

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Bakalářská práce**

**Olomouc 2024**

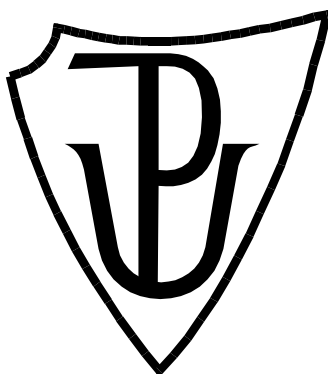
**Ondřej Raška**



**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra botaniky**



## **Houby užitečné i jedovaté**

**Bakalářská práce**

**Ondřej Raška**

Biologie pro vzdělávání maior – Chemie pro vzdělávání minor  
Forma studia: Prezenční

**Olomouc 2024**

**Vedoucí práce: Mgr. Pavel Matušinský, Ph.D.**



Specializace v rámci které má být VŠKP vypracována: Biologie pro vzdělávání maior

## Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Ondřej RAŠKA

Osobní číslo: R21731

Adresa: Vlárská 423, Brumov-Bylnice - Bylnice, 76331 Brumov-Bylnice, Česká republika

Téma práce: Houby užitečné i jedovaté

Téma práce anglicky: Fungi useful and poisonous

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Matušinský, Ph.D.

Katedra botaniky

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše k danému tématu
2. Charakterizace houbových organismů
3. Popis současných znalostí o využití hub v průmyslu, zemědělství, farmacii a potravinářství
4. Kapitola o houbách jedovatých a hlavních jedech a mechanismu účinku jedu na lidský organismus
5. Kapitola o interakcích hub a rostlin, mykorrhiza, endofytismus, parazitismus
6. Založení pokusu s rostlinami a houbami
7. Sledování a vyhodnocení pokusu

Seznam doporučené literatury:

MIESLEROVÁ, Barbora; SEDLÁŘOVÁ, Michaela; LEBEDA, Aleš. 2015. *Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Studijní literatura. ISBN 978-80-244-4703-2.

Fisher, NITROGEN AND PHOSPHORUS MOBILIZATION BY THE FAIRY RING FUNGUS, MARASMIUS OREAD\_ES (BOLT.) FR. od Bid. Biochem. Vol. 9, pp. 239 to 241. Pergamon Press 1977. Printed in Great Brita

Hiltunen M, Ament-Velásquez SL, Johannesson H. The Assembled and Annotated Genome of the Fairy-Ring Fungus *Marasmius oreades*. *Genome Biol Evol.* 2021 Jul 6;13(7):evab126. doi: 10.1093/gbe/evab126. PMID: 34051082; PMCID: PMC8290104.

Takano T, Yamamoto N, Suzuki T, Dohra H, Choi JH, Terashima Y, Yokoyama K, Kawagishi H, Yano K. Genome sequence analysis of the fairy ring-forming fungus *Lepista sordida* and gene candidates for interaction with plants. *Sci Rep.* 2019 Apr 10;9(1):5888. doi: 10.1038/s41598-019-42231-9. PMID: 30971747; PMCID: PMC6458111.

Karbowy-Thongbai, Benjarong & Wittstein, Kathrin & Richter, Christian & Miller, Steven & Hyde, Kevin & Thongklang, Naritsada & Klomklung, Namphung & Chu-keatirote, Ekachai & Stadler, Marc. (2017). Successful cultivation of a valuable wild strain of *Lepista sordida* from Thailand. *Mycological Progress.* 16. 211-223. 10.1007/s11557-016-1262-0.

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Podpis vedoucího pracoviště:

Datum:



## **Bibliografické údaje**

Jméno a příjmení autora: Ondřej Raška

Název práce: Houby užitečné i jedovaté

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky, PřF UP v Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Matušinský, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2024

Klíčová slova: jedovaté houby, jedlé houby, čirůvka dvoubarvá (*Lepista personata* (Fr.) Cooke), špička obecná (*Marasmius oreades* (Bolton) Fr.), biotechnologie, čarodějný kruh, *Brachypodium distachyon*

Počet stran: 84

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

## **SOUHRN**

Mnoho lidí si pod pojmem houba představí plodnici muchomůrky červené (*Amanita muscaria*) či hříbu smrkového (*Boletus edulis*). To je však velmi úzký a nedostatečný pohled na houby. Obecně lze říci, že skupina hub a houbám podobných organismů je velmi rozmanitá. To koneckonců dosvědčuje i fakt, že známe jednobuněčné i mnohobuněčné zástupce.

Teoretická část této práce je zaměřena na charakterizaci jedlých a jedovatých hub a také na biotechnologie, ve kterých jsou houby využívány, jako je potravinářství, medicína a zemědělství.

Cílem experimentální části této práce bylo ověřit, jak mohou houby ovlivnit růst rostlin. Využili jsem tzv. čarodějných kruhů v areálu PřF UPOL v Holici, které jsou způsobeny čirůvkou dvoubarvou (*Lepista personata*). V těchto kruzích a také mimo kruhy byly vysety rostliny modelového organismu *Brachypodium distachyon*. Rostliny, které byly vysety do čarodějných kruhů, byly statnější, dosahovaly větší velikosti a byly celkově v lepší kondici než rostliny pěstované mimo čarodějné kruhy.

Poté jsme nakultivovali houby čirůvku dvoubarvou (*L. personata*) a také špičku obecnou (*Marasmius oreades*) a vytvořili substrát naočkovaný těmito houbami. Ve skleníkových podmínkách jsme pak v těchto substrátech pěstovali rostliny *B. distachyon*. Tímto pokusem



však výsledky předešlého pokusu potvrzeny nebyly. Naopak nejlepší kondici měly rostliny kontrolního vzorku. Ty také dosahovaly nejvyššího vzrůstu a plodily nejvíce semen. Nejhůře pak dopadly rostliny pěstované v substrátu naočkovaném špičkou obecnou (*M. oreades*).

## **Bibliographical identification**

Author's first name and surname: Ondřej Raška

Title: Fungi useful and poisonous

Type of thesis: bachelor

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University Olomouc

Supervisor: Mgr. Pavel Matušinsky, Ph.D.

The year of presentation: 2024

Keywords: poisonous fungi, edible fungi, *Lepista personata* (Fr.) Cooke, *Marasmius oreades* (Bolton) Fr., biotechnology, fairy ring, *Brachypodium distachyon*

Number of pages: 84

Number of appendices: 0

Language: Czech

## **SUMMARY**

Many people think of the fruiting body of a red toadstool or a boletus fungi when they think of a mushroom. However, this is a very narrow and insufficient view of fungi. In general, it can be said that the group of fungi and fungi-like organisms is very diverse. After all, this is evidenced by the fact that we know unicellular and multicellular representatives.

The theoretical part of this work is focused on the characterization of edible and poisonous mushrooms as well as biotechnology in which mushrooms are used, such as food, medicine and agriculture.

The aim of the experimental part of this work was to verify how fungi can affect plant growth. I took advantage of the so-called fairy ring in the premises of the UPOL University of Applied Sciences in Holic, which are caused by *Lepista personata*. Plants of the model organism *Brachypodium distachyon* were sown in these circles and also outside the circles. Plants that were sown inside the fairy rings were sturdier, grew larger, and were in better overall condition than those grown outside the magic circles.

After that, we cultured the *L. personata* and also the *Marasmius oreades* and created a substrate inoculated with these fungi. We then grew *B. distachyon* plants in these substrates under greenhouse conditions. However, this attempt did not confirm the results of the previous

attempt. On the contrary, the plants of the control variant had the best condition. They also reached the highest height and produced the most seeds. Plants grown in a substrate inoculated with *M. orades* did the worst.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně za pomoci vedoucího práce  
Mgr. Pavla Matušinského, Ph.D., a uvedených literárních zdrojů.

V Olomouci dne.....

Podpis.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chci především poděkovat vedoucímu své práce Mgr. Pavlu Matušinskému, Ph.D., za poskytnuté rady, za čas, který mi věnoval, a za pomoc nejen s experimentální částí, ale i s celou bakalářskou prací.

Také děkuji všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem umožnili pracovat na této práci a dopomohli mi k její zdárné realizaci.

# Obsah

1	ÚVOD .....	16
2	CÍLE PRÁCE .....	17
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	18
3.1	Fylogenetický vývoj hub v historii Země a člověka .....	18
3.2	Vztah novodobého člověka k houbám .....	18
3.3	Definice pojmu houba.....	19
3.4	Ekologie hub .....	20
3.5	Houby užitečné .....	20
3.5.1	Sběr jedlých hub .....	20
3.5.2	Biotechnologie a průmysl.....	21
3.5.3	Potravinářství.....	21
3.5.4	Farmakologie.....	26
3.5.5	Houby v zemědělství .....	28
3.6	Houby jedovaté .....	30
3.7	Literární úvod k praktické části – popis organismů využívaných v této části práce.....	33
3.7.1	Čirůvka dvoubarvá ( <i>Lepista personata</i> ) .....	33
3.7.2	Špička obecná ( <i>Marasmius oreades</i> ).....	34
3.7.3	<i>Brachypodium distachyon</i> .....	35
3.8	Čarodějný kruh.....	36
4	MATERIÁL A METODY .....	37
4.1	Experiment A (čarodějné kruhy).....	37
4.1.1	Biologický materiál .....	37
4.1.2	Seznam použitých přístrojů a zařízení.....	37
4.1.3	Použité experimentální a vyhodnocovací postupy.....	37
4.1.4	Setí.....	38
4.1.5	Sklizeň .....	38
4.2	Experiment B (inokulace substrátů).....	39
4.2.1	Biologický materiál .....	39

4.2.2	Seznam použitých přístrojů a zařízení.....	39
4.2.3	Použité experimentální a vyhodnocovací postupy.....	40
4.2.4	Příprava Inokula nezačínat prosím kapitolu obrázkem.....	40
4.2.5	Setí a inokulace.....	41
4.2.6	Pravidelné hodnocení a měření.....	42
4.2.7	Odběr vzorků .....	42
4.2.8	Vyhodnocení dat.....	42
4.2.9	Půdní analýzy .....	42
5	VÝSLEDKY .....	42
5.1	Experiment A .....	42
5.1.1	Výsledek stanovení hmotnosti sušiny.....	42
5.1.2	Výsledek půdní analýzy.....	45
5.2	Experiment B .....	46
5.2.1	Vizuální vyhodnocení intenzity poškození rostlin <i>B. distachyon</i> .....	46
5.2.2	Měření a zjišťování výšky rostlin .....	51
5.2.3	Počty klasů.....	57
5.2.4	Vážení biomasy .....	62
5.2.5	Složení substrátu.....	65
6	DISKUSE .....	66
7	ZÁVĚR.....	70
8	PEDAGOGICKÁ ČÁST .....	71
8.1	Pracovní list .....	71
8.2	Prezentace .....	78
9	LITERATURA .....	81

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – muscimol.....	31
Obrázek 2 - muskazon.....	32
Obrázek 3 – psilocybin.....	32
Obrázek 4 - čirůvka dvoubarvá ( <i>Lepista personata</i> ) (foto Matušinský).....	34
Obrázek 5 - špička obecná ( <i>Marasmius oreades</i> ) (foto Matušinský).....	35
Obrázek 6 - <i>Brachypodium distachyon</i> . (převzato z By Neil Harris, University of Alberta - Own work, CC BY-SA 4.0, <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9668336">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9668336</a> ).....	36
Obrázek 7 - čarodějný kruh. (převzato z: <a href="https://www.golfonline.sk/odborne-clanky/greenkeeping/carodejne-kruhy-fakty-vs-povery/">https://www.golfonline.sk/odborne-clanky/greenkeeping/carodejne-kruhy-fakty-vs-povery/</a> ).....	37
Obrázek 8 - Obrázek setí <i>Brachypodium distachyon</i> do kruhů a mimo kruhy, označeno jmenovkami. Areál PřF Holice (foto Matušinský).....	38
Obrázek 9 - Kultury hub získané z plodnic <i>Lepista personata</i> a <i>Marasmius oreades</i> na Petriho miskách s bramborovo-dextrosovým agarem (foto Matušinský).....	39
Obrázek 10 - příprava inokula – levá část – sáčky s rýží, do kterých byly přidány fragmenty mycelia <i>Marasmius oreades</i> , <i>Lepista personata</i> a kontrolní vzorek; střední část – vzorky substrátu po přidání rýže s myceliem <i>Marasmius oreades</i> , s <i>Lepista personata</i> a a sterilní rýže (kontrolní vzorek); pravá část – sáčky se substrátem obsahujícím kontrolní vzorek, substrát obohacený <i>Lepista personata</i> a <i>Marasmius oreades</i> (foto Matušinský).....	40
Obrázek 11 - rostliny <i>Brachypodium distachyon</i> v květináčích – ukázka pěstování rostlin ve skleníku (experiment B).....	41
Obrázek 12 - měření <i>Brachypodium distachyon</i> – experiment A (foto Matušinský).....	43
Obrázek 13 - porovnání velikosti rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu a mimo něj – experiment A (foto Matušinský).....	43
Obrázek 14 - Výsledek Tukeyova testu – průměrná hmotnost sušiny rostlin <i>Brachypodium distachyon</i> , hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment A).....	45
Obrázek 15 - pěstování <i>B. distachyon</i> v substrátech obohacených <i>Marasmius oreades</i> , <i>Lepista personata</i> či bez obohacení – kontrolní vzorek – ve skleníku (experiment B).....	46
Obrázek 16 – Výsledek Tukeyova testu pro 1. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – list F u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment B)....	47
Obrázek 17 – Výsledek Tukeyova testu pro 2. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – 4 horní listy u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment B).....	49
Obrázek 18 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – 4 horní listy u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	50



Obrázek 19 - Výsledek Tukeyova testu pro 1. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	52
Obrázek 20 - Výsledek Tukeyova testu pro 2. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	53
Obrázek 21 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	54
Obrázek 22 - Výsledek Tukeyova testu pro 4. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	56
Obrázek 23 - Výsledek Tukeyova testu pro 5. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B).....	57
Obrázek 24 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B) .....	59
Obrázek 25 - Výsledek Tukeyova testu pro 4. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B) .....	60
Obrázek 26 - Výsledek Tukeyova testu pro 5. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B) .....	61
Obrázek 27 - Vážení rostlin a semen <i>Brachypodium distachyon</i> – experiment B .....	62
Obrázek 28 - Výsledek Tukeyova testu – hmotnost rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B) .....	63
Obrázek 29 - Výsledek Tukeyova testu – průměrná hmotnost semen získaných z 10 rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B) ....	65

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Průměr hmotnosti sušiny rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu a mimo kruh (experiment A).....	44
Tabulka 2 - Stanovení průměrné hmotnosti rostlin kontrolního vzorku a rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu (experiment A).....	44
Tabulka 3 – Statistické stanovení průkaznosti výsledku pomocí systému ANOVA – průměrná hmotnost sušiny rostlin <i>Brachypodium distachyon</i> (experiment A) .....	45
Tabulka 4 - Výsledky půdní analýzy (experiment A) .....	46
Tabulka 5 - Průměrná míra nektróz listu F [%] – 1. odběr (experiment B).....	47
Tabulka 6 – Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nektróz na listu F pomocí systému ANOVA – 1. odběr (experiment B).....	47
Tabulka 7 - Průměrná míra nektróz listu F [%] – 2. odběr (experiment B).....	48
Tabulka 8 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nektróz na listu F pomocí systému ANOVA – 2. odběr (experiment B).....	48
Tabulka 9 - Průměrná míra nektróz listu F [%] – 3.odběr (experiment B).....	49
Tabulka 10 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nektróz na listu F pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B).....	50
Tabulka 11 - Průměrná výška rostlin [cm] při 1. odběru (experiment B) .....	51
Tabulka 12 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 1. odběr (experiment B).....	51
Tabulka 13 - Průměrná výška rostlin [cm] při 2. odběru (experiment B) .....	52
Tabulka 14 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 2. odběr (experiment B).....	52
Tabulka 15 - Průměrná výška rostlin [cm] při 3. odběru (experiment B) .....	54
Tabulka 16 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B).....	54
Tabulka 17 - Průměrná výška rostlin [cm] při 4. odběru (experiment B) .....	55
Tabulka 18 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 4. odběr (experiment B).....	55
Tabulka 19 - Průměrná výška rostlin [cm] při 5. odběru (experiment B) .....	56
Tabulka 20 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 5. odběr (experiment B).....	57
Tabulka 21 - Průměrný počet klasů rostlin při 3. odběru (experiment B).....	58
Tabulka 22 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B).....	58
Tabulka 23 - Průměrný počet klasů rostlin při 4. odběru (experiment B).....	59

Tabulka 24 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 4. odběr (experiment B).....	60
Tabulka 25 - Průměrný počet klasů rostlin při 5. odběru (experiment B).....	61
Tabulka 26 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 5. odběr (experiment B).....	61
Tabulka 27 – Průměrná hmotnost 10 ks vysušených rostlin (experiment B).....	62
Tabulka 28 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku hmotnosti 10 rostlin pomocí systému ANOVA (experiment B).....	63
Tabulka 29 - Průměrná hmotnost semen rostliny <i>Brachypodium distachyon</i> získaných z 10 těchto rostlin (experiment B).....	64
Tabulka 30 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku hmotnosti semen 10 rostlin pomocí systému ANOVA (experiment B) .....	64
Tabulka 31 - Výsledky laboratorní analýzy složení substrátu (experiment B) .....	65

# 1 ÚVOD

Mnoho lidí si pod pojmem houba představí plodnici muchomůrky červené (*Amanita muscaria*) či hříbu smrkového (*Boletus edulis*). To je však velmi úzký a nedostatečný pohled na houby. Obecně lze říci, že skupina hub a houbám podobných organismů je velmi rozmanitá. To koneckonců dosvědčuje i fakt, že známe jednobuněčné i mnohobuněčné zástupce.

