanovilo po ukončení infekční doby (28–35. den po inokulaci). K hodnocení byla použita devítibodová stupnice ÚKZÚZ, která sleduje intenzitu napadení a velikost napadené plochy klasu.

#### Stupnice hodnocení:

- 9 bodů – napadení pokrývá méně než 5 % klasu, klas není zbarven
- 8 bodů – 5–17 % plochy klasu je napadeno
- 7 bodů – 18–30 % plochy klasu je napadeno
- 6 bodů – 31–43 % plochy klasu je napadeno
- 5 bodů – 44–56 % plochy klasu je napadeno
- 4 body – 57–69 % plochy klasu je napadeno
- 3 body – 70–82 % plochy klasu je napadeno
- 2 body – 83–95 % plochy klasu je napadeno
- 1 bod – více jak 95 % klasu je viditelně napadeno, výrazná změna barvy celého klasu.



Skóre vizuálních příznaků se udává z průměru všech tří hodnocení (Chrpová, 2015).



Obrázek č. 3: Šestiřadý ječmen jarní napadený *Fusarium* sp. Foto Ing. Šárka Bártová



Obrázek č. 4: Dvouřadý ječmen jarní napadený *Fusarium* sp. Foto Ing. Šárka Bártová

## 4.5 Redukce hmotnosti zrn

Po sklizni, která probíhala v obou letech na konci července, se zrno z klasů získalo mlácením na stacionární mlátičce. Mláčení probíhalo venku za bezvětří, aby zrna nebyla odnášena větrem. To bylo důležité hlavně u infikovaných zrn, která byla viditelně drobnější a lehčí než zrna z neinfikovaných klasů. Dále se muselo zrno důkladně přebrat a očistit od zbytku plev, zeminy a dalších drobných nečistot, které i po mlácení mohly zůstat na zrnech. Zrno se proto ještě jednou čistilo přes síto před vážením a před vložením do přístroje na počítání semen. Tento přístroj je totiž velmi citlivý a mohl by započítat nečistoty jako zrna, což by značně znehodnotilo výsledky. Po zjištění hmotnosti a počtu semen z 10 klasů se tyto hodnoty dosadily do vzorečku pro výpočet HTS (hmotnosti tisíce semen). Hmotnost semen (g) se vynásobí tisícem, a následně vydělí počtem semen.

Redukce byla poté stanovena rozdílem hmotnosti zdravých zrna a zrn infikovaných.

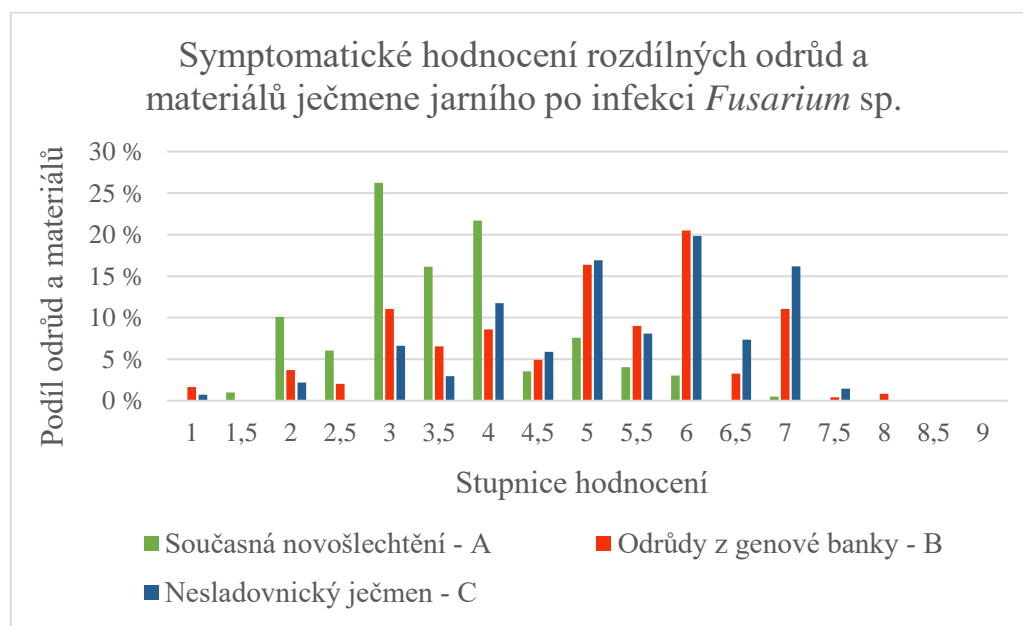
## 5. Výsledky

V práci byly použity výsledky pokusů z roku 2019 a 2020. Porovnávala se rezistence z hlediska původu osiva (novošlechtění, genová banka, nesladovnický ječmen), řadovosti (dvouřadé ku šestiřadým) a také efekt pluchatosti nebo naopak bezpluchosti na odolnost klasu vůči fuzarióze klasu. Hodnotily se vždy všechny testované odrůdy a materiály rozdělené podle daného kritéria (materiál (A, B, C), počet řad, typ zrna), neprováděl se užší výběr. Všechny výsledky jsou v následujících podkapitolách graficky znázorněné.

### 5.1 Symptomatické hodnocení odrůd

#### 5.1.1 Výsledky materiálu

Jako nejnáchylnější na napadení se ukázali zástupci skupiny A. Největší podíl z nich byl hodnocen stupněm 3, což znamená, že jejich klas byl napaden ze ¾. U skupin B a C byl naopak největší podíl zástupců hodnocen stupněm 6, který odpovídá napadení klasu z ¼. Jen velmi málo materiálů ze všech skupin (<5 %) mělo klas napadený úplně (>95 %). Naopak žádný z materiálů nedosáhl hodnocení 8,5 nebo 9, což znamená, že klasy byly napadeny minimálně na 12 % povrchu. Situace je dokumentována na grafu č. 4.

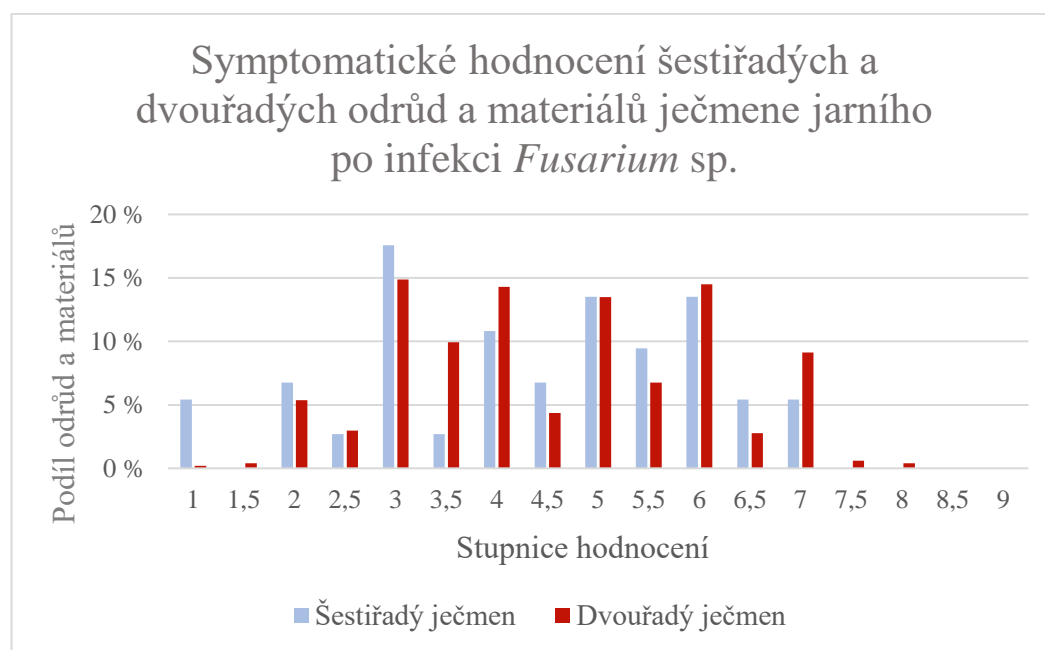


Graf č. 3: Symptomatické hodnocení rozdílných odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

#### 5.1.2 Výsledky hodnocení podle počtu řad

Nejvyšší zastoupení dvouřadých i šestiřadých ječmenů jarních je v bodovém hodnocení 3, 5 a 6, kdy zastoupení obou skupin v bodech 5 a 6 je 14 %. Obě skupiny mají nejvyšší zastoupení v bodě 3 (70–82 % plochy klasu napadeno). Ječmen šestiřadý byl na rozdíl od ječmene dvouřadého hodnocen i bodem 1 (napadeno více jak 95 % klasu) a bylo tak ohodnoceno 5 % jeho zástupců. Tím lze předpokládat, že jeho odolnost k fuzarióze je nižší než

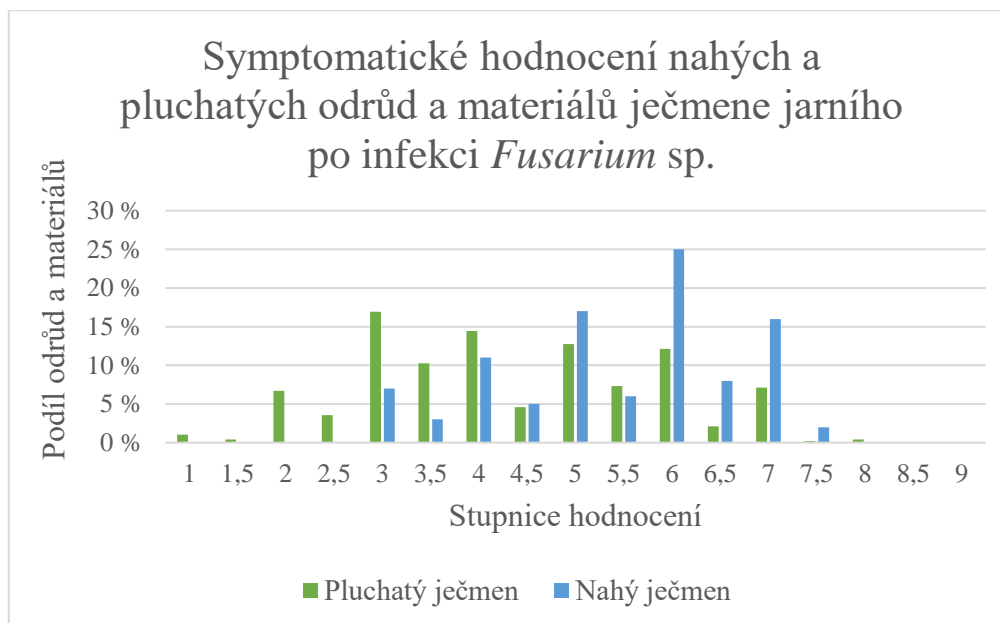
u dvouřadého ječmene. Ječmen šestiřadý byl nejlépe hodnocen bodem 7 (18–30 % plochy klasu napadeno), kde se nachází 5 % jeho zástupců. Oproti tomu ječmen dvouřadý má své zástupce v nižším zastoupení i v hodnotách 7,5 a 8 (napadení 5–17 % povrchu klasu). Žádná skupina neměla zástupce v bodech 8,5 a 9, tj. žádný zástupce nebyl napaden méně než z 5 %. Symptomatické hodnocení šestiřadého a dvouřadého ječmene jarního je zobrazeno grafem č. 5.