Ve své práci se zaměřím především na to, čím jsou pro člověka houby užitečné, ale i nebezpečné. Na úvod si dovoluji krátkou exkurzi do historie hub, abychom lépe pochopili současný pohled na tyto velmi zajímavé organismy. Definujeme také pojem houba a řekneme si několik informací o ekologii hub a jejich významu v biocenóze. Dále si uvedeme některá pravidla, která by měl správný houbař znát dříve, než vyrazí na sběr hub.

Poté se zaměříme na houby užitečné, tzn. na využití hub v jednotlivých biotechnologiích, které se využívají v průmyslu. Nejprve zmíníme výrobu piva, její historii, pracovní postupy a pivovarnictví. Následně se zaměříme na výrobu vína a zmíníme některé zajímavosti z oblasti sommeliérství. Potravinářské odvětví ukončíme exkurzí do světa sýrů, protože mnohé z nich by nikdy nevznikly bez pomoci hub. Dalším velmi významným odvětvím, které využívá houby, je farmacie. Kapitola z tohoto oboru nás blíže seznámí s některými léky a doplňky stravy vyráběnými z hub. V poslední kapitole, týkající se užitečnosti hub, se zaměříme na zemědělství.

V následující kapitole, věnované houbám jedovatým, se seznámíme s jedovatostí hub a blíže se podíváme na některé nejběžnější, ale i méně běžné jedovaté houby. Řekneme si, které jedy se nejvíce podílejí u jednotlivých zástupců na otravách, seznámíme se s účinky některých jedů na organismus a naučíme se rozpoznat základní příznaky otravy z hub.

Předposlední částí mé práce jsou dva praktické pokusy studující možné využití čarodějných kruhů v zemědělství.

Poslední částí mé práce je pracovní list a výuková prezentace, které jsou určeny k podpoře výuky mykologie na základních, ale i středních školách.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části této práce je vypracování literární rešerše se zaměřením na charakterizaci užitečných a jedovatých hub se speciálním zaměřením na dva druhy hub, které budou probrány podrobně. Konkrétně se jedná o čirůvku dvoubarvou (*Lepista personata*) a špičku obecnou (*Marasmius oreades*). Dále pak jde o popis modelového organismu *Brachypodium distachyon* včetně jeho významu v rámci výzkumu interakcí s houbami.

Budou podrobně popsány houby jedovaté a jejich jedy a účinky jedů na člověka, budou také detailně popsány houby využívané v potravinářství a biotechnologiích. Mimořádný zájem bude věnován houbám využívaným v zemědělství.

Cílem praktické části je posouzení vlivu hub tvořících tzv. čarodějné kruhy, tedy útvary, v nichž rostliny výrazně lépe rostou. Do těchto kruhů byly vysety rostliny *B. distachyon* a byl měřen parametr hmotnost sušiny. Druhou částí experimentu byly skleníkové pokusy, kde byly vytvořeny substráty s houbami čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*) a špičkou obecnou (*M. oreades*). V těchto substrátech pak byly kultivovány rostliny *B. distachyon* a byly zjišťovány parametry: výška rostliny, růstová fáze, míra nekrotizace na listech rostliny, hmotnost nadzemní biomasy rostliny po vysušení, hmotnost semen, vyprodukovaných rostlinou, po vysušení.

Hlavním cílem bylo posoudit možnost využití této metody v zemědělství ke zvýšení výnosů a zdravotního stavu rostlin.

### **3 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

#### **3.1 Fylogenetický vývoj hub v historii Země a člověka**

Dnes stále ještě nevíme, kdy se na Zemi objevily první houby, protože jen zřídka nalzáme fosilní záznamy. Důvod je jednoduchý – houby, které neobsahují tvrdé části (např. tvrdé plodnice, jako jsou u dnešních chorošů) se rychle rozkládají a nedokážou se fosilizovat (Klán, 2022). Nejčastěji za období vzniku prvních hub bývá udáváno období před 800-900 mil. let (Klán, 2022).

Člověk se s houbami setkává už od počátku svého fylogenetického vývoje a jeho vztah k nim se v průběhu let měnil. Pro pravěké sběrače se houby stávaly spíše příjemným zpestřením potravy než její stálou součástí. V období starověku se houby dostávají do popředí zájmu člověka a stávají se významnou složkou jeho potravy. Velkou neznámou pro starověké učence byl samotný vznik hub, resp. jejich plodnic. Theofrastos zastával myšlenku, že houby vyrostou na místech, kde do země udeří blesk. Plinius Starší, který se ve svém díle *Naturalis historia* mimo jiné také zabýval vznikem plodnic hub, tvrdil, že plodnice hub se tvoří z bahna. Nejen Řekové či Římané, ale také Slované měli houby ve velké oblibě. Zmínky o tom nalezneme v Dalimilově kronice. V období středověku se však lidé hub spíše báli, protože je spojovali s čímsi hříšným a ďábelským. Největší průlom ve znalostech o houbách se podařil přírodovědcům 17. a 18. století, kteří popsali a systematicky zařadili mnoho druhů hub a popsali jejich rozmnožování (Klán, 2022).

#### **3.2 Vztah novodobého člověka k houbám**

V dnešní době hrají houby nezastupitelnou úlohu v mnoha oblastech. Jednou z nich je průmysl, a to konkrétně potravinářský průmysl. Bez hub se neobejdeme při výrobě sýrů či piva (Klán, 2022). Avšak ani myšlenka využití hub v zemědělství není nová (Klán, 2022). Při použití dnešních technologií nabízí dokonce možnost sytit miliony lidí. Lidská populace se neustále zvětšuje a brzy nastanou problémy, jak všechny uživit. Využití symbiózy hub a rostlin, která v přírodě už po miliony let funguje, nabízí snadný způsob, jak zvýšit hospodářské výtěžky (Klán, 2022). Při stávajícím množství obdělávané půdy by teoreticky bylo možné při vhodné kombinaci rostlina-houba sklídit větší množství hospodářské plodiny, a tím i zefektivnit zemědělství a v konečném důsledku zlevnit danou hospodářskou surovinu, protože ze stejného množství obdělávané půdy sklídí člověk/zemědělská mechanizace teoreticky větší množství plodiny. Při stávajícím způsobu hospodaření by pro postupné uspokojování čím dál větších

nároků na objem potravin musela růst i rozloha obdělávané půdy, což by mohlo přinášet i negativní ekologické jevy, které se v krajině Československa objevily při kolektivizaci půdy v 50. letech 20. století. Došlo k vytvoření velkých lánů, na kterých snáze půda erodovala a znehodnocovala se (Rokoský & Svoboda, 2013). Horní vrstvy půdy byly unášeny větrem a v otevřené krajině nic nebránilo proudění vzduchu (větru). Muselo proto být využíváno chemických látek – hnojiv (NPK, Cererit aj.) ale i organického hnojiva (hnůj) k obohacování spodnějších, méně úrodných vrstev půdy o živiny. To s sebou neslo také řadu problémů, jako vymizení některých druhů živočichů a rostlin. Mezi nimi je možné jmenovat hraboše polního (*Microtus arvalis*), jehož populace jsou dnes opět na vzestupu díky ustoupení od tzv. práškování polí (Rokoský & Svoboda, 2013).

Tyto jevy by se teoreticky daly do jisté míry omezit právě využíváním symbiomy hub a rostlin (Fisher, 1979). Velké pozemky by mohly být zmenšeny (rozděleny remízky), aby byla značně omezena degradace půdy větrem, při zachování stejné hospodářské výtěžnosti plodin na pozemku. To se ovšem nedá s jistotou garantovat, neboť není možné plně ovlivnit počasí v průběhu dané vegetační sezóny. Ale i tato metoda by teoreticky mohla přinést vyšší výtěžky i v „chudém roce“ v porovnání s poli, kde bylo hospodařeno tradičním způsobem, tzn. na čtvereční metr by teoreticky byla vyšší výtěžnost dané plodiny na pozemku s využitím symbiotické metody než na stejném pozemku při využití tradiční metody (Mohammad et al., 2008). Stále však nebyl proveden výzkum, který by tyto hypotézy jednoznačně potvrdil, či vyvrátil.

### **3.3 Definice pojmu houba**

Houby jsou aerobní heterotrofní organismy, které tvoří až 40 % edafonu. Jejich význam spočívá především v dekompozici organických látek v detritovém potravním řetězci. Rozšíření houbových organismů je prakticky kosmopolitní. V nepříznivých podmínkách jsou především zastoupeny ve formě výtrusů, které se běžně vyskytují také v atmosféře (Klán & Vančura, 2022).

V dnešní době se skupina hub a houbových organismů rozpadla do několika říší. Jedná se tedy o polyfyletickou skupinu organismů. Ze současných houbových říší je druhově nejpestřejší podříše Dikarya, do které se včlenily Basidiomycota a Ascomycota (Wijayawardene, 2020).

### 3.4 Ekologie hub

Houbové organismy si v průběhu svého vývoje vytvořily řadu životních strategií. Můžeme však rozlišit 3 základní typy, a to saprotrofii, symbiózu, parazitismus. Jako saprotrofii je možné označit jev, kdy organismus získává minerální látky z odumřelých organismů – živočichů či rostlin. Symbióza je naopak soužití několika organismů bez ohledu na to, zda mají z tohoto soužití výhody. Parazitismem naopak získává výhodu pouze houba. Její hostitel nikoliv. V některých případech může nastat situace, kdy houba v průběhu svého života zcela změní svoji životní strategii. Tento jev můžeme pozorovat např. u václavky (*Armillaria sp.*), kdy nejprve parazitický vztah se po odumření hostitele mění na saprotrofii (Klán, 2022).

Významnou životní strategií z oblasti symbiózy je mykorhiza. Jde o morfologické spojení mykobionta s fykobiontem přes kořeny fykobionta. Odhaduje se, že přibližně 95 % všech druhů hub je zapojeno nějakým způsobem do mykorhizy (Klán, 2022).

### 3.5 Houby užitečné

Jak už bylo zmíněno dříve, houby jsou pro člověka nepostradatelnými pomocníky nejen svou schopností dekompozice organických složek a jejich přeměnou na složky anorganické. Člověk využívá houby v mnoha odvětvích. V následující části se seznámíme s některými oblastmi, ve kterých se houby využívají.

#### 3.5.1 Sběr jedlých hub

Člověk odpradáвна využívá houby ke konzumaci. Obecně tedy toto odvětví průmyslu můžeme označit jako gastronomie. Už pravěcí lidé byli schopni rozlišit metodou pokus-omyl, které houby jsou jedlé a které nejsou určeny ke konzumaci. Postupně se naučili sbírat a následně také uchovávat plodnice jedlých hub.

Tvrzení Plinia Staršího, že každá houba, která vařením změkne, je jedlá, je samozřejmě mylné. Jediným způsobem, jak s jistotou odlišit jedlou houbu od jedovaté, je naučit se tyto houby od sebe rozeznat pomocí mykologických klíčů (Klán, 2022).

Sběr hub a jejich úprava pro gastronomické účely by se měly řídit několika následujícími zásadami:

1. Sbíráám pouze ty druhy, které bezpečně poznám.
2. Sbíráám pouze tolik hub, kolik jich dokážu zpracovat.
3. Nesbíráám houby z míst, která jsou silně znečištěná.
4. Houby připravuji raději v menším množství, preferuji směs druhů než jediný druh.
5. Malým dětem, starým a nemocným lidem raději nepodávám houby je konzumaci.



### 3.5.2 Biotechnologie a průmysl

Biotechnologie jsou výrobní procesy zahrnující využití biotické složky. Uplatňují se v celé řadě odvětví, jako je už dříve zmíněné potravinářství, farmacie či zemědělství. Nejstarší používanou biotechnologií je bezpochyby fermentace, kterou znali už staří Sumerové a plně ji využívali od 7. století př. Kr. O něco později – přibližně ve 4. století př. Kr. se setkáváme s kvasnými procesy při výrobě kvašeného chleba. Tuto metodu vyvinuli ve starověku Egypťané. Mezi biotechnologie lze také zahrnout výše zmíněnou výrobu sýru (Arora, 2004b).

Počátky moderní biotechnologie jsou však spjaty s G. E. Stahlem, který se zabýval především studiem fermentace, či L. Pasteurem, který dokázal vznik laktátu působením mikroorganismů. Nesmíme opomenout ani jména jako A. Fleming, který objevil penicilin, či J. D. Watson, F. Crick a R. Franklinová, kterým se podařilo odhalit strukturu DNA (Arora, 2004b).

Jednotlivým odvětvím biotechnologií se budeme věnovat v následujících kapitolách.

### 3.5.3 Potravinářství

Dalším způsobem využití hub v potravinářství, kromě samotné konzumace, je výroba piva. Pivo se podle historických pramenů vařilo už ve starověké Mezopotámii v 7. tisíciletí př. Kr. (Chládek, 2007). Odtud se rozšířilo přes Řecko a Řím až na naše území. Prvními osadníky našeho území, kteří uměli vařit pivo, byli Keltové (600-400 let př. Kr). Slované k výrobě piva začali používat chmel. Ve středověku se pivo vaří především v kláštorech, později vznikají také městské pivovary. Nejstarší doklady o vaření piva v zemích Koruny české jsou spjaty s Břevnovským klášteřem. Zde se pravděpodobně vařilo pivo už od roku 993. V novodobé historii zaujímají přední místo velké pivovary, které se po roce 1948 staly státními podniky (Chládek, 2007). Posledním z nich, který je dodnes vlastněn státem a neprošel ještě privatizací, je českobudějovický Budvar. Technologie výroby piva zahrnuje 3 kroky:

1. výrobu mladiny,
2. kvašení mladiny a dokvašování mladého piva,
3. závěrečné úpravy a stáčení zralého piva.

Mladina se vyrábí ze sladu, což jsou máčené, naklíčené a následně usušené obilky. Slad je nepostradatelnou součástí řady výrobních procesů nejen při výrobě piva, ale také při výrobě lihu, pečiva aj. Nejčastěji se využívají obilky ječmene setého dvouřadáho variety níci (*Hordeum vulgare* convar. *distichon* var. *nutans*). Ty jsou nejprve máčeny v náduvnících, ve kterých dojde ke zvýšení obsahu vody v obilkách a ty následně začnou klíčit. Naklíčené obilky jsou poté přesunuty na humna, což jsou velké haly s konstantní teplotou, ve kterých jsou vhodné

podmínky pro klíčení a tvorbu enzymů  $\alpha$ -amylas, které se v obilkách tvoří až po jejich naklíčení (do té doby obilky obsahují pouze  $\beta$ -amylasy). Následuje proces hvoždění, který má za cíl denaturovat enzymy a zastavit tak veškeré vegetační procesy v obilce. Poté jsou usušené obilky odkličovány – tzn. jsou z nich odstraněny klíčky (tzv. sladový květ). Sladový květ je dále využíván jako krmivo pro dobytek (Basařová, 2010).

Takto upravený slad je následně šrotován. Tímto procesem se z obilky získává endosperm. Šrot je poté vystírán ve vystírací pánvi. Snahou je převést všechny složky šrotu do roztoku tvořeného šrotem a vodou. Tento roztok je následně zahříván na danou teplotu. Tomuto procesu se říká rmutování s cílem vytvořit sladinu – směs glukosy, maltosy a dextrinů. Následným zcezováním je od sebe oddělena tekutá složka – sladina a pevná složka – mláto. Mláto je následně promyto horkou vodou s cílem získání co největšího množství sladiny, která ulpěla na mlátu. Následná fáze označovaná jako chmelovar má za cíl převést hořké složky z chmelu do sladiny, která je od této fáze označována jako mladina a je po uplynutí této fáze ochlazována (Basařová, 2010). Druhou fází je kvašení mladiny a dokvašování mladého piva. V této fázi přicházejí na řadu kvasinky pивní (*Saccharomyces cerevisiae*). Kvasinky obsahují enzym maltasu, která štěpí maltosu na 2 molekuly glukosy, jež dále kvasí. Tento proces se odehrává v kvasírně. Podle délky kvašení je možné regulovat stupňovitost piva. Dnes převládá proces tzv. spodního kvašení, ke kterému jsou využívány kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* ssp. *uvarum*. Starší způsob kvašení – dnes už méně používaný – tzv. svrchní kvašení – využívalo kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*. Souhrnně je toto kvašení označováno jako hlavní. Jakmile je proces hlavního kvašení u konce, kvasinky klesají na dno kvasné kádě a po zestárnutí piva jsou promyty studenou vodou a následně vráceny do procesu výroby piva. Po ukončení hlavního kvašení je mladé pivo přesunuto do ležáckého sklepa, kde v ležáckých tancích zraje (Basařová, 2010).