Graf č. 4: Symptomatické hodnocení šestiřadých a dvouřadých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

### 5.1.3 Výsledky hodnocení podle typu zrna

Ječmen nahý se vyskytoval převážně ve vyšších bodových hodnoceních, jeho zástupci jsou ve velkém množství v bodech 5, 6 a 7 z čehož vyplývá, že velká část zástupců této skupiny neměla klas napadený z více jak 44 %. V bodě 6 (klas napadený z 31–43 %) se vyskytuje až ¼ všech jeho zástupců. Naopak ječmen pluchatý má vyšší zastoupení v bodě 3 (napadeno 70–82 % plochy klasu) a s vyšším bodovým hodnocením ubývá jeho zástupců. Na rozdíl od ječmene nahého zcela dominuje bodům 1–3 (minimální napadení 82 %), kde se nevyskytují žádní zástupci ječmene nahého. Z toho lze usoudit, že vyšší odolnost k fuzarióze klasu má ječmen nahý i přes to, že se nevyskytuje v bodech 8 a 9, jeho napadení nebylo nižší než 18 %.

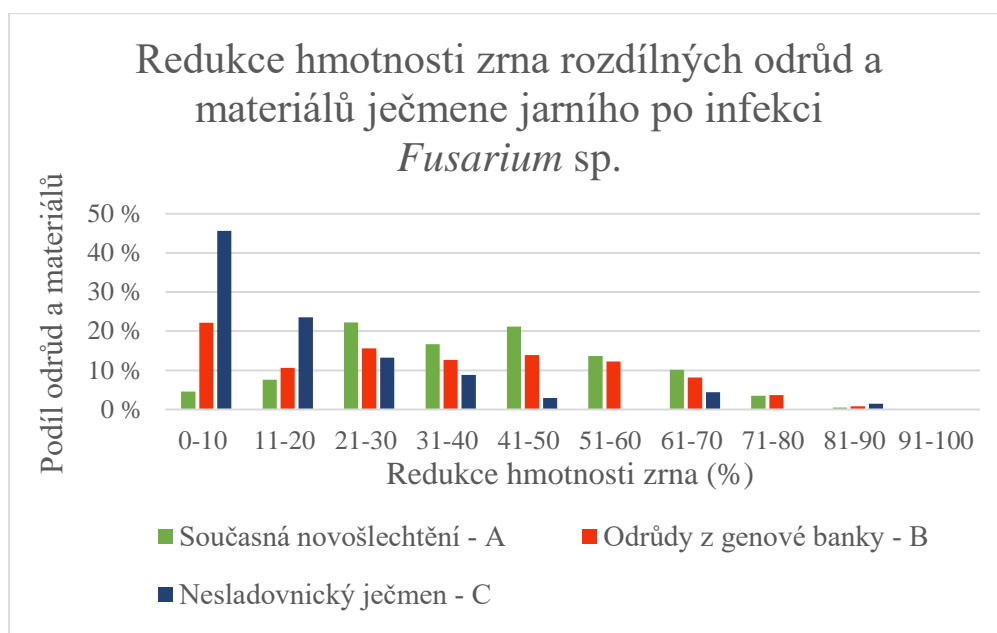


Graf č. 5: Symptomatické hodnocení nahých a pluchatých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