Aby pivo déle vydrželo a nekazilo se, je upravováno nejprve filtrací přes křemelinu, kterou se odstraní kal. Filtrace probíhá v ochranné dusíkové atmosféře nebo v podmínkách  $\text{CO}_2$ , případně je před filtrací k pivu přidána kyselina askorbová, která působí jako antioxidant. Následuje proces stabilizace, kterým se přidávají buď enzymy, které štěpí bílkovinné frakce, nebo absorbenty, které absorbují bílkovinné komplexy nebo polyfenoly. Každý z adsorbentů musí být zdravotně nezávadný, v pivu nerozpustný a s částicemi dané velikosti. Poslední úprav je pasterizace, která znamená zahřátí piva, které má za následek zničení veškerých nežádoucích organismů, jež by se v pivu mohly vyskytovat. Některé pivovary od této metody v poslední době upouštějí a nahrazují ji mikrofiltrací (Basařová, 2010).

Nakonec je pivo stáčeno do požadovaných obalů a odesláno k expedici.

Piva se dají rozlišit na svrchně kvašená, u kterých po fázi hlavního kvašení jsou kvasinky vynášeny k povrchu, a piva spodně kvašená, u kterých kvasinky po fázi spodního kvašení klesají ke dnu. Podle potravinářského zákona se piva dělí na lehká s obsahem původní mladiny do 7,99 %, výčepní s obsahem mladiny od 8,00 % do 10,99 %, ležáky s obsahem mladiny od 11,00 % do 12,99 % a speciály s obsahem mladiny nad 13,00 %. Ze speciálů dominuje se svými neuvěřitelnými 65 % alkoholu pivo Armageddon, které vyrábí skotský pivovar Brewmeister Brewery. Zvláštní kategorií jsou piva nealkoholická, která obsahují do 0,4 % (m/m) alkoholu, či piva se sníženým obsahem alkoholu do 1 % (m/m). Tato piva jsou vyráběna dvěma způsoby výroby. Buď je alkohol z piva při výrobě odstraňován, nebo je omezen vznik alkoholu během výroby. Poslední možností je pak smíchání nakvašené mladiny s mladinou, která nekvasila. Tím se pivo do značné míry naředí, a sníží se tak množství alkoholu, které je v něm obsaženo.

Česká republika je co do množství vyrobeného piva 17. na světě, ale co se týče konzumace piva v přepočtu na obyvatele, jasně dominuje s přibližně 180 l piva na osobu a rok (Mieslerová et al., 2015).

Dalším potravinářským produktem, který využívá kvašení, je víno. Počátky vinařství zasahují do oblasti dnešní Arménie, kde se víno pěstovalo už od roku 4100 př. Kr. Odtud se rozšířilo přes Egypt a Malou Asii až do dnešní Itálie, kde víno začali pěstovat Etruskové. Obliba vína se rozšířila na celou Římskou říši, a víno se dokonce stalo nezbytnou součástí mnohých náboženských oslav. Ve starověkém Řecku to byly dionýsie ke cti boha Dionýsia, v antickém Římě to byly bakchanálie ke cti boha Bakchuse. Tyto oslavy vždy doprovázelo bujaré veselí, které končilo hromadnými sexuálními orgiemi, jejichž účastníci byli značně posílněni vínem (Mieslerová et al., 2015). Jiný ráz měly náboženské oslavy v Izraeli a Judeji, kde židovské náboženství užívalo vína při svátku Pesach, který byl připomínkou vyjití vyvoleného národa z Egypta a jeho přechodu Rudým mořem. Podstatnou součástí tohoto svátku je večeře, při které se pijí 4 symbolické kalichy vína. Z této oslavy se postupně vyvinula křesťanská tradice užívání vína během mše svaté při proměňování (*Katechismus katolické církve.*, 2001).

Na našem území se víno začalo pěstovat od 2. století. Vinařství se dočkalo významné podpory v období Velké Moravy od velkomoravských knížat. Odtud tradici pěstování vína převzali také čeští panovníci. K významnějšímu rozvoji vinařství však v Čechách dochází až za vlády císaře Karla IV., který do Čech přivezl odrůdu burgundské modré (Pátek, 2001).

Víno se vyrábí z plodů révy vinné (*Vitis vinifera*), které jsou v době zralosti sklizeny. Sklizené hrozny jsou tříděny, poté drceny a odstopkovány. Následně je vinný rmut kvašen. V této fázi

se využívá, podobně jako při výrobě piva, kvasinek – různé kmeny *S. cerevisiae*. Kvašení má 3 části – začátek, bouřlivé kvašení a dokvašení. Nejprve kvašení probíhá velmi pomalu. V této chvíli kvašení způsobují divoké kvasinky. Následně dojde ke zvýšení obsahu alkoholu, který nakonec tyto divoké kvasinky zabije. Od této chvíle jsou za kvašení už zodpovědný uměle přidané ušlechtilé kvasinky. V této etapě dochází k bouřlivému kvašení, které se projeví produkcí tepla. To může trvat až několik týdnů. Produktem tohoto kvašení je burčák, který se vyznačuje vyšším obsahem cukrů než alkoholu. V poslední fázi – dokvašování – se snižuje obsah cukrů a zvyšuje obsah alkoholu. Následně dochází k postupnému odumírání a sedimentaci kvasinek na dno kvasné nádoby. Aby se víno zbavilo těchto kalů, které mohou způsobit jeho nepříliš lahodnou chuť, je stáčeno do jiných nádob, než ve kterých kvasilo. V těchto nádobách může být uchováváno i několik let a po tuto dobu zraje (Pátek, 2001).

Známkou zrání vína je zlepšení jeho barvy a chuti. Způsobuje to vyprchávání oxidu uhličitého a rozklad kyseliny jablečné, která se usazuje jako vinan draselný na dně lahví. Tento proces je samovolný. Pokud bychom jej chtěli urychlit, můžeme využít k rozkladu kyseliny jablečné bakterie *Leuconostoc oenos*. Proces rozkladu kyseliny jablečné se záměrně vyvolává u mladého vína dříve, než je stáčeno do lahví. Po stočení do lahví už neexistuje způsob, jak bez následného otevření lahví odstranit sedimenty vinanu draselného, které by mohly nevhodně ovlivnit vzhled vína (Pátek, 2001).

Pro dlouhodobé udržení dobrého vzhledu vína se užívá procesu čiření, kdy se k vínu přidává řada zdravotně nezávadných čiridel. K čiření se používá např. vaječný bílek, kyselina křemičitá nebo vinné kvasnice, které mají velkou absorpční schopnost a na svém povrchu zachytávají kaly. Na proces čiření navazuje proces filtrace, kdy se čiricí látka z vína zfiltruje. K filtraci se nejčastěji využívají křemelinové filtry. Jakmile je víno zfiltrováno, je nutné jej stabilizovat, aby v něm nedocházelo k dalším kvasným procesům. Využívá se k tomu enzymů inhibujících Krebsův cyklus (dýchání) kvasinek, dalších hub a bakterií. Nejhorším možným scénářem, který může u vína nastat, je jeho křisovatění, způsobené plísní *Candida mycoderma*, případně octění způsobené bakterií *Acetobacter*. Opakovaným zahříváním a ochlazováním vína je možné ho pasterovat. Docílí se tím zahubení veškerých nežádoucích organismů, které víno mohlo obsahovat. Víno je poté možné skladovat dlouhou dobu (Pátek, 2001).

Obecně lze konstatovat, že bílá vína jsou určena především k okamžité konzumaci, protože dlouhodobým zráním tmavnou, což negativně ovlivňuje jejich vzhled. Červená vína pak zráním získávají oranžový nádech, což naopak jejich vzhled ztrátní (Pátek, 2001).

Kromě výroby nápojů se můžeme s houbami setkat také při výrobě sýrů. Sýr je mléko sražené působením kyseliny mléčné či syřidla. První sýry se objevily v Evropě díky nájezdům kočovníků z Asie. Ti si s sebou vezli mléko uchované v míscích, které se vyráběly ze žaludků zvířat. Někdy se stalo, že míšek byl vyroben ze žaludku mladého zvířete, takže při nedokonalém vymytí obsahoval ještě enzymy srážející mléko. Po nalití mléka do takového míšku, jeho zahřátí a promíchání došlo k jeho sražení a vznikl tak sýr. Také se často stávalo, že mléko v nádobkách zkyslo a vznikla tak kyška, což byl počátek pro vznik sýrů z kyselého mléka. Postupem času se vytvořily postupy, kterými vznikaly sýry nejrůznějších konzistencí a chutí. Na výsledné podobě sýra má vliv řada okolností – z jakého mléka je vyroben, kolik dané mléko obsahovalo tuku atd. (Mieslerová et al., 2015).

Pro nás jsou však nejvýznamnější tzv. plísňové sýry, které mohou obsahovat plíseň nejen na povrchu, jako je tomu např. u camembertu, ale také mohou obsahovat plíseň uvnitř sýra, jako je tomu např. u nivy. Sýry s plísní uvnitř vznikají působením kultury *Penicillium roquefortii*. První sýry s touto plísní na světě vznikly ve Francii ve vesnici Roquefort-sur-Soulzon, poblíž které se nachází komplex vápencových jeskyní, ve kterých první sýry tohoto typu dozrávaly i několik let (Iburg, 2004). Legenda o vzniku tohoto druhu sýra vypráví, že mladý pasáček ovcí jednoho dne pásal jemu svěřená stáda poblíž jeskyní. Toho dne bylo velmi horko, proto se i se svým obědem – kusem sýra schoval do blízké jeskyně. Od oběda ho však vyrušila dívka, která se mu velmi zalíbila. Nechal proto sýr v jeskyni a pospíchal za ní. Toho dne se už do jeskyně nevrátil. Okolo jeskyně pásal až za několik měsíců. Po opětovném příchodu do jeskyně jej překvapila velmi aromatická vůně, která se linula z jeho zapomenutého sýra. Pasáček byl zvědavý, proto sýr okusil. Ihned mu zachutnal a od té doby se vyrábí sýr Roquefort (Krupka, 2021). Dnešní postup se však od dřívějšího docela hodně změnil. Na druh plísňové kultury *P. roquefortii* se dnes kladou velmi přísná kritéria, protože existují zástupci, kteří jsou schopni produkovat mykotoxin roquefortin, který může být pro člověka potenciálně nebezpečný. Plísňová kultura se do mléka, ze kterého vznikne sýr, přidává společně se syřidlem. Těsně před uložením sýru do jeskyní je sýr propíchnut 32 jehlami, díky kterým vzniknou v sýru otvory pro přístup kyslíku k plísňové kultuře a úniku oxidu uhličitého ze sýra (Mieslerová et al., 2015).

Pro pěstování plísňových kultur pro potravinářské účely se využívá řada technologických postupů, ale mezi nejpoužívanější patří především pěstování kultur na polosyrových bochnících chleba, které jsou následně rozemlety, čímž se získá směs schopná naočkovat substrát – sýr.

V České republice se mezi sýry s plísní uvnitř řadí niva, která se však na rozdíl od roquefortu vyrábí z kravského mléka. Název tohoto sýra vznikl okolo roku 1935, kdy už nebylo možné

užívat název roquefort, protože tento název se stal roku 1935 chráněným označením. Technologové z Mlékárny Český Krumlov, která je dnes známá jako Madeta, vymysleli název niva, protože zelená barva kultury *P. roquefortii* připomínala úrodné jihočeské říční nivy (Mieslerová et al., 2015).

Druhou velkou skupinou plísňových sýrů jsou sýry s plísní na povrchu, které jsou utvářeny kulturou *Penicillium camembertii*. Sýry tohoto typu jsou mnohem rozšířenější než jejich obdoby s plísní uvnitř. *P. camembertii* je souhrnné označení pro plísně využívané k produkci sýrů tohoto typu. Mezi konkrétními druhy, které jsou často skryty za tímto názvem, můžeme nalézt *Penicillium caseiolum* a *Penicillium candidum*. Tyto houby vylučují do mléčné bílkoviny kaseinu, která tvoří sýr, aktivní proteasy, které jsou schopny kasein štěpit a dodávají mu máslovou příchut' a vzhled. Podobně jako je tomu u skupiny kultur *P. roquefortii* také některé druhy kultury *P. camembertii* jsou schopny produkovat toxiny, konkrétně camembertin (Iburg, 2004). Také vznik sýra typu camembert je spjat s legendou o zapomenutém kusu sýra, který obrostl bílou plísní. Vzhled sýra byl velmi zajímavý, proto jej majitel ochutnal a zjistil, že má jemnou chuť. Všechny sýry typu camembert se dnes vyrábějí z kravského mléka, které v některých zeměpisných oblastech může mít příměs mléka kozího. Hotový sýr je následně postříkán vodou, která obsahuje příměs spor plísní kultury *P. camembertii*. Následně sýr zraje a je postupně obrácen z boku na bok, aby jej plíseň rovnoměrně obrostla (Mieslerová et al., 2015).

V českých zemích měl camembert podobný osud jako roquefort – musel změnit svůj název. Proto se sýrům typu camembert vyráběným na území České republiky říká hermelín, kvůli své vizuální podobě s kožešinou lasice hranostaje (Mieslerová et al., 2015).

#### **3.5.4 Farmakologie**

Ve farmakologii představují houby nezastupitelnou roli při výrobě antibiotik, i když pouze 22 % všech antibiotik je produkováno houbami a většina z nich je toxická. Antibiotika obecně můžeme rozdělit na baktericidní, která jsou schopna bakterie usmrtit, a bakteriostatické, která pouze bakterie inhibují, čímž zabraňují jejich šíření. Mezi antibiotika houbového původu řadíme kyselinu fusidovou a  $\beta$ -laktamy, mezi které se řadí peniciliny a cefalosporiny (Sikyta, 2001).

Historie antibiotik však sahá hlouběji do minulosti. Před přibližně 4,5 tisíci lety se v Číně používaly k léčbě infekčních stavů obklady z plesnivého sójového mléka. V Evropě se však s antibiotiky začalo experimentovat až v průběhu 19. století. Koncem 19. století Ernest Duchesne objevil první antibiotikum produkované rodem plísně *Penicillium*. Jeho objev však

nebyl dlouho využíván a až Alexandr Fleming se roku 1928 zasloužil o znovuobjevení schopnosti houby rodu *Penicillium* produkovat látky, které zamezují šíření bakterií. K tomu jej dovedla šťastná náhoda při výzkumu lysozomů. Jedna z jeho zkoumaných kultur bakterie *Staphylococcus aureus* byla kontaminována houbou *Penicillium notatum* (dnes označována jako *Penicillium rubens*). Fleming si uvědomil, že houba nejspíše produkuje látku, která zabraňuje šíření bakterií do jejího okolí. Tuto látku nazval penicilin. Nebyl jej však schopen ještě izolovat. To se mu podařilo až roku 1940 za pomoci chemiků H. W. Floreyho a E. B. Chaina. Za to jim byla udělena roku 1945 Nobelova cena. Mechanismus účinku penicilinu spočívá v inhibici tvorby buněčné stěny grampozitivní bakterie katalyzované transpeptidasami. Penicilin se získává ze zdravotně nezávadných zástupců skupiny *Penicillium notatum* pěstovaných na kultivačním mediu, ze kterého je následně vyizolován ochlazením kultivačního media, jeho zfiltrováním a následnou úpravou pH. Následuje extrakce do organického rozpouštědla (např. cyklopentanonu), pročištění a odstranění nežádoucích látek a nečistot. Výrobní proces končí izolací, promytím a sušením krystalického penicilinu (Sikyta, 2001). Alternativou k penicilinu jsou širokospektrální antibiotika – cefalosporiny. Jsou produkovány druhem *Acremonium cephalosporium*. Nevýhodou cefalosporinů však je jejich menší účinnost v porovnání s penicilinem (Pope, 2024).

Samostatnou skupinou léčiv jsou antimykotika. Do této skupiny řadíme např. griseofulvin, který je jediným účinným antimykotikem produkováným houbami rodu *Penicillium griseofulvum*. Dalšími antimykotiky jsou kyselina fusidová, kyselina helvolová, cefalosporin P aj. Pro československý farmaceutický průmysl je významný antimykotický přípravek Mucidermin. Ten se získává ze slizečky porcelánové (*Oudemansiella mucida*) a je určen především k léčbě dermatomykóz. Jeho aplikace byla možná formou spreje. Dnes se tento přípravek však již nevyrábí (Mieslerová et al., 2015). Místo něj jsou na trhu dostupné mnohé alternativy firem Sandoz (Exoderil) (*Detail varianty léčivého přípravku EXODERIL*, 2024) či Stada (Cotylena) (*Detail varianty léčivého přípravku COTYLENA*, 2024).