## 5.2 Redukce hmotnosti zrna

### 5.2.1 Výsledky hodnocení podle materiálu

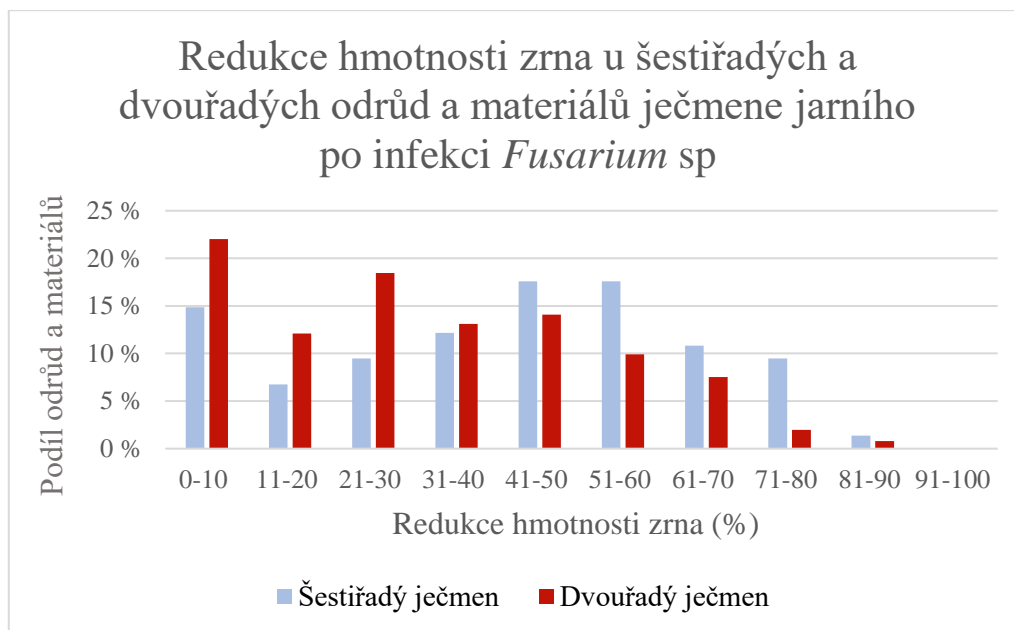
Nejnižší redukci hmotnosti zrna vykazuje skupina C – nesladovnický ječmen, kdy skoro polovina jeho zástupců nemá žádnou redukci hmotnosti zrna, nebo má redukci hmotnosti zrna do 10 %. Zástupci skupiny C jsou ještě v 24% zastoupení v limitu redukce hmotnosti 11–20 %, ale s rostoucí redukcí hmotnosti zrna se počet jejich zástupců snižuje. Nejvíce zástupců skupiny B – odrůd z genové banky se vyskytuje u redukce hmotnosti 0–10 %, poté je jejich výskyt rovnoměrně rozprostřen a nad hranici 60% redukce hmotnosti zástupců značně ubývá. Skupina A – nesladovnické ječmeny má nejvíce zástupců v limitu 21–30 % a 41–50 % redukce hmotnosti zrna. V těchto dvou limitech je skoro polovina všech zástupců této skupiny. Žádná skupina nemá zástupce u víc jak 91% redukce hmotnosti zrna. Redukce hmotnosti zrna rozdílných odrůd a materiálů je ukázána v grafu č. 7.



Graf č. 6: Redukce hmotnosti zrna rozdílných odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

### 5.2.2 Výsledky hodnocení podle počtu řad

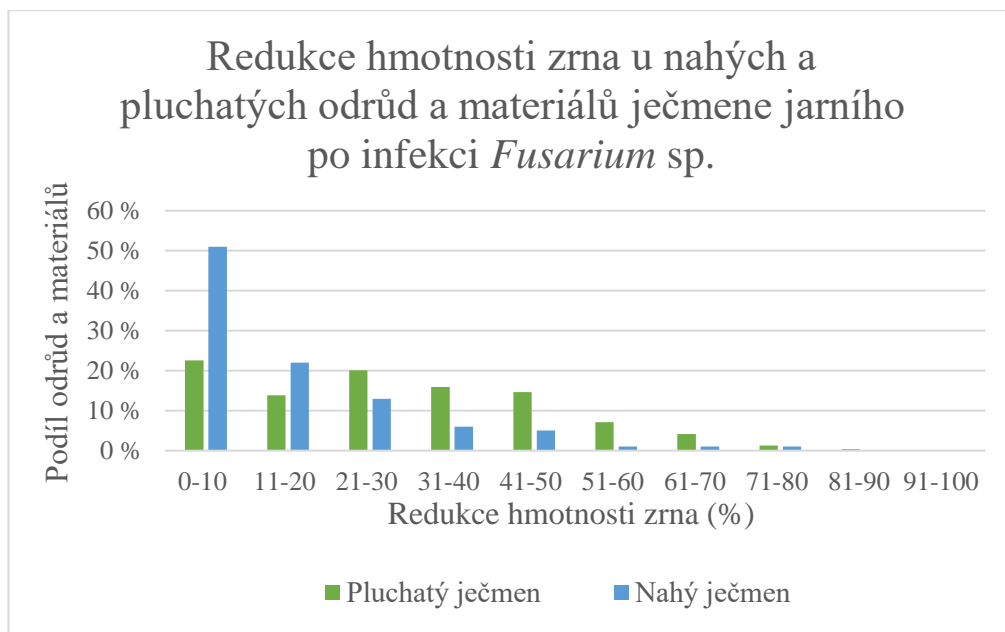
O poznání nižší redukci hmotnosti zrna má dvouřadý ječmen, jehož zástupci se ve velké většině (22% zastoupení) vyskytují v limitu redukce hmotnosti 0–10 %. Velké zastoupení má i u redukce 21–30 %, kde se nachází 18 % jeho zástupců. S rostoucí redukcí hmotnosti se výskyt jeho zástupců snižuje a nad 70% redukci hmotnosti zrna se vyskytuje velmi zřídka. Oproti tomu ječmen šestiřadý má u 71% redukce hmotnosti zrna skoro 10% zastoupení a velká většina šestiřadých ječmenů má redukci hmotnosti zrna od 41 do 60 %. U obou je malé zastoupení v 81–90% redukci, kdy jde hlavně o velmi náchylné odrůdy. Žádný zástupce nemá vyšší redukci hmotnosti zrna než 90 %. Situace je popsána grafem č. 7.