Z mnohých aktinomycet, ale také z hub jsou získávány protinádorové přípravky. Z nich je možné jmenovat např. sterigmatocystiny produkované houbou *Aspergillus versicolor*. Paradoxně protinádorové účinky byly prokázány u aflatoxinu B<sub>1</sub>, který produkuje *Aspergillus flavus*. Z vyšších hub můžeme jmenovat poměrně běžnou houbu outkovku pestrou (*Trametes versicolor*), ze které se vyizolovává krestin, sloužící jako léčivo proti zhoubným nádorům.

Podobně je na tom lesklokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*), která kromě potlačení tvorby některých typů nádorů blahodárně působí na imunitní systém (Semerdžieva & Veselský, 1986).

### 3.5.5 Houby v zemědělství

Další neméně významnou oblastí, kde jsou využívány biotechnologie hub, je zemědělství. Houby se v zemědělství využívají především k ochraně rostlin proti škůdcům – ať už se jedná o fytofágní hmyz, či plevelné rostliny. Jako houbový insekticid se využívá druh *Beauveria bassiana*. Tato houba z oddělení *Ascomycota* vytváří konidie, které jsou schopny napadnout některé druhy mšic, molic, sarančat, ale dokonce i termitů, brouků a motýlů a parazitovat na nich. Houba proniká do těl hostitelů přes pokožku a dostává se nakonec do jejich hemolymfy, kde produkuje toxin beauvericin, který hostitele nakonec usmrtí. Další možností usmrcení hostitele je vypotřebování veškerých tělních cukrů z těla hostitele houbou. Hostitel nebude mít z čeho metabolizovat a dochází k jeho úmrtí (Zhang et al., 2009). Předpokládá se, že na zdravého jedince by houba neměla mít negativní vliv. U sensitivnějších jedinců mohou spory vyvolat alergickou reakci či proniknout do plic nebo se usadit na rohovce. Tento stav nemusí být pro člověka ještě fatální, pokud se nasadí včas vhodná léčba (Mieslerová et al., 2015). Podobně jako *B. bassiana* působí také houba *Metarhizium anisopliae*, která se využívá také jako insekticid. Tato houba však zahubí svou oběť výhradně produkcí toxických cyklických peptidů. Také podobně jako *B. bassiana* se i *M. anisopliae* považuje za bezpečnou pro člověka (De García et al., 1997). Další možností hubení hmyzu je použití houby *Lecanicillium lecanii* (syn. *Verticillium lecanii*), která je schopna prorůst do tělní dutiny především mšic, molic a červců, čímž dochází k jejich postupnému trávení zevnitř, což vede až k úhynu jedince. Výhodou použití této houby je její produkce chitinas, které rozrušují chitin. Díky tomu je možné ji použít i jako ochranu proti jiným houbám, jako jsou např. rzi (Mieslerová et al., 2015). Zmíněné houby z oddělení *Ascomycota* jsou vhodné k ochraně rostlin, protože využívají při svém vývoji střídání parazitického a saprotrofního způsobu výživy (Váňa, 1996). Existuje však ještě agresivnější skupina hub, která napadá hmyz. Jedná se o zástupce řádu *Entomophthorales* z oddělení *Zygomycota*. Ze zástupců je možné jmenovat např. *Entomophthora muscae*, která napadá zástupce řádu *Diptera*. Na rozdíl od *Ascomycot* neprodukuje *E. muscae* chitinosy, ale do těla oběti proniká přes otvory v exoskeletu. Výsledek jejího působení je však hodně podobný – rozklad tkání oběti a nakonec její smrt (Six & Mullens, 1996).

Jiným příkladem biologické ochrany rostlin pomocí hub je jejich využití v boji s plevele. Jako příklad je možné uvést využívání rzi *Puccinia chondrillina* na australských pšeničných polích,



kde tato rez napadá plevelnou rostlinu radyk prutnatý (*Chondrilla juncea*), který plevelně roste právě na polích (Arora, 2004a).

Dále lze využívat některé houby v boji proti jiným houbám. Obecně lze toto chování označit buď za mykoparazitismus, nebo za určitou formu antagonismu. K boji s kořenovými mykózami se využívá rod *Trichoderma*. Zástupci tohoto rodu jsou schopni produkovat určité sekundární metabolity, které mají také antivirální účinky. K boji s konkurenčními houbami zástupci tohoto rodu využívají rozkladu jejich buněčné stěny pomocí enzymů. Mezi zástupce tohoto rodu lze jmenovat např. *T. harzianum* či *T. viride* (Arora, 2004a). Tyto houby jsou na trhu uváděny pod komerčními názvy Supresivit či BioMagix (Kopřiva, 2008).

Důležitým příkladem využití hub v zemědělství je mimo jiné jejich využití ve výživě rostlin, konkrétně využití jejich symbiózy s hospodářskými rostlinami. Symbióza je definována jako většinou oboustranně prospěšné soužití houby a dané rostliny (Klán, 2022). Výjimkou je mykoheterotrofie, kterou pozorujeme u některých druhů orchideí, jako je např. hlístník hnízdák (*Neottia nidus-avis*), kdy rostlina čerpá od houby veškeré živiny a houbě neposkytuje žádnou výhodu. Houba si tedy musí najít jiného mykorhizního partnera, který by jí poskytoval uhlíkaté látky (Mieslerová et al., 2015). Lze říci, že ve většině případů dodává rostlina houbě cukry a jiné organické látky, ze kterých je houba schopna získávat uhlík, houba naopak rozšiřuje povrch kořenové soustavy rostliny a stará se o přísun vody a v ní rozpuštěných minerálních látek (Klán, 2022). Lze rozlišit 3 základní druhy mykorhizy. Ektomykorhiza je typem mykorhizy, kdy jsou kořeny hostitelské rostliny obaleny myceliem symbiotické houby a tvoří tzv. Hartigovu síťku. Tento typ mykorhizy pozorujeme především u jehličnanů a některých listnatých dřevin. Takovou rostlinu lze s určitou pravděpodobností poznat podle redukovaného souboru kořenového vlášení. Ve většině případů je houba podílející se na tomto typu mykorhizy z oddělení *Basidiomycota* (stopkovýtrusé houby). Při endomykorhize dochází k pronikání hyf hub do kořenů symbiotické rostliny. Existují různé typy endomykorhizy. Nejrozšířenějším typem však je arbuskulární mykorhizní symbióza. Odhaduje se, že až 80 % všech druhů rostlin využívá tento druh mykorhizy. Nejvíce se na ní podílejí druhy hub zastoupené v *Mucoromycota*. Existují také přechodné typy mezi ektomykorhizou a endomykorhizou, které jsou zastoupeny posledním typem mykorhizy. Na trhu jsou dostupné různé přípravky využívající principy mykorhizy. Z nich je možné jmenovat např. Symbivit od firmy Symbiom používaný k podpoře růstu vinné révy (*V. vinifera*).

### 3.6 Houby jedovaté

Jedovatost u hub je možné definovat jako stav navozující nevolnost, jiné zdravotní problémy či smrt po konzumaci houby, resp. její plodnice. Tento stav může nastat bezprostředně po konzumaci, avšak existují případy, kdy se příznaky otravy projevily po více než týdnu od konzumace houby. Jedovatost hub způsobují látky v nich obsažené. Mnohé z těchto látek jsou termolabilní. Běžně se odstraňují povařením hub před konzumací. Příkladem hub, které obsahují tyto látky a po tepelné úpravě je možné je označit za jedlé, patří hřib satan (*Boletus satanas*), muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*) aj. (Klán, 2022).

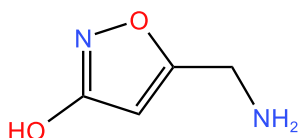
Statistiky uvádějí, že ročně dojde na území České republiky přibližně k 300 případů otravy po konzumaci hub, z nichž naprostá většina se řadí mezi otravy lehké, které se projevují pouze gastrointestinálními obtížemi. Malou část však tvoří otravy těžké, které mají za následek často nevratné poškození životně důležitého tělního orgánu konzumenta a v mnoha případech končí až jeho smrtí (Klán, 2022). Selhání orgánu je často způsobeno poškozením jeho inervace, kterou vyvolává působení daného jedu na organismus. Jedem může být ať už primární toxin produkovaný přímo houbou, nebo sekundární metabolit organismu. Negativní vliv na zdraví konzumenta mohou mít také prvky, které do sebe plodnice hub v průběhu své tvorby nakumulovaly. Tento fenomén je známý především u pečárek (*Agaricus sp.*) nebo bedel (*Macrolepiota sp.*). Těžké kovy, jako olovo či některé radioaktivní izotopy, např.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  a jiné, se mohou dlouhodobě kumulovat v organismu a následně způsobit nádorové bujení (Klán, 2022).

Mnohem častějším způsobem otravy je přímé pozření jedu. V minulosti byly velmi hojné tzv. otravy z mouky způsobené alkaloidy. Ty produkuje parazitická houba paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*), která mění obilku žita setého (*Secale cereale*) na sklerocium označované jako námel. Ergotismus neboli otrava alkaloidy obsaženými v námelu se projevuje dvěma způsoby. Závažnějším projevem je stažení drobných cév a kapilár, kterými nemůže proudit krev. Dochází tedy k postupné nekróze tkání. Nejdříve odumírají hůře prokrvené periferní části těla, později nekrotizují životně důležité orgány (především srdce). V lepším případě se otrava námelem projeví pouze psychotropními účinky, jako jsou halucinace. V některých případech se v minulosti námelových alkaloidů užívalo jako zaručeného léku k vyvolání porodu či potratu. Dnes je možné z námelu vyizolovat čistý ergotin, který se využívá v některých současných léčivech používaných v gynekologii, neurologii, endokrinologii či psychiatrii (Mieslerová et al., 2015).

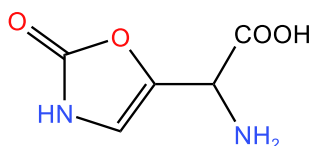
Nejen houby jedovaté, ale i houby jedlé mohou navodit stav nevolnosti, pokud jsou špatně tepelně upraveny nebo skladovány v nevyhovujících podmínkách. Obecně lze tedy říci, že s houbami je vhodné nakládat podobně jako s masem, tzn. je možné je uchovávat dlouhodobě v mrazničce (Klán, 2022). I když splníme všechny podmínky pro vhodné nakládání s houbami, přesto může u jedinců, kteří nejsou schopni strávit trehalózu, nastat stav podobný otravě či alergické reakci (Klán, 2022; Šulc & Tomášková, 2020).

Pokud se zaměříme na jedovaté houby, míra toxinů v nich obsažených kolísá vlivem klimatických změn, stáří plodnic, ale i denní doby. Záleží na tom, který živočich toxiny zkonsumuje. Metabolismus jednotlivých živočichů se může lišit až do té míry, že pro některé jsou určité toxiny smrtelné, ale pro jiné jsou neškodné (Klán, 2022). Za jedny z nejtoxičtějších lze považovat amanitiny, které obsahuje např. muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) či muchomůrka zelená (*A. phalloides*). Poslední jmenovaná obsahuje většinou  $\alpha$ -amanitin, který však doprovází  $\gamma$ -amanitin. Ten se řadí mezi nejvíce toxické jedy, které houby obsahují. Smrtelná dávka tohoto jedu je pro laboratorního potkana přibližně 0,04 g (pro dospělého člověka se uvádí jako smrtelná konzumace 1 plodnice) (Klán, 2022). Amanitiny blokují proteosyntézu v játrech a vyřazují z provozu enzym RNA-polymerázu B. Výsledkem je hepatorenální syndrom, který se projevuje do 20 hodin od konzumace jedu nevolností, selháním jater a posléze i ledvin (Klán, 2022).

Ostatní druhy muchomůrek se *A. phalloides* nemohou svou toxicitou rovnat, avšak i běžná muchomůrka červená (*A. muscaria*) či muchomůrka tygrováná (*A. pantherina*) obsahují kromě jiných také muscimol, muskazon a kyselinu ibotenovou, které mají vliv na centrální nervovou soustavu. Projevem otravy bývají bolesti hlavy, zvracení a bezvědomí, které se dostaví přibližně po 60 minutách od první konzumace. Nejčastější příčinou úmrtí však bývá udušení se vlastními zvrátky při stavu bezvědomí (Klán, 2022) (Kubička et al., 1980). Chemická struktura muscimolu je na obr. č. 1, struktura muskazonu pak na obr. č. 2.



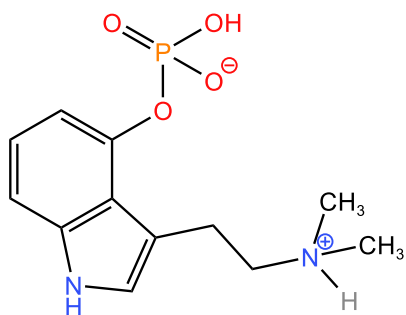
Obrázek 1 – muscimol



Obrázek 2 - muskazon

Podobně nebezpečné jako muchomůrky mohou být také pavučince. Ty obsahují 3,3,4-tetrahydroxy-2,2-bipyridin-N,N-dioxid, který má negativní vliv na ledviny. To se může projevit nadměrným močením doprovázeným bolestmi v bederní a křížové části páteře (Klán, 2022). Účinky působení tohoto nefrotoxinu se projevují v rozmezí 2 až 3 týdnů od konzumace (Kubička et al., 1980).

Od starověku jsou pro své psychotropní účinky využívány některé druhy lysohlávek (*Psilocybe sp.*) k náboženským účelům. Navození pocitu euforie, změny vnímání prostoru a času si lidé dříve vykládali jako schopnost komunikace s božstvy. „Lysohlávkové kultury“ jsou známy především z mezoamerické kultury, která se vyskytovala v oblastech dnešní Guatemaly, Salvadoru a jižního Mexika v období před 3500 lety. Na psychotropních účincích lysohlávek se podílí hlavně psilocybin, který se váže na receptory serotoninu. Nežádoucím účinkem je u sensitivnějších jedinců vyvolání depresí. Statistiky udávají, že k náhodné intoxikaci lysohlávkou skoro nedochází. V naprosté většině případů jde o neodhadnutí dávky při „rekreačním užívání“ lysohlávek (Klán, 2022). Chemická struktura psilocybinu je znázorněna na obr. č. 3.



Obrázek 3 – psilocybin

### 3.7 Literární úvod k praktické části – popis organismů využívaných v této části práce

#### 3.7.1 Čirůvka dvoubarvá (*Lepista personata*)

Čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) (viz obr. č. 4) patří mezi statné, masité houby. Vyznačuje se nažloutlým až šedavým vyklenutým až plochým hladkým kloboukem dosahujícím velikosti přibližně 7-15 cm. Lupeny jsou u mladých plodnic bílé, později se u starších plodnic můžeme setkat také s nažloutlými či šedými lupeny. Na první pohled však všechny houbaře zaujme třen, který má fialovou barvu a vláknitou strukturu. Tato skutečnost často mnohé houbaře od sběru této houby odradí. Vlákničitá struktura třeně může vzbuzovat dojem podélného žíhání, které však především u mladších plodnic nemusí být zřetelné. Dužnina je obvykle bělavá. Výtrusy jsou nenápadné, elipsoidní, tenkostěnné, na povrchu drsné. Jeví se jako bezbarvé. Pokud bychom je však chtěli hodnotit na základě jejich schopnosti zbarvit se působením roztoku anilinové modři s přídavkem kyseliny mléčné do modra, pak bychom je mohli označit za cyanofilní. Výtrusný prach má někdy narůžovělý odstín (Klán, 2022).

Čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) je hojná na okrajích lesů, v parcích a zahradách. Nelze tedy říci, že by šlo o typickou lesní houbu, i když je někdy možné na ni narazit v listnatých lesích České republiky. Plodnice tvoří obvykle v průběhu podzimu, ale není výjimkou, že vzhledem k dlouhodobé změně klimatu je možné její plodnice objevit v průběhu zimy. Má velmi příjemnou chuť a vůni a obecně je považována za jedlou, avšak v syrovém stavu je některými mykology označována za jedovatou, protože se předpokládá, že podobně jako ostatní zástupci rodu *Lepista* obsahuje toxiny ze skupiny lektinů, které hemolyzují červené krvinky, čímž mohou způsobit až tzv. vnitřní udušení. Jeho příznaky jsou nejčastěji zčervenání pokožky, mdloby vedoucí až ke ztrátě vědomí. Lektiny se však už slabým varem rozkládají na organismu neškodné látky. Je tedy s jistotou možné říci, že po uvaření je čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) jedlá (Klán, 2022).