Graf č. 7: Redukce hmotnosti zrna u šestiřadých a dvouřadých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

### 5.2.3 Výsledky hodnocení podle typu zrna

Z výsledků lze usoudit, že ječmen nahý daleko lépe odolává fuzarióze klasu, respektive toto onemocnění nevyvolává vysokou redukci zrna. Ječmen nahý má až 50% zastoupení v limitu redukce hmotnosti 0–10 %, navíc 22 % jeho zástupců se pak dále vyskytuje do 20% redukce hmotnosti zrna. Redukce hmotnosti zrna nad 50 % je u nahého ječmene velmi nízká, zástupci se zde vyskytují v jednotkách a jde o odrůdy náchylné napadení. U ječmene pluchatého má většina zástupců redukci hmotnosti do 30 %, dále se v nižším zastoupení (pod 20 %) vyskytují do 50% redukce hmotnosti zrna a s rostoucí redukcí se vyskytuje méně zástupců. Redukci hmotnosti zrna nad 90 % nemá žádný zástupce.



Graf č. 8: Redukce hmotnosti zrna u nahých a pluchatých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.



## 6. Diskuse

### Výsledky hodnocení podle materiálu

Za nízkou redukci hmotnosti zrna u nesladovnických druhů ječmene jarního může fakt, že většina odrůd této skupiny patří mezi odrůdy s vyšší rezistencí k fuzarióze klasu. Do skupiny patří velký počet odrůd a materiálů, které jsou hodnoceny jako odolné (KM3255.105.1.15, KM2693, CDC Rattan...). Podobně již v minulosti Chrpová et al. (2015) zjistili větší zastoupení odolných odrůd mezi nesladovnickými ječmeny.

Jak grafy č. 3 a 6 vypovídají, odrůdy z genové banky jsou rozprostřené po celé stupnici a jejich redukce hmotnosti zrna je průměrná. To je způsobeno různorodostí skupiny. Skupina zahrnuje jak odrůdy vykazující málo symptomů (Athos, Odesskij 131, Wong...), tak i odrůdy velmi náchylné (Sladar line 1, Ishtar, Entresole).

Současná novošlechtění sladovnického ječmene sledovaná v tomto pokusu jsou si velmi geneticky příbuzná. Příbuznost, a tedy i podobné chování dokazuje i fakt, že víc jak polovina zástupců se vyskytuje ve třech bodech stupnice velmi blízko u sebe (viz. graf č. 3: Symptomatické hodnocení rozdílných odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp. – body 3, 3,5 a 4). Jejich symptomatické hodnocení a redukce hmotnosti zrna nenaznačují, že to jsou vhodné odrůdy pro sladovnické využití. Je potřeba zlepšit resistenci druhů a tím i zlepšit kvalitu sklizeného zrna a jeho využití do budoucna ve sladovnickém průmyslu. Na tuto problematiku se zaměřuje Špunarová et al. (2005), která uvádí, že u sladovnického ječmene se pozoruje nejen dostatečná resistance k fuzarióze klasu, ale také dostatečný extrakt v sušině sladu jako základní parametry sladovnického ječmene. Sladovnické odrůdy ječmene jarního existují, avšak je často obtížné skloubit resistenci proti fuzarióze klasu s potřebnou kvalitou pro sladovnictví.

### Výsledky hodnocení podle počtu řad

Jak pokus potvrdil, dvouřadý ječmen je víc odolný fuzarióze klasu než ječmen šestiřadý. Rezistence je docílena systémem uspořádání zrna v klasu. Zatímco v klasu šestiřadého ječmene jsou zrna velmi těsně u sebe, u dvouřadého ječmene jsou zrna podstatně volněji uspořádaná. To může mít za následek odlišné šíření patogenu po klasu šestiřadého a dvouřadého ječmene. Šestiřadý ječmen jarní, který svou stavbou lépe zadržuje vlhkost, tím může patogenu poskytnout ideální podmínky pro jeho šíření. Tuto teorii podporuje i mnoho dalších autorů, kteří ji dokládají i výzkumem obsahu DON v zrnech ječmene. Například Steffenson (2003) zaznamenal až o 20 % nižší koncentraci DON v zrnech dvouřadého ječmene než v zrnech ječmene šestiřadého.

Bai & Shaner (2004) uvádějí, že dnes mnoho zástupců rezistentních ječmenů patří do skupiny dvouřadých ječmenů. Pro sladovnictví jsou však preferovány odrůdy šestiřadé, a tak není přirozená odolnost dvouřadého ječmene v tomto odvětví využita. Jako velmi dobrou

odrůdu sladovnického ječmene hodnotí odrůdu Chevron, která je sice odolnější, ale koncentrace DON v zrně se může dostat nad limit, který se sleduje pro sladovnický průmysl.

## **Výsledky hodnocení podle typu zrna**

Výsledky symptomatického hodnocení pluchatého ječmene jarního nebyly nejlepší. Jeho zástupci byly ve velké míře hlavně v první polovině stupnice – tzn. jejich klasy byly napadeny z více jak 50 %. Avšak redukce hmotnosti zrna nebyla tak vysoká, jak by se ze symptomatického hodnocení dalo předpokládat. Nízkou redukcí hmotnosti zrna má za následek přítomnost pluch. Khatibio et al. (2012) zmiňují ve své práci fakt, že i když měl pluchatý ječmen horší průběh infekce, obsah DON v zrnech nebyl tak vysoký a zrna nebyla viditelně poškozena. Mykotoxin se nahromadil v pluchách obklopujících zrna a jeho konečná koncentrace pouze v zrně byla velmi nízká, skoro žádná. Pluchy tím pádem slouží jako bariéra proti proniknutí patogenu k zrně a s tím související napadení zrna myceliem, které způsobuje redukci hmotnosti zrna a výskyt mykotoxinů. V práci byla tato hypotéza zrna chráněného pluchami před patogenem potvrzena.