Nejpravděpodobněji by si člověk mohl splést čirůvku dvoubarvou (*L. personata*) s čirůvkou fialovou (*Lepista nuda*) či čirůvkou kosatcovou (*Lepista irina*). Ani jedna z těchto hub však není po povaření jedovatá a pro jejich konzumaci platí stejná pravidla, jako je tomu u čirůvky dvoubarvé (*L. personata*) (Tejkal, 2020).

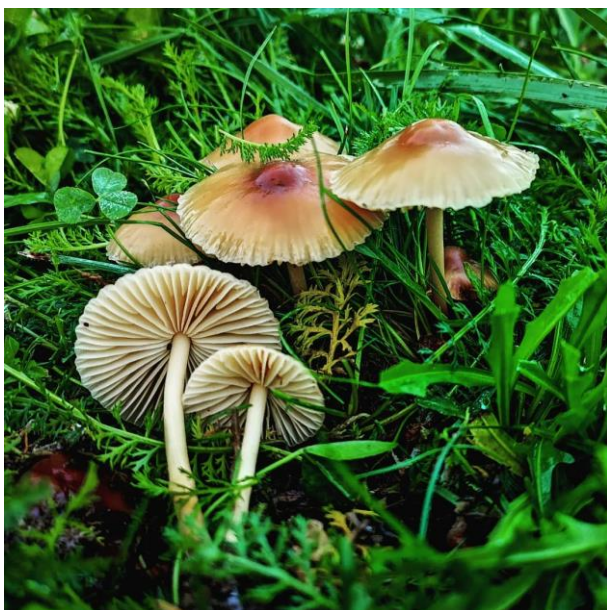


Obrázek 4 - čirůvka dvoubarvá (*Lepista.personata*) (foto Matušinský)

### 3.7.2 Špička obecná (*Marasmius oreades*)

Špička obecná (*M. oreades*) (viz obr. č. 5) patří mezi typické houby čarodějných kruhů. Vyznačuje se tenkým pružným třeněm bledě bílé barvy. Klobouk je drobný, široký pouze 2 až 5 cm. Má okrovou až červenohnědou bravu, jeho okraj je často rýhovaný. Klobouk má schopnost hygrofánnosti, což znamená, že ve vlhku nebo při dešti klobouk tmavne vnikáním vody do mezihyfových prostor. Jakmile se voda z klobouku odpařuje, klobouk znovu začne světlat. Nejdříve je tato barevná změna patrná na špičce klobouku, později u okraje. Lupeny jsou řídké, mají krémovou barvu a podobně jako klobouk za vlhka tmavnou. Výtrusy jsou nenápadné, bezbarvé, elipsoidní, hladké, tenkostěnné. Výtrusný prach je vždy bílý. Špička obecná (*M. oreades*) roste převážně v půdách bohatých na dusík, což jsou především zahrady, parky, okraje polí, louky a pastviny. Je možné ji spatřit i ve smrkových monokulturách. Dříve se myslelo, že špička obecná *M. oreades* je schopna symbiózy s travinami, což dodnes nebylo uspokojivě prokázáno. Jisté však je, že její mycelium produkuje kyanovodík, aby se vyhnula konkurenčním houbám ve svém okolí. Ten byl také odhalen v některých plodnicích, avšak jeho koncentrace by průměrnému člověku nezpůsobily žádné zdravotní problémy. Její plodnice jsou podle některých zdrojů chutné a houba je považována za jedlou (Klán, 2022).

Častá je její záměna za penízovku dubovou (*Gymnopus dryophilus*), která se řadí především v anglicky psané literatuře mezi houby nejedlé (Tejkal, 2020). Ve starší české literatuře však můžeme najít, že je označována za jedlou. Nedobrou pověst si vysloužila především svojí nahořklou chutí, která může vyvolávat u sensitivnějších jedinců gastrointestinální potíže (Klán, 2022).



Obrázek 5 - špička obecná (*Marasmius oreades*) (foto Matušinský)

### 3.7.3 *Brachypodium distachyon*

Dříve byl jedinou rostlinou používanou pro výzkum huseníček (*Arabidopsis sp.*), který se však geneticky příliš lišil od hospodářských obilovin. Ty však nebylo možné využít pro jejich příliš složitý genom. Těmto rostlinám se velmi podobá rod *Brachypodium* (válečka), avšak má malý a kompaktní genom (Draper et al., 2001). Původně se myslelo, že *B. distachyon* má 3 různé cytotypy (různý počet chromozomů), ale později byl *B. distachyon* rozdělen na 3 různé druhy, a to na *Brachypodium distachyon* ( $2n = 10$ ), *Brachypodium stacei* ( $2n = 20$ ) a *Brachypodium hybridum* ( $2n = 30$ ) (Catalan et al., 2012). *B. distachyon* je zachycen na obr. č. 6.





Obrázek 6 - *Brachypodium distachyon*. (převzato z By Neil Harris, University of Alberta - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9668336>)

### 3.8 Čarodějný kruh

Čarodějný kruh (viz obr. č. 7) je útvar, který vypadá jako řada soustředných kružnic, nacházející se v trávníku. Každá z těchto kružnic představuje určitou zónu. V místě, kde dochází k nejvýznamnějšímu růstu houby, je trávník často suchý, protože houba zde odebírá podstatné množství vlhkosti z půdy a také do půdy uvolňuje kyanidy, zabíjející okolní rostliny (Shantz & Piemiesel, 1917, Lebeau & Hawn, 1963, Filer, 1965).

V prvotní fázi vývoje čarodějného kruhu v zóně nejintenzivnějšího růstu houby jsou rostliny rostoucí v této zóně mnohem statnější než rostliny rostoucí mimo tuto zónu. V pozdějších fázích zde však dochází k předčasnému úhynu rostliny v porovnání s okolními rostlinami rostoucími mimo čarodějný kruh (Shantz & Piemiesel, 1917, Norstadt et al., 1973).

Tato periodicitu je zapříčiněna změnou složení půdy, kterou způsobuje houba. Na počátku vegetační sezóny je určitý obsah dusíku ( $\text{NH}_4^+$ ) a fosforu v půdě. Tyto prvky jsou z půdy spotřebovávány, a proto se jejich obsah v půdě v čarodějném kruhu snižuje mnohem více než v okolí čarodějného kruhu (Fisher, 1976).

Houba tvořící čarodějný kruh má však schopnost degradovat půdní humus a mineralizovat organický dusík. Tím zvyšuje jeho hodnoty v půdě čarodějného kruhu. Houba postupně roste a v určitém momentu začne pociťovat nedostatek dusíku a fosforu. Proto tyto prvky začne zpětně vychytávat z půdy. To vede k úhynu rostlin, které v této zóně rostly, protože nejsou adaptovány na snížený obsah těchto prvků v půdě.



Houba také napomáhá k úhynu rostlin tím, že produkuje kyanidy. To je také jeden z důvodů, proč dochází k rozšiřování (zvětšování průměru) čarodějných kruhů (Fisher, 1976).



Obrázek 7 - čarodějný kruh. (převzato z: <https://www.golfonline.sk/odborne-clanky/greenkeeping/carodejne-kruhy-fakty-vs-povery/>)

## **4 MATERIÁL A METODY**

### **4.1 Experiment A (čarodějné kruhy)**

#### **4.1.1 Biologický materiál**

- Osivo *Brachypodium distachyon*: semena linie Bd21 z Joint Genome Institute (<https://jgi.doe.gov/>)

#### **4.1.2 Seznam použitých přístrojů a zařízení**

- Stericell sušička horkovzdušná
- analytická váha

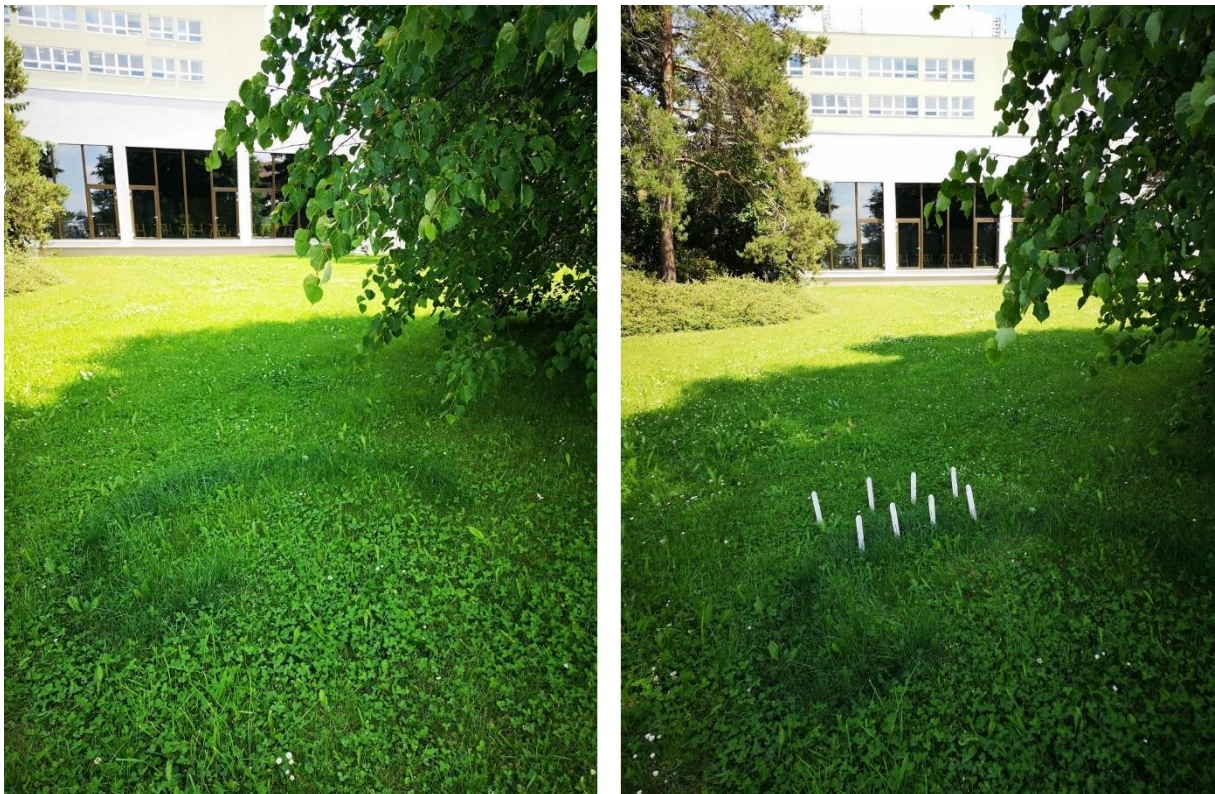
#### **4.1.3 Použité experimentální a vyhodnocovací postupy**

- Vážení analyzovaných částí rostlin – nadzemní část rostliny, semena
- Statistická analýza – vyhodnocení dat získaných pravidelnou kontrolou a měřením zkoumaných rostlin
- Odeslání odebraných vzorků půdy na analýzu chemického složení do Zemědělského

výzkumného ústavu Kroměříž, s. r. o.

#### 4.1.4 Setí

2. června 2022 byly v tzv. čarodějném kruhu po odstranění travního drnu velikosti 8x8 cm ve 4 opakováních vysety obilky *Brachypodium distachyon*. Do každého opakování bylo vyseto přibližně 20 obilek. Stejným způsobem byly také vysety 4 opakování ve vzdálenosti 30 cm vně od čarodějného kruhu. Po vyklíčení rostlin *B. distachyon* byl v každém opakování jejich počet zredukován na 10 kusů. Čarodějný kruh před výsevem a po výsevu je zachycen na obr. č. 8.



Obrázek 8 - Obrázek setí *Brachypodium distachyon* do kruhů a mimo kruhy, označeno jmenovkami. Areál PřF Holice (foto Matušinský)

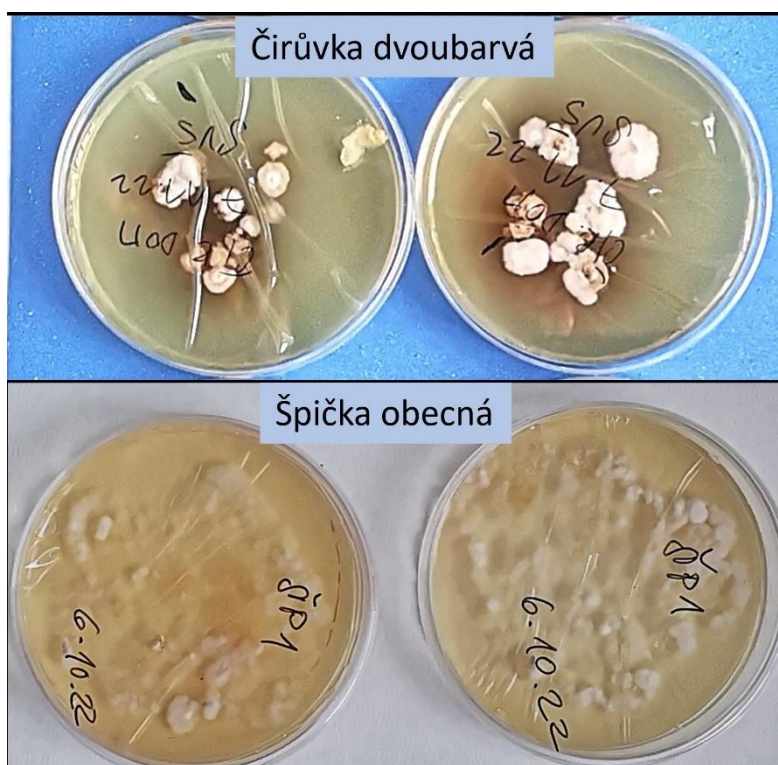
#### 4.1.5 Sklizeň

Sklizeň proběhla 12. října 2022. Rostliny z jednotlivých opakování byly sklizeny odděleně do samostatných papírových sáčků. Z každé varianty byla sklizena pouze 3 opakování, protože u posledního opakování se nám nepodařilo zaměřit čarodějný kruh. Rostliny byly vysušovány při 105 °C po dobu 5 hodin. Poté byly zváženy.

## 4.2 Experiment B (inokulace substrátů)

### 4.2.1 Biologický materiál

- Osivo *Brachypodium distachyon*: semena linie Bd21 z Joint Genome Institute (<https://jgi.doe.gov/>)
- Izoláty hub – získány z plodnic *Lepista personata* a *Marasmius oreades*. Plodnice byly rozkrojeny sterilním skalpelem ve flow boxu. Ze střední části plodnice byl odebrán malý kousek mycelia a vložen na připravený bramborovo-dextrosový agar na Petriho misce. Kultivace probíhala ve tmě při teplotě 20 °C. Kultivaci zachycuje obr. č. 9.
- Perlit
- Obilky rýže (běžná rýže pro potravinářské využití – Jasmínová rýže Lidl)
- Profi výsevní substrát FLORCOM SV (BB Com, 885)



Obrázek 9 - Kultury hub získané z plodnic *Lepista personata* a *Marasmius oreades* na Petriho miskách s bramborovo-dextrosovým agarem (foto Matušinský)

### 4.2.2 Seznam použitých přístrojů a zařízení

- Stericell sušička horkovzdušná
- analytická váha s přesností na 2 desetinná místa



#### 4.2.3 Použité experimentální a vyhodnocovací postupy

- Vizuelní hodnocení příznaků – v pravidelných intervalech (1x za měsíc – vždy okolo 13. dne v měsíci) byly u zkoumaných rostlin hodnoceny míra nekrotizace na listech, výška rostlin, růstová fáze rostlin a počet klasů.
- Vážení – po sklizni byly usušené nadzemní části rostlin zváženy; také byla určena hmotnost semen
- Měření – v pravidelných intervalech (1x za měsíc – vždy první týden v měsíci) byla zjištěna výška každé rostliny.
- Zjišťování růstové fáze dle Honga (Hong et al., 2011) ve výsledcích ani v závěru však již není žádná zmínka o růstových fázích, prosím jen krátce velmi stručně slovně doplnit, stačí u jednotlivých hodnocení např. u výšky rostlin apod.
- Statistická analýza – vyhodnocení získaných dat z průběhu měření pomocí testu ANOVA a Tukeyova testu.
- Odeslání substrátů na analýzu chemického složení do Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s. r. o.

#### 4.2.4 Příprava Inokula nezačínat prosím kapitolu obrázkem



Obrázek 10 - příprava inokula – levá část – sáčky s rýží, do kterých byly přidány fragmenty mycelia *Marasmius oreades*, *Lepista personata* a kontrolní vzorek; střední část – vzorky substrátu po přidání rýže s myceliem *Marasmius oreades*, s *Lepista personata* a sterilní rýže (kontrolní vzorek); pravá část – sáčky se substrátem obsahujícím kontrolní vzorek, substrát obohacený *Lepista personata* a *Marasmius oreades* (foto Matušinský)

Rýže byla 2x sterilizovaná v parním sterilizátoru při teplotě 120 °C po dobu 20 minut. Po vychladnutí byl do sterilní rýže přidán fragment mycelia. Byly založeny tři varianty. První s *L. personata*, druhá s *M. oreades* a třetí, která sloužila jako kontrola bez přidání mycelia. Takto připravená rýže byla kultivována po dobu 14 dnů ve tmě při teplotě 20°C.