Jelikož se většina mykotoxinů koncentruje v pluchách, je důležité, aby byl pluchatý ječmen před dalším zpracováním zbaven pluch. Podle Scudamora et al. (2007) se tím může ječmen zbavit až 90 % veškerých mykotoxinů. U nahého ječmene se nic takového neprovádí, probíhá pouze čištění zrna. Je tedy vhodné počítat se sníženou koncentrací mykotoxinu u pluchatého ječmene po zbavení zrna pluch a na druhou stranu věnovat zvýšenou pozornost ječmeni nahému, u kterého ke snížení koncentrace mykotoxinů v průběhu zpracování zrna nedochází.

## 7. Závěr

Při hodnocení souboru 289 druhů a materiálů ječmene jarního jsme došli k výsledku, že nesladovnické ječmeny jsou v průměru daleko více odolné než ostatní materiály. Je to způsobeno tím, že velké množství jejich zástupců je řazeno mezi odolné odrůdy. Tyto velmi odolné odrůdy nesladovnického ječmene jarního mohou být využity pro krmivo, nebo v potravinářském průmyslu (pekárenství, funkční potraviny...). Skupina zástupců z genové banky měla velmi průměrné výsledky. Jejich zástupci byly jak odrůdy odolné, tak odrůdy náchylné a ve výsledcích se tyto jejich vlastnosti zprůměrovaly. Současná novošlechtění sladovnického ječmene jarního nevyšla v pokusu jako velmi odolná skupina. Při symptomatickém hodnocení měla více než polovina zástupců napadeno víc jak 50 % plochy klasu. Redukce hmotnosti jejich zrna byla vysoká. Do budoucna je potřeba zajistit vyšší odolnost odrůd a zároveň dostatečnou sladovnickou kvalitu, která je u ječmene s využitím ve sladovnictví nutná.

Byla potvrzena hypotéza, že dvouřadý ječmen bude mít vyšší rezistenci k fuzarióze klasu než ječmen šestiřadý. To je způsobeno rozmístěním zrn v klasu, kdy se patogen lépe šíří po těsném klasu ječmene šestiřadého. Pivovarnický průmysl, který k výrobě sladu preferuje používání ječmene šestiřadého před ječmenem dvouřadým, musí věnovat ječmeni šestiřadému vyšší pozornost a provádět častější kontroly porostu.

Pluchy jsou velmi efektivní mechanismy pasivní resistance ječmene jarního. I při viditelném napadení klasu, které by mohlo predikovat vysokou redukci hmotnosti zrna po napadení, nebyla redukce hmotnosti zrna nijak extrémní. Je to dáno tím, že pluchy ječmene jarního slouží jako ochrana před proniknutím patogenu až k zrnu. Redukce hmotnosti zrna pak není vysoká a zrno neztrácí na kvalitě. Po odstranění pluch se může zrno dále využívat v různých odvětvích, např. v potravinářském průmyslu.

Počasi v době infekce a růstu porostu může významně ovlivnit výsledky pokusu. Výkyvy počasí mezi jednotlivými roky (hlavně srážky, teplota, intenzita slunečního záření) nejsou při pokusu ideální a pro opravdu přesné výsledky by bylo vhodné opakovat pokus aspoň tři roky po sobě. Proto bude pokus nadále pokračovat a práce bude v budoucnu obohacena i o výsledky koncentrace mykotoxinu DON v zrnech ječmene jarního.

## 8. Literatura

Antonissen G, Martel A, Pasmans F, Ducatelle R, Verbrugghe E, Vandebroucke V, Li S, Haesebrouck F, Van Immerseel F, Croubels S. 2014. The impact of *Fusarium* mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases. *Toxins* (e20430) DOI: [10.3390/toxins6020430](https://doi.org/10.3390/toxins6020430)

Babadoost M. 2018. *Fusarium*: Historical and Continued Importance in Askun T, editor. *Fusarium: Plant Diseases, Pathogen Diversity, Genetic Diversity, Resistance and Molecular Markers*. IntechOpen, London. s. 13-25.

Bai G, Shaner G. 2004. Management and resistance in wheat and barely to fusarium head blight. *Annual Review of Phytopathology* 2004. **42**:135–61

Benada J. 2001. Metodika pěstování jarních obilnin. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž s. r. o, Kroměříž. 143 s. ISBN 80-902545-4-3.

BioLib.cz. *BioLib.cz* [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonposition/id224563/>

Bottalico A, Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. Pages 611-624 in Logrieco A, Bailey J. A, Corazza L, Cooke B.M, editors. *Mycotoxins in Plant Disease*. Springer, Dordrecht.

Brown Jr WM, Hill Joseph P, Velasco VR. 2001. Barley yellow rust in North America. *Annual Review of Phytopathology* **39**: 367-384.

Daamen R. 1989. Assessment of the profile of powdery mildew and its damage function at low disease intensities in field experiments with winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **95**: 85–105.

Fanelli C, Ricelli A, Reverberi M, Fabbri A. A, Pandalai S. 2004. Aflatoxins and ochratoxins in cereal grains: An open challenge. *Recent Research Development in Crop Science*. **1**: 295–317.

Fiedorow Z, Gołębniak B, Weber Z. 2004. *Choroby roślin rolniczych*. AR. Poznań. s. 207. ISBN 978-83-7160-468-3

Forster R. 2003. Barley Diseases. Pages 36-43 in Robertson D. L, Stark C. J, editors. *Idaho Spring Barley Production Guide*. University of Idaho, Idaho.

Goodwin S, Saghai Maroof A, Allard R, Webster R. 1993. Isozyme variation within and among populations of *Rhynchosporium secalis* in Europe, Australia and the United States. *Mycological Research* **97**: 49–58.

Goswami S. R, Kistler C. H. 2004. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology* **5**: 515-525.

Hájek M, Černý L, Vašák J. 2006. Pohled do historie pěstování sladovnického ječmene. Úspěšné plodiny pro velký trh“ - Ječmen a cukrovka. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, str. 4-5.

Haschek M. W, Kenneth A.V. 2013. Chapter 39 – Mycotoxins. Pages 1187-1258 in Haschek M W, Rousseaux G. C, Wallig A. M, editors. *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology (Third Edition)*. Academic Press, Illinois.

Chaves M. S, Martinelli J. A, Wesp C. D. L, Graichen F. A. S. 2008. The cereal rusts: an overview. *Pest Technology* **2**: 38-55.

Chrpová J, Šíp V, Štěrbová L, Sumíková T, Palicová J. 2015. Metodika hodnocení rezistence pšenice ke klasovým fuzariózám v polních podmínkách. *Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6 - Ruzyně*.

Chrpová J, Šíp V, Štočková L, Sumíková T. 2012. Odolnost odrůd jarního ječmene k fuzarióze klasu. *Úroda* **60**: 11–14.

Jurečka D, Pařízek P. 1995. Přehled odrůd jarního ječmene. PAX Agris, Brno. 24 s.

Khatibi P. A, Berger G, Liu S, Brooks W. S, Griffey C. A, Schmale D. G III. 2012. Resistance to *Fusarium* head blight and deoxyniva-lenol accumulation in Virginia barley. *Plant Dis.* **96**: 279-284.

Klem K, Hřivna L, Ryant P, Míša P. 2011. Využití diagnostických metod pro rozhodovací procesy v pěstební technologii jarního ječmene. *Agrotest fyto s. r. o, Kroměříž*. 88 s. ISBN 978-80-904597-0-3

Krausko A, Broba O, Macek H. 1980. Jarný jačmeň. *Príroda Bratislava, Bratislava*. 136 s.

Kusch S, Panstruga R. 2017. mlo-Based Resistance: An Apparently Universal "Weapon" to Defeat Powdery Mildew Disease. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **30**: 179–189.

Malachová A, Hajšlová J, Ehrenbergerová J, Kostelanská M, Zachariášová M, Urbanová J, Cerkal R, Šafránková I, Marková J, Vaculová K, Hrstková P. 2010. *Fusarium* mycotoxins in spring barley and their transfer into malt. *Kvasný průmysl* **56**: 131-137.

Markell S. G, Francl, L. J. 2003. *Fusarium* head blight inoculum: species prevalence and *Gibberella zeae* spore type. *Plant Disease* **87**: 814–820.

Martinez-Espinoza A, Sawyer A, Youmans J, Buck J. 2014. Identification and Control of Leaf Rust of Wheat in Georgia. *The University of Georgia and Fort Valley State University, Georgia*. s. 1-5

Mathre D. E. 1997. Compendium of Barley Diseases, American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota. 120 s. ISBN: 978-0-89054-180-7

McIntosh G. H, Whyte J, McArthur R, Nestel P. J. 1991. Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition* **53**: 1205-1209.

Moudrý J. 2000. Obiloviny – In: Diviš. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice

Newton A, Flavell A, George T, Leat P, Mullholland B, Ramsay L, Revoredo-Giha C, Russell J, Steffenson B, Swanston J, Thomas W, Waugh R, White P, Bingham I. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: A resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security* **3**: 141-178.

OECD. 2004. Consensus document on compositional considerations for new varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.): Key food and feed nutrients and anti-nutrients. Environment Directorate, Paris.

Park F. R, Golegaonkar G. P, Derevnina L, Sandhu S. K, Karaoglu H, Elmansour M, Dracatos M. P, Singh D. 2015. Leaf Rust of Cultivated Barley: Pathology and Control. *The Annual Review of Phytopathology*: **53**: 565-589.

Parry D.W, Jenkinson P, McLeod L. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grains — a review. *Plant Pathology* **44**: 207–238.

Perincherry L, Lalak-Kańczugowska J, Stępień Ł. 2019. Fusarium – Produced Mycotoxins in Plant – Pathogen Interactions. *Toxins* (e11664) DOI: [10.3390/toxins11110664](https://doi.org/10.3390/toxins11110664)

Pietrusińska A, Tratwal A. 2020. Characteristics of powdery mildew and its importance for wheat grown in Poland. *Plant Protection Science* **56**: 141–153.

Reverberi M, Fabbri A. A, Zjalic S, Ricelli A, Punelli F, Fanelli C. 2005. Antioxidant enzymes stimulation in *Aspergillus parasiticus* by *Lentinula edodes* inhibits aflatoxin production. *Applied Microbiology and Biotechnology* **69**: 207-215.

Reverberi M, Ricelli A, Zjalic S, Fabbri A. A, Fanelli C. 2010. Natural functions of mycotoxins and control of their biosynthesis in fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology* **87**: 899-911.