Pěstební substrát FLOROCOM byl dvakrát sterilizován parním sterilizátorem při teplotě 120 °C po dobu 20 minut. Po vychladnutí bylo do substrátu přidáno připravené inokulum (viz obr.

č. 10). Do substrátu bylo přidáno vždy 25 g rýže. Byly vytvořeny tři varianty. První s *L. personata*, druhá s *M. oreades* a třetí se sterilní rýží bez přidaného mycelia.

Substrát byl důkladně protřepán, aby došlo k homogenizaci inokula v substrátu, a poté byl substrát kultivován tři týdny ve tmě při teplotě 20°C.

#### 4.2.5 Setí a inokulace

Založení experimentu ve skleníku proběhlo dne 14. 3. 2023. Do květináčů byl umístěn substrát a poté bylo vyseto vždy 10 obilek *B. distachyon*. Obilky byly překryty substrátem z příslušných variant. Byly založeny 3 varianty po 20 květináčích. První s *L. personata* druhá s *M. oreades* a třetí se substrátem se sterilní rýží. Povrch substrátu byl překryt vrstvou křemičitého písku, aby se snížila pravděpodobnost křížové kontaminace při závlaze. Květináče byly rozmístěny náhodně na kultivačním stole. Kultivace probíhala za podmínek 20/18 °C den/noc. Po vzejití byl počet rostlin redukována na 4 ks v každém květináči (viz obr. č. 11).



Obrázek 11 - rostliny *Brachypodium distachyon* v květináčích – ukázka pěstování rostlin ve skleníku (experiment B)

#### **4.2.6 Pravidelné hodnocení a měření**

Měření probíhalo pravidelně každý měsíc v termínech: 11. 4. 2023 (1. hodnocení), 9. 5. 2023 (2. hodnocení), 14. 6. 2023 (3. hodnocení), 14. 7. 2023 (4. hodnocení) a 14. 8. 2023 (5. hodnocení).

Při každém měření byla provedena měření výšky rostlin, hodnocení příznaků zahnědnutí pomocí škály („Foliar and ear diseases on cereals", 2012). Bylo provedeno stanovení růstové fáze podle publikace v časopisu Weed Research (Hong et al., 2011). Veškeré údaje byly zaznamenány a vyhodnoceny.

#### **4.2.7 Odběr vzorků**

Odběr vzorků byl proveden při sklizni dne 14. 8. 2023. Rostliny byly umístěny do papírových sáčků a kvůli sjednocení vlhkosti byly vysušeny při teplotě 50 °C po dobu 8 h. Poté byly rostliny zváženy – odděleně nadzemní biomasa a obilky.

#### **4.2.8 Vyhodnocení dat**

Data byla hodnocena pomocí analýzy variance ANOVA a Tukey testem ( $\alpha=95\%$ ). Tímto způsobem byla vyhodnocena data získaná při pravidelných měřeních výšky a hodnocení nekróz listů. Také tímto způsobem byla vyhodnocena data získaná měřením hmotnosti suché biomasy po sklizni experimentu.

#### **4.2.9 Půdní analýzy**

Vzorky půdy byly odebrány po sklizni pokusu jednak z kruhu, jednak mimo kruh. Byl odstraněn travní drn a byla odebrána vrstva zeminy do hloubky 2 cm v šířce 3 cm pod kruhem. Stejným způsobem byl odebrán vzorek zeminy 30 cm vně kruhu pod kontrolní variantou. Z každé varianty bylo odebráno 0,5 kg zeminy. Vzorky byly následně odeslány na laboratorní analýzu do Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s. r. o.

## **5 VÝSLEDKY**

### **5.1 Experiment A**

#### **5.1.1 Výsledek stanovení hmotnosti sušiny**

Už při pouhém optickém zhodnocení velikosti bylo jasné, že rostliny pěstované v čarodějném kruhu byly vyšší a statnější než rostliny pěstované mimo čarodějný kruh. Porovnání výšky



rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu a mimo něj je zachyceno na obrázcích č. 7 a 8 máte špatně číslování je to obr 12.



Obrázek 12 - měření *Brachypodium distachyon* – experiment A (foto Matušinský)



Obrázek 13 - porovnání velikosti rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu a mimo něj – experiment A (foto Matušinský)

Výsledky z jednotlivých míst odběru vzorku byly zapsány do tabulky č. 1. Z každého místa odběru byla určena průměrná hmotnost sušiny jedné rostliny *B. distachyon* ze všech, které v něm rostly.

Tabulka 1 - Průměr hmotnosti sušiny rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu a mimo kruh (experiment A)

Varianta	Opakování	N	Hmotnost – průměr [mg]	CL -95 %	CL +95 %
Čirůvka (kruh)	1	10	128,26	115,63	140,88
Čirůvka (kruh)	2	10	119,68	107,06	132,31
Čirůvka (kruh)	3	10	107,03	94,40	119,65
Kontrola	1	10	37,25	24,63	49,88
Kontrola	2	10	27,78	15,16	40,40
Kontrola	3	10	33,62	21,00	46,24

Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Do tabulky č. 2 byly zapsány průměrné hmotnosti jedné rostliny *B. distachyon* pěstované v čarodějném kruhu a mimo něj. Průměrná hmotnost jedné rostliny byla mnohem vyšší u rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu než u rostlin, které byly pěstovány mimo něj. Statistický systém ANOVA a také Tukeyův test určil, že tyto výsledky jsou průkazné. Průkaznost systémem ANOVA potvrdila hodnota parametru p, která byla nižší než 0,05. Hodnoty pro jednotlivé parametry testu ANOVA byly zaznamenány do tab. 3. Také Tukeyův test potvrdil, že jsou hodnoty průměrné hmotnosti jedné rostliny z čarodějného kruhu a té mimo něj natolik rozdílné, že s jistotou můžeme říci, že rostliny pěstované v čarodějném kruhu obsahovaly po vysušení více sušiny než rostliny pěstované mimo čarodějný kruh.

Tabulka 2 - Stanovení průměrné hmotnosti rostlin kontrolního vzorku a rostlin pěstovaných v čarodějném kruhu (experiment A)

Varianta	N	Hmotnost – průměr [mg]	CL -95 %	CL +95 %
čirůvka kruh	30	118,32	110,99	125,65
Kontrola	30	32,89	25,56	40,21

Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

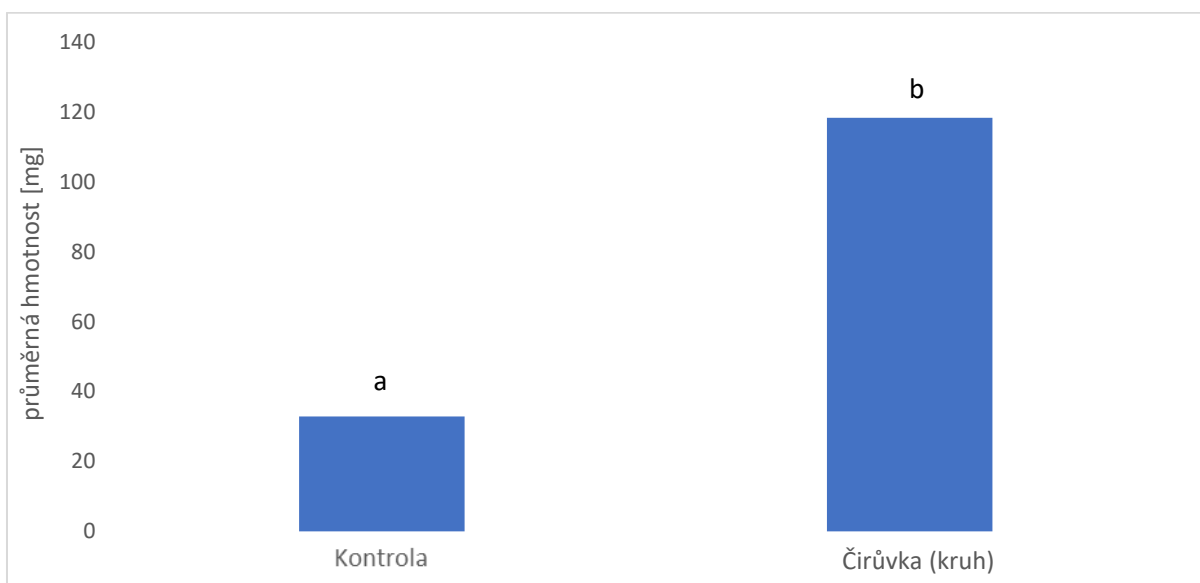
Průměrná hmotnost rostliny v kruhu byla 118,32 mg, zatímco průměrná hmotnost rostliny mimo kruh byla 32,98 mg. Z měření vyplývá, že větší hmotnosti dosahovaly rostliny rostoucí v čarodějném kruhu. Tento údaj je statisticky průkazný, protože hodnota p z testu ANOVA byla menší než námi stanovená hladina významnosti 0,05.



Tabulka 3 – Statistické stanovení průkaznosti výsledku pomocí systému ANOVA – průměrná hmotnost sušiny rostlin *Brachypodium distachyon* (experiment A)

	SS	DF	MS	F	p
varianta	109490,5	1	109490,5	272,6373	0,000000
opakování	1650,7	2	825,3	2,0551	0,137628
chyba	22489,5	56	401,6	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 14 - Výsledek Tukeyova testu – průměrná hmotnost sušiny rostlin *Brachypodium distachyon*, hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment A)

Graf uvedený v obr. 14 udává výsledek Tukeyova testu, ze kterého vyplývá, že rozdíl hodnot průměrných hmotností je natolik rozdílný, že je možné říci, že rostliny pěstované v čarodějném kruhu obsahovaly více sušiny než rostliny pěstované mimo čarodějný kruh.

### 5.1.2 Výsledek půdní analýzy

Z analýzy vzorku půdy je nejvýznamnější rozdíl v obsahu fosforu v čarodějném kruhu a mimo něj. Fosfor se v půdě vyskytoval ve formě  $HPO_4^{2-}$  či  $H_2PO_4^-$ . Koncentrace těchto iontů byla ve vzorku odebraném z čarodějného kruhu skoro dvakrát vyšší než ve vzorku odebraném mimo čarodějný kruh. V této hodnotě koncentrace je největší rozdíl mezi jednotlivými hodnocenými variantami. U ostatních prvků už není tak významný rozdíl v jejich koncentraci v kruhu a mimo něj. Všechny prvky dosahovaly v kruhu lehce vyšších koncentrací než mimo něj. Dalším

stanovovaným parametrem půdy bylo pH, které bylo měřeno pH metrem, u kterého bylo pro přechovávání měrné elektrody použito roztoku KCl. Avšak ani v hodnotě pH nebyl příliš velký rozdíl. Půda v čarodějném kruhu byla lehce kyselější než půda mimo čarodějný kruh. Tento rozdíl hodnot však nemá skoro žádný význam, protože rozdíl pH je tak malý, že není nutné se jím zabývat. Tabulka č. 4 uvádí výsledky půdní analýzy z experimentu A.

Tabulka 4 - Výsledky půdní analýzy (experiment A)

Číslo vzorku laboratoře	Označení vzorku zákazníka	pH/ KCl	Mehlich III				N <sub>t</sub> [%]
			P [mg/kg]	K [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Mg [mg/kg]	
22-3400	Kontr.mimo	5,59	32	120	2997	230	0,38
22-3401	Var 1 kruh	5,62	59	137	2796	251	0,36

## 5.2 Experiment B

### 5.2.1 Vizuální vyhodnocení intenzity poškození rostlin *B. distachyon*

#### 5.2.1.1 1. hodnocení – vizuální hodnocení nektróz listů (experiment B): 11. 4. 2023

Do tabulky č. 5 byly zaznamenány průměrné hodnoty nektróz listu F (praporcový list – nejvyšší) pro jednotlivé varianty vzorků. Z tabulky jasně vyplývá, že největší míru nektróz jsme pozorovali u vzorku s čirůvkou. Systém ANOVA (viz tab. č. 6) i Tukeyův test uvádí, že v porovnání s ostatními dvěma hodnotami je tento rozdíl průkazný. Očekávání, že jsme pozorovali více nektróz u vzorku se špičkou, však je neprůkazné. Tukeyův test ani ANOVA toto nepotvrdily. Na obr. č. 15 je patrný stav rostlin při 1. hodnocení.



Obrázek 15 - pěstování *B. distachyon* v substrátech obohacených *Marasmius oreades*, *Lepista personata* či bez obohacení – kontrolní vzorek – ve skleníku (experiment B)

Tabulka 5 - Průměrná míra nekróz listu F [%] – 1. odběr (experiment B)

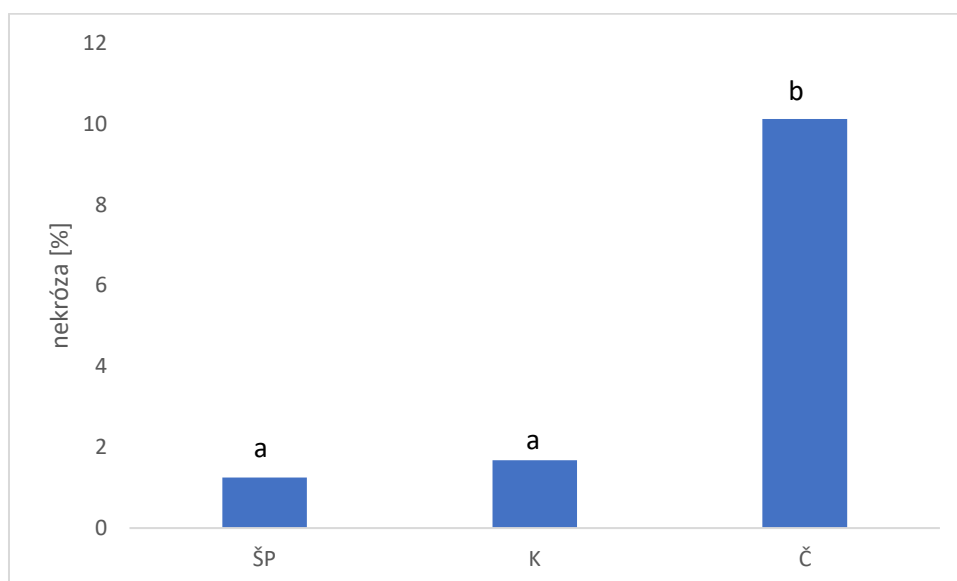
Varianta	N	Nekróza list F – průměr [%]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	1,25	-1,50	3,70
Čirůvka	80	10,12	7,03	12,82
Kontrola	80	1,67	-1,41	4,37

Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Tabulka 6 – Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nekróz na listu F pomocí systému ANOVA – 1. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	3990,78	2	1995,388	24,34682	0,000000
Opakování	70,18	3	17,545	0,21407	0,930459
Chyba	19341,81	236	81,957	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 16 – Výsledek Tukeyova testu pro 1. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – list F u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment B)

Graf v obr. č. 16 udává, že statisticky významný rozdíl v míře nekróz byl mezi variantou, která obsahuje špičku, a variantou, která obsahuje čirůvku. Také byl mezi variantou, která obsahuje čirůvku, a kontrolním vzorkem. Z Tukeyova testu lze tedy říci, že při 1. hodnocení nejvíce nekróz obsahoval vzorek s čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*).

### 5.2.1.2 2. hodnocení – vizuální hodnocení nekróz listů (experiment B): 9. 5. 2023

Podobně jako v předešlém případě byly i při druhém odběru zhodnoceny míry nekróz listu F a z nich určeny průměrné hodnoty, které byly následně zaneseny do tabulky č. 7. Jednoznačně určit, u které varianty nekrózy převládají, však není možné, protože výsledek Tukeyova testu je neprůkazný.

Tabulka 7 - Průměrná míra nekróz listu F [%] – 2. odběr (experiment B)

Varianta	N	Nekróza list F – průměr [%]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	0,03	-0,01	0,08
Čirůvka	80	0,10	0,03	0,16
Kontrola	80	0,07	0,01	0,13

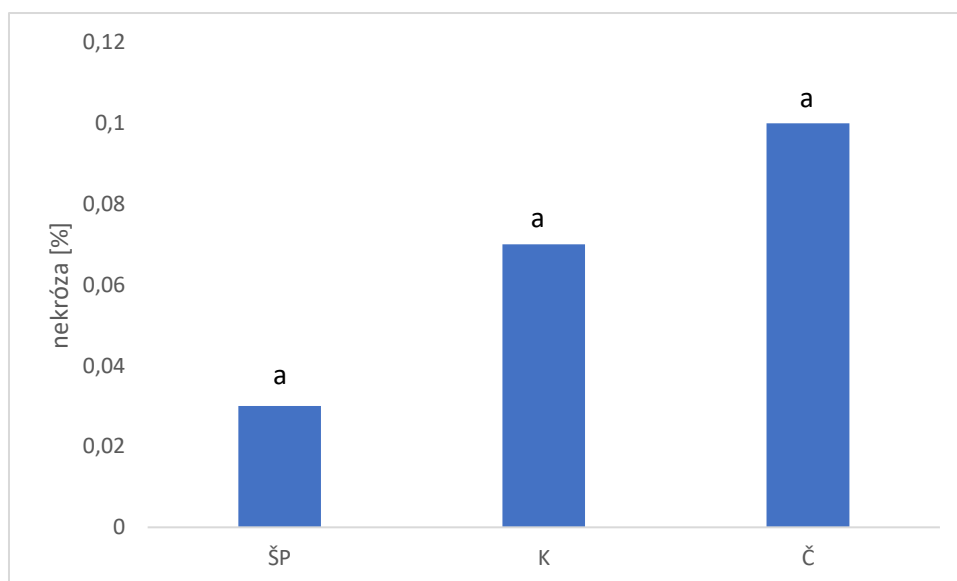
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Test ANOVA určil hodnoty plynoucí z tohoto měření pro míru nekróz za statisticky nevýznamné. To je patrné z hodnoty p v tab. č. 8. Nelze tedy určit, která varianta dosahovala nejvyšší nebo nejnižší míry nekróz.

Tabulka 8 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nekróz na listu F pomocí systému ANOVA – 2. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	0,15833	2	0,079167	1,20097	0,302749
Opakování	0,21250	3	0,070833	1,07455	0,360585
Chyba	15,42500	234	0,065919	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 17 – Výsledek Tukeyova testu pro 2. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – 4 horní listy u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=95\%$ ) (experiment B)

Z výsledku Tukeyova testu vyplývá, že rozdíl v nekrózách u jednotlivých rostlin není statisticky významný, proto nelze určit, který vzorek rostlin dosahoval větší míry nekróz. Tuto skutečnost popisuje graf v obr. č. 17.

### 5.2.1.3 3. hodnocení – vizuální hodnocení nekróz listů (experiment B): 14. 6. 2023

Průměrné míry nekróz pro jednotlivé varianty byly zaznamenány do tabulky č. 9. Podle Tukeyova testu nebyly statisticky průkazné rozdíly mezi mírou nekróz kontrolního vzorku a vzorku s čirůvkou. Avšak statisticky průkazný byl rozdíl mezi vzorky se špičkou a ostatními vzorky. Vzorek se špičkou vykazoval výrazně větší míru nekróz listu F než kontrolní vzorek a vzorek s čirůvkou. Grafické znázornění tohoto rozdílu je patrné v obr. č. 18.

Hodnocení míry nekróz při dalších odběrech nemělo smysl, protože rostliny se začaly postupně dostávat do senescentní fáze a hnědnutí listů se stalo běžným fyziologickým pochodem.

Tabulka 9 - Průměrná míra nekróz listu F [%] – 3. odběr (experiment B)

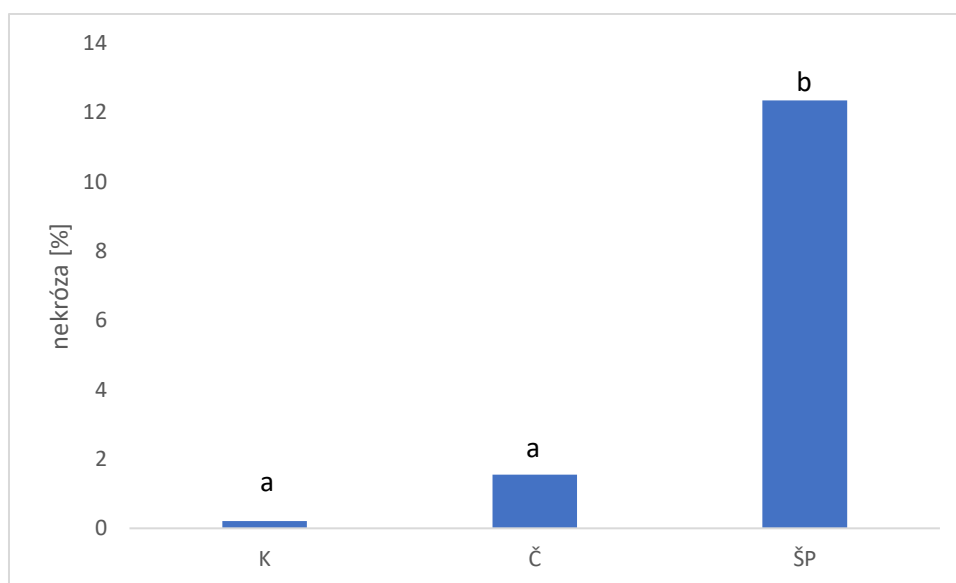
Varianta	N	Nekróza list F – průměr [%]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	12,35	5,11	19,58
Čirůvka	80	1,55	-0,93	4,03
Kontrola	80	0,21	0,12	0,30

Statistické hodnocení míry nekróz ve 3. hodnocení bylo zaznamenáno do tab. č. 10, ze které vyplývá potvrzení správnosti Tukeyova testu.

Tabulka 10 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku míry nekróz na listu F pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Varianta</b>	7086,61	2	3543,304	8,91988	0,000185
<b>Opakování</b>	367,95	3	122,649	0,30875	0,819051
<b>Chyba</b>	92953,44	234	397,237	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 18 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – vizuální hodnocení míry nekróz – 4 horní listy u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z výsledků Tukeyova testu (viz obr. 18) vyplývá, že významný statistický rozdíl v míře nekróz není mezi vzorky rostlin kontroly a čirůvky, ale statisticky významný rozdíl je mezi vzorky rostlin kontroly a špičky a také mezi vzorky čirůvky a špičky. Lze říci, že při 3. odběru bylo nejvíce nekróz pozorováno u špičky.

#### 5.2.1.4 4. a 5. hodnocení – vizuální hodnocení nekróz listů (experiment B): 14. 7. 2023, 14. 8. 2023

Při 4. a 5. odběru hodnocení nekróz už nedávalo smysl, protože většina rostlin byla při těchto odběrech v senescentní fázi, došlo k zahnědnutí rostlin a ty postupně přirozeně odumíraly.

## 5.2.2 Měření a zjišťování výšky rostlin

### 5.2.2.1 1. hodnocení – výška rostlin (experiment B): 11. 4. 2023

Kromě míry nekróz byla zjišťována a vyhodnocována také výška zkoumaných rostlin. K vyhodnocení byly použity podobné metody, jako tomu bylo u nekrózy. V tomto hodnocení byla zaznamenána převažující růstová fáze 21 (odnožování) u kontroly, 13 (růst listů) u špičky a 21 (odnožování) u čirůvky.

Průměrné výšky jednotlivých rostlin byly zaznamenány do tabulky č. 11. Z tabulky je patrné, že nejvyšší výšky dosahovaly při tomto měření rostliny kontrolního vzorku. Naopak nejmenší byly rostliny v substrátu naočkovaném špičkou. To, že dané výsledky jsou statisticky významné, potvrzuje jak systém ANOVA, tak také Tukeyův test.

Tabulka 11 - Průměrná výška rostlin [cm] při 1. odběru (experiment B)

Varianta	N	Výška – průměr [cm]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	5,10	4,78	5,41
Čirůvka	80	6,41	6,06	6,75
Kontrola	80	7,55	7,20	7,89

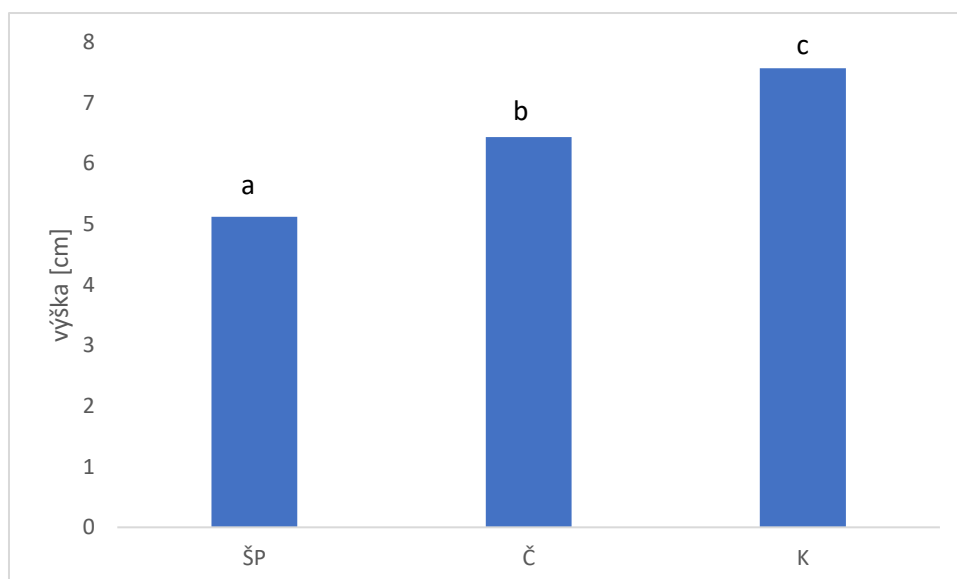
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Z výsledků testu ANOVA (viz tab. 12) vyplývá, že výsledky měření jsou statisticky významné.

Tabulka 12 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 1. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	240,508	2	120,254	102,575	0,000000
Opakování	7,358	3	1,839	1,569	0,183301
Chyba	276,675	236	1,172	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 19 - Výsledek Tukeyova testu pro 1. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Statisticky významný rozdíl byl mezi všemi hodnocenými variantami z hlediska průměrné výšky rostlin. To je znázorněno v obr. č. 19, který zachycuje výsledek Tukeyova testu.

#### 5.2.2.2 2. hodnocení – výška rostlin (experiment B): 9. 5. 2023

V tomto hodnocení byla zaznamenána převažující růstová fáze 34 (prodlužování stonku) u kontroly, 33 (prodlužování stonku) u špičky a 33 (prodlužování stonku) u čirůvky. Výsledky průměrné výšky jedné rostliny pro jednotlivé varianty byly při 2. měření zaneseny do tabulky č. 13.

Tabulka 13 - Průměrná výška rostlin [cm] při 2. odběru (experiment B)

Varianta	N	Výška – průměr [cm]	CL-95 %	CL95 %
Špička	80	15,68	15,24	15,89
Čirůvka	80	16,15	15,64	16,37
Kontrola	80	16,61	16,10	16,83

Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Ze systému ANOVA plyne, že rozdíl mezi průměrnou výškou rostlin je statisticky významný. To je patrné z hodnoty parametru p v tab. č. 14.

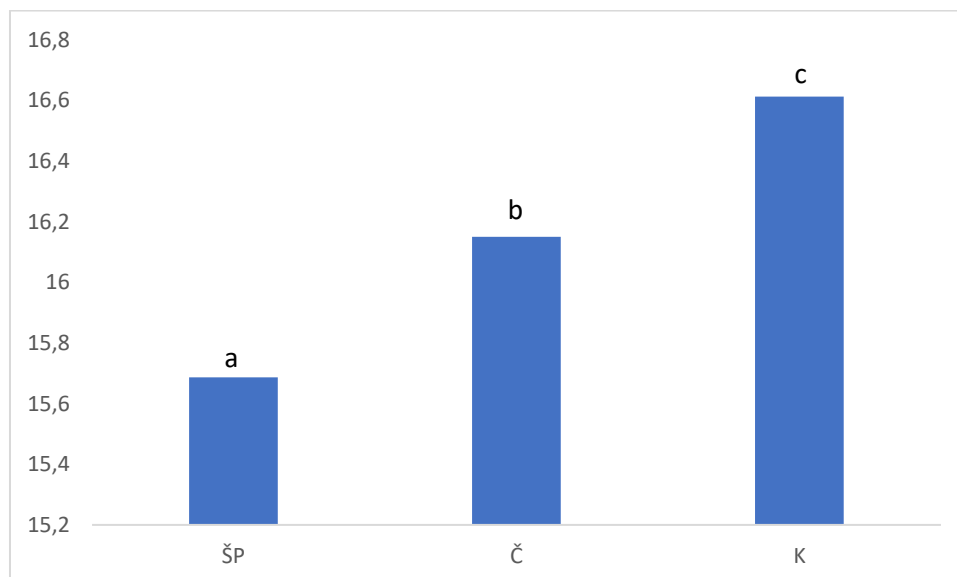
Tabulka 14 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 2. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	32,41	2	16,20	12,59	0,000006
Opakování	3,22	3	0,80	0,62	0,645187



<b>Chyba</b>	303,83	236	1,29	-	-
--------------	--------	-----	------	---	---

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 20 - Výsledek Tukeyova testu pro 2. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z Tukeyova testu vyplývá, že statisticky významný rozdíl v průměrné výšce je mezi vzorkem rostlin špičky a čirůvky, ale zároveň i mezi vzorky špičky a kontroly a mezi vzorky čirůvky a kontroly (viz obr. č. 20). Lze tedy říci, že nejlépe rostly v průměru rostliny kontrolního vzorku. Naopak nejméně se dařilo v růstu do výšky rostlinám vzorku špičky.

### 5.2.2.3 3. hodnocení – výška rostlin (experiment B): 14. 6. 2023

V tomto hodnocení byla zaznamenána převažující růstová fáze 61 (kvetení) u kontroly, 37 (prodlužování stonku) u špičky a 37 (prodlužování stonku) u čirůvky. Výsledky průměrné výšky jedné rostliny pro jednotlivé varianty byly při 3. měření zaneseny do tabulky č. 15. Z hodnot vyplývá, že nejvyšší průměrné výšky dosahovaly rostliny kontrolního vzorku, naopak nejmenší průměrné výšky dosahovaly rostliny vzorku čirůvky. Tukeyův test určil jako průkazné, že nejvyššího vzrůstu dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. Jako neprůkazné pak bylo tvrzení, jestli rostliny vzorku špičky nebo čirůvky dosahují menšího vzrůstu.

Tabulka 15 - Průměrná výška rostlin [cm] při 3. odběru (experiment B)

Varianta	N	Výška – průměr [cm]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	26,98	25,90	27,84
Čirůvka	80	25,96	24,75	26,90
Kontrola	80	28,46	27,25	29,40

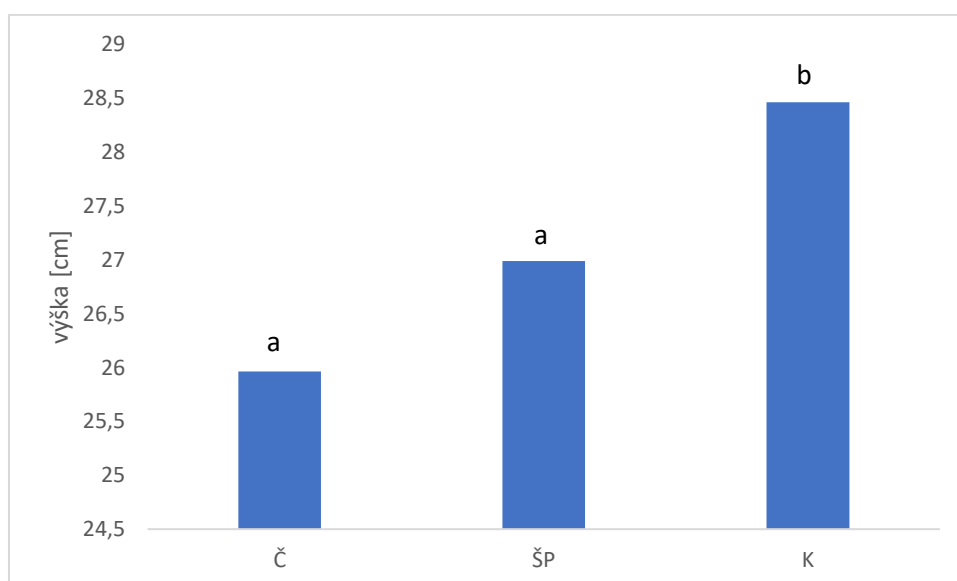
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

To, zda jsou výsledky statisticky průkazné, hodnotí test ANOVA (viz tab. č. 16). Z něj je patrné, že hodnota parametru p je menší než 0,05, což potvrzuje průkaznost výsledků.

Tabulka 16 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	252,13	2	126,07	11,121	0,000024
Opakování	14,55	3	3,64	0,321	0,863888
Chyba	2675,22	236	11,34	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 21 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z Tukeyova testu plyne, že nejvyšší průměrné výšky dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. To lze vyčíst z obr. č. 21. Zda dosahoval menší průměrné výšky vzorek čirůvky nebo špičky, není možné s jistotou říci, protože mezi vzorky není významný statistický rozdíl.

#### 5.2.2.4 4. hodnocení – výška rostlin (experiment B): 14. 7. 2023

V tomto hodnocení byla zaznamenána převažující růstová fáze 89 (zrání) u kontroly, 69 (kvetení) u špičky a 83 (zrání) u čirůvky. Výsledky průměrné výšky jedné rostliny pro jednotlivé varianty byly při 4. měření zaneseny do tabulky č. 17.