Scudamore K. A, Baillie H, Patel S, Edwards S. G. 2007. Occurrence and fate of Fusarium mycotoxins during commercial processing of oats in the UK. *Food Addit. Contam* **24**: 1374–1385.

Shiferaw B, Smale M, Braun H. J, Duveiller E, Reynolds M, Muricho G. 2013. Crops that feed the world. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security* **5**: 291–317.

- Shipton W, Boyd W, Ali S. 1974. Scald of barley. *Review of Plant Pathology* **53**: 839–6.
- Shipton W. A, Khan T. N, Boyd W. J. R. 1973. Net blotch of barley. *Plant Pathology* **52**: 269–290.
- Schmale D. G, Bergstrom C. G. 2003. Fusarium head blight in wheat. *The Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-I-2003-0612-01.
- Schmale III, D. G. and G. C. Bergstrom. 2003. Fusarium head blight in wheat. *The Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-I-2003-0612-01. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Fusarium.aspx>
- Sobrova P, Adam V, Vasatkova A, Beklova M, Zeman L, Krizek R. 2010. Deoxynivalenol and its toxicity. *Interdisciplinary Toxicology* **3**: 94–99.
- Steffenson B. J. 2003. Fusarium head blight of barley: Impact, epidemics, management, and strategies for identifying and utilizing genetic resistance. Pages 241-295 in: *Fusarium Head Blight of Wheat and Barley*. K. J. Leonard and W. R. Bushnell, editors. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Suchý P, Herzig I. 2005. Plísně a mykotoxiny, prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha. 25 s.
- Širučková I, Kroutil P. 2007. Fuzariózy na obilninách (*Fusarium* spp.). Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou, [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: [http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/4-Fuzariozy\\_na\\_obilninach.pdf](http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/4-Fuzariozy_na_obilninach.pdf)
- Špaldon E. 1963. Rostlinná výroba. 1. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha. 676 s. ISBN: 64-092-63
- Štěrbá Z, Moudrý J. 2007. Jarní ječmen (*Hordeum vulgare* L.) v ekologickém zemědělství. Strany Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Taner A, Muzaffer A, Fazil D. 2004. Barley: Post-harvest Operations. Pages 64 In Danilo Mejía, editor. *Post Harvest Compendium*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ankara, Turkey. [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/inpho/docs/Post\\_Harvest\\_Compendium\\_-\\_BARLEY.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_BARLEY.pdf)
- Tortorano A. M, Richardson M, Roilides E, van Diepeningen A, Caira M, Munoz P. 2014. ESCMID and ECMM joint guidelines on diagnosis and management of hyalohyphomycosis: *Fusarium* spp., *Scedosporium* spp. and others. *Clinical Microbiology and Infection* **20**: 27-46.
- Tvarůžek L, Matušinsky P, Vyšehřídová M. 2012. Metodika pro zakládání a hodnocení pokusů s umělou inokulací obilnin fuzariózami klasů. Agrofest fyto, s.r.o., Kroměříž.

Weibull J, Walther U, Sato K, Habekuß A, Kopahnke D, Proeseler G. 2003. Diversity in resistance to biotic stresses. *Developments in Plant Genetics and Breeding* **7**:143-178.

Yli-Mattila T. 2010. Ecology and evolution of toxigenic *Fusarium* species in cereals in Northern Europe and Asia. *J. Plant Pathology* **92**: 7–18.

Zhaohui L, Ellwood R. S, Oliver P. R, Friesen L T. 2011. *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen. *Molecular Plant Pathology* **12**: 1-19

Zhou M. X. 2009. Barley Production and Consumption. Pages 1-17 in Zhang G., Li C, editors. *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality. Advanced Topics in Science and Technology in China*. Springer, Berlin.

Zimolka J. 2006. Ječmen – formy a užitkové směry v České republice. Profi Press. Praha. 200 s. ISBN 80-86726-18-5

Zimolka J. 2006. Současné a perspektivní uplatnění ječmene. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a. s. Praha. 158-160 s. ISBN 80-86576-22-1.

## **Seznam tabulek:**

Tabulka č. 1: Přehled odrůd a materiálů ječmene jarního

## **Seznam obrázků:**

Obrázek č. 2: Výsev do hnízd. Foto Ing. Šárka Bártová

Obrázek č. 2: Zakryté klasy po inokulaci. Foto autorka

Obrázek č. 3: Šestiřadý ječmen jarní napadený *Fusarium* sp. Foto Ing. Šárka Bártová

Obrázek č. 4: Dvouřadý ječmen jarní napadený *Fusarium* sp. Foto Ing. Šárka Bártová

## **Seznam grafů:**

Graf č. 1: Průběh počasí červen 2019 a 2020

Graf č. 2: Průběh počasí červenec 2019 a 2020

Graf č. 3: Symptomatické hodnocení rozdílných odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

Graf č. 4: Symptomatické hodnocení šestiřadých a dvouřadých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

Graf č. 5: Symptomatické hodnocení nahých a pluchatých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.



Graf č. 6: Redukce hmotnosti zrna rozdílných odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

Graf č. 7: Redukce hmotnosti zrna u šestiřadých a dvouřadých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.

Graf č. 8: Redukce hmotnosti zrna u nahých a pluchatých odrůd a materiálů ječmene jarního po infekci *Fusarium* sp.