Tabulka 17 - Průměrná výška rostlin [cm] při 4. odběru (experiment B)

Varianta	N	Výška – průměr [cm]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	38,26506	36,79233	39,73779
Čirůvka	80	36,97500	35,70523	38,24477
Kontrola	80	38,98750	37,51028	40,46472

Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

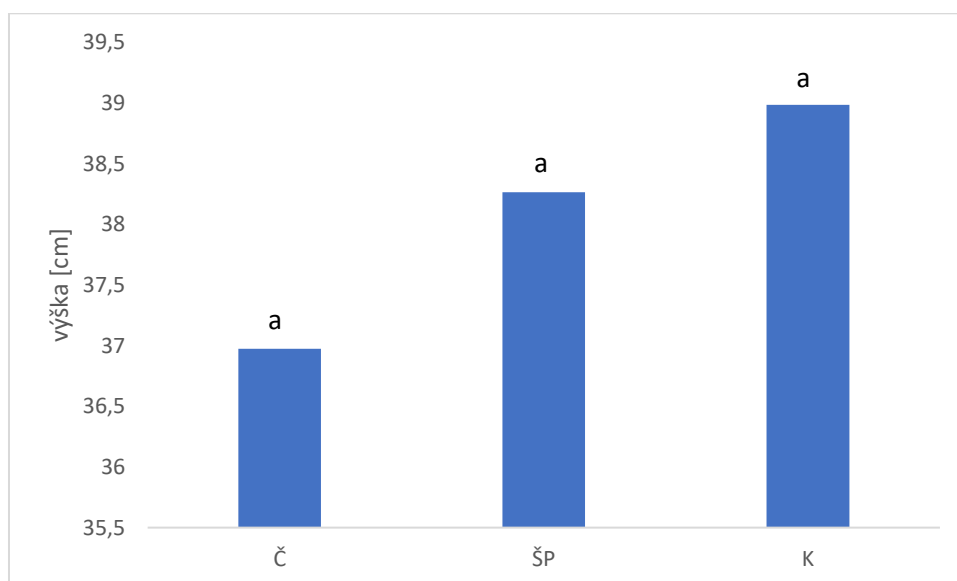
Systém ANOVA označil výsledky jako statisticky nevýznamné. To je možné vyčíst z hodnoty parametru p v tab. č. 18.

Tabulka 18 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 4. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	175,01	2	87,50	2,154	0,118256
Opakování	197,33	3	49,33	1,215	0,305273
Chyba	9585,78	236	40,62	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)

Podobně jako při předchozím měření z tabulky vyplývá, že nejvyšší průměrné výšky dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. Naopak průměrně nejnižší byly rostliny vzorku čirůvky.



Obrázek 22 - Výsledek Tukeyova testu pro 4. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Skutečnost, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl, je možné vyčíst z obr. 22, který zachycuje výsledek Tukeyova testu pro 4. odběr dat výšky rostlin.

#### 5.2.2.5 5. hodnocení – výška rostlin (experiment B): 14. 8. 2023

V tomto hodnocení byla zaznamenána převažující růstová fáze 99 (senescence) u kontroly, 99 (senescence) u špičky a 99 (senescence) u čirůvky. Výsledky průměrné výšky jedné rostliny pro jednotlivé varianty byly při 5. měření zaneseny do tabulky č. 19. Z hodnot vyplývá, že nejvyšší byly kontrolní rostliny, naopak nejnižší byly rostliny vzorku s čirůvkou.

Tabulka 19 - Průměrná výška rostlin [cm] při 5. odběru (experiment B)

Varianta	N	Výška – průměr [cm]	CL -95 %	CL +95 %
Špička	80	40,06	38,77783	41,34717
Čirůvka	80	37,96	36,81325	39,11175
Kontrola	80	42,78	40,93889	44,63611

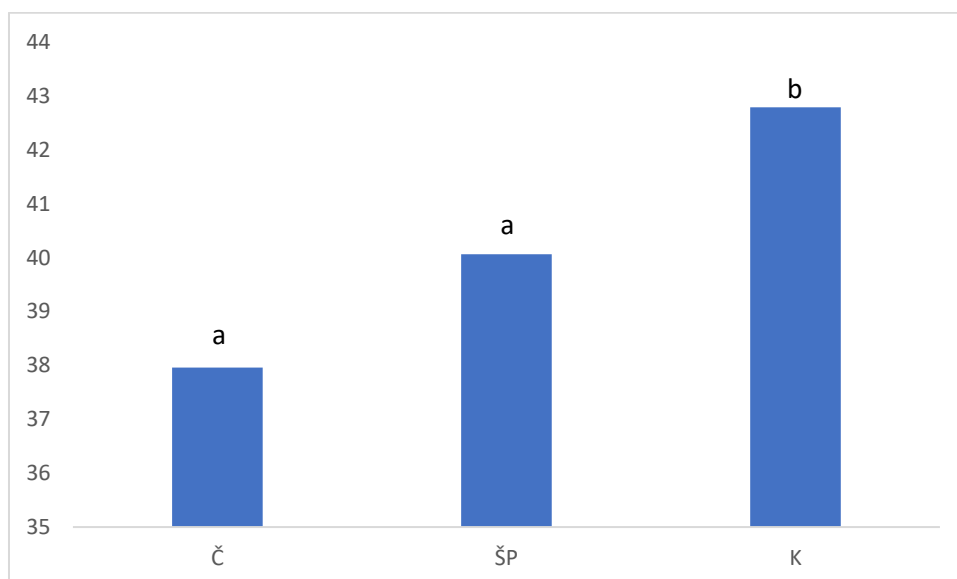
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Z testu ANOVA plyne, že výsledky stanovení rozdílu v průměrné výšce rostlin jednotlivých vzorků jsou při 5. hodnocení průkazné. Je to patrné z hodnoty parametru p z tab. č. 20.

Tabulka 20 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku výšky pomocí systému ANOVA – 5. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Varianta</b>	936,4	2	468,2	10,812	0,000032
<b>Opakování</b>	57,5	3	19,2	0,443	0,722699
<b>Chyba</b>	10133,5	234	43,3	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 23 - Výsledek Tukeyova testu pro 5. odběr – průměrná výška rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z Tukeyova testu vyplývá, že je možné konstatovat, že nejvyšší průměrné výšky dosahovaly rostliny kontrolního vzorku, naopak není možné rozhodnout, zda byly v průměru nižší rostliny vzorku se špičkou nebo s čirůvkou. Mezi těmito vzorky není tak významný statistický rozdíl jako mezi vzorkem čirůvky a kontrolním vzorkem a zároveň vzorkem špičky a kontrolním vzorkem. Tukeyův test tedy určil jako průkazné, že největší velikosti dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. Jako neprůkazné pak bylo určení, jestli rostliny varianty špičky nebo čirůvky dosahují menšího vzrůstu. Graficky je to znázorněno v obr. č. 23.

## 5.2.3 Počty klasů

### 5.2.3.1 1. a 2. odběr – počet klasů (experiment B): 11. 4. 2023, 9. 5. 2023

Při 1. a 2. odběru rostliny zatím nevytvářely žádné klasy. První klasy se objevily až při 3. odběru.

### 5.2.3.2 3. odběr – počet klasů (experiment B): 14. 6. 2023

Průměrný počet klasů na 1 rostlinu dané varianty byl zapsán do tabulky č. 21. Z těchto dat je patrné, že nejvyššího průměrného počtu klasů na 1 rostlinu dosahovaly rostliny kontrolního vzorku, naopak nejmenší počet klasů byl průměrně u rostlin čirůvky. To, zda tato data jsou statisticky významná, stanovil test ANOVA.

Tabulka 21 - Průměrný počet klasů rostlin při 3. odběru (experiment B)

Varianta	N	Počet klasů – průměr [ks]	CL-95 %	CL +95 %
špička	80	0,65	0,40	0,89
čirůvka	80	0,32	0,14	0,50
Kontrola	80	1,01	0,73	1,29

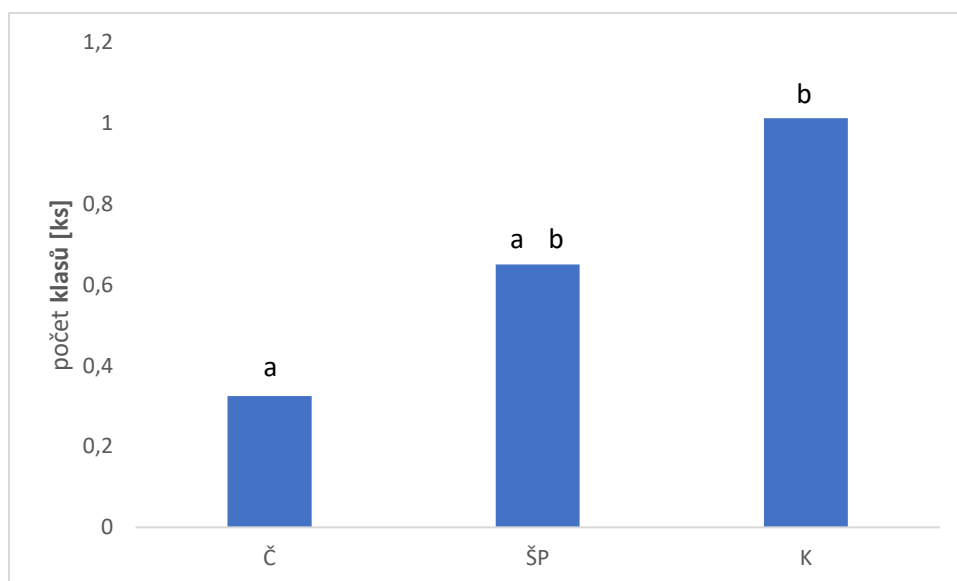
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Ze statistického testu ANOVA (viz tab. č. 22) vyplývá, že data jsou statisticky významná, proto je možné následně provést Tukeyův test.

Tabulka 22 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 3. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Varianta</b>	18,9250	2	9,4625	8,23974	0,000348
<b>Opakování</b>	2,0125	3	0,6708	0,58415	0,625956
<b>Chyba</b>	268,7250	234	1,1484	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 24 - Výsledek Tukeyova testu pro 3. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Tukeyův test určil, že statisticky průkazný rozdíl v počtu klasů na rostlině byl pouze mezi kontrolním vzorkem a vzorkem naočkováným čirůvkou, kdy v porovnání mezi těmito dvěma vzorky jasně dominuje co do počtu klasů kontrolní vzorek. Avšak pokud bychom chtěli oba vzorky vztáhnout ke vzorku se špičkou, výsledky by byly statisticky neprůkazné.

Z Tukeyova testu tedy vyplývá, že statisticky významný rozdíl byl pouze mezi vzorkem čirůvky a kontrolním vzorkem (viz obr. č. 24). Lze tedy pouze říci, že vzhledem k průměrnému počtu klasů vzorku s čirůvkou byla produkce klasů rostlin kontrolního vzorku vyšší.

#### 5.2.3.3 4. odběr – počet klasů (experiment B): 14. 7. 2023

Průměrný počet klasů na 1 rostlinu dané varianty byl zapsán do tabulky č. 23. Z průměrného počtu klasů na jednu rostlinu je patrné, že největší počet klasů na 1 rostlinu byl v průměru u rostlin kontrolního vzorku. Statistickou významnost tohoto údaje však bylo nutné ověřit statistickým testem ANOVA.

Tabulka 23 - Průměrný počet klasů rostlin při 4. odběru (experiment B)

Varianta	N	Počet klasů – průměr [ks]	CL -95 %	CL +95 %
špička	80	3,00	2,80	3,19
čirůvka	80	3,07	2,92	3,22
Kontrola	80	3,51	3,32	3,70

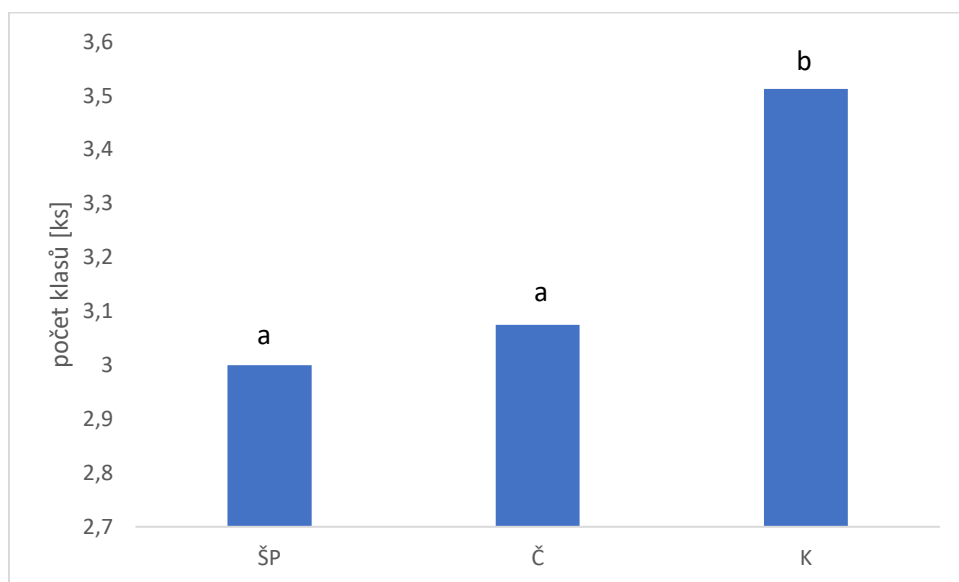
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Ze statistického testu ANOVA vyplývá, že data ze 4. odběru počtu klasů jsou statisticky významná. To je patrné z hodnoty parametru p z tab. č. 24.

Tabulka 24 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 4. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Varianta</b>	12,258	2	6,129	9,775	0,000084
<b>Opakování</b>	4,813	3	1,604	2,558	0,055838
<b>Chyba</b>	146,725	234	0,627	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 25 - Výsledek Tukeyova testu pro 4. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z výsledků Tukeyova testu plyne, že nejvyššího počtu klasů v průměru dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. To zachycuje graf v obr. č. 25. Který vzorek plodil v průměru nejméně klasů při tomto měření, nebylo možné rozhodnout.

#### 5.2.3.4 5. odběr – počet klasů (experiment B): 14. 8. 2023

Průměrný počet klasů na 1 rostlinu dané varianty byl zapsán do tabulky č. 25. Podobně jako v předešlém hodnocení měly nejvyšší průměrný počet klasů rostliny kontrolního vzorku a nejnižší průměrný počet klasů rostliny vzorku s čirůvkou. Průkaznost dat však musela být potvrzena testem ANOVA.



Tabulka 25 - Průměrný počet klasů rostlin při 5. odběru (experiment B)

Varianta	N	Počet klasů – průměr	CL -95 %	CL +95 %
špička	80	3,25	3,08	3,41
čirůvka	80	3,16	3,03	3,28
Kontrola	80	3,52	3,36	3,68

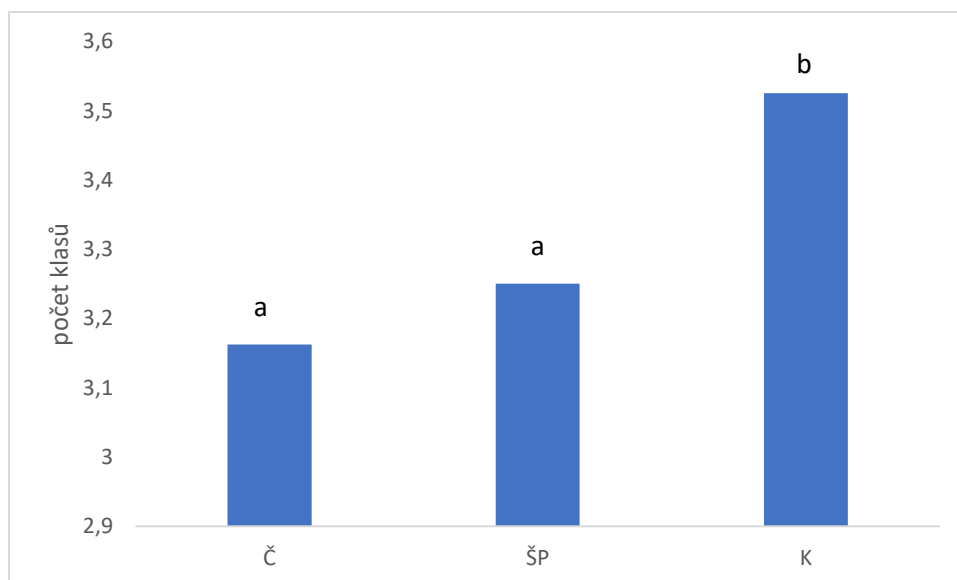
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Z testu ANOVA je patrné, že data jsou statisticky významná. To lze vyčíst z hodnoty parametru p z tab. č. 26.

Tabulka 26 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku počtu klasů pomocí systému ANOVA – 5. odběr (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
Varianta	5,725	2	2,863	6,224	0,002326
Opakování	2,212	3	0,737	1,603	0,189289
Chyba	107,625	234	0,460	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



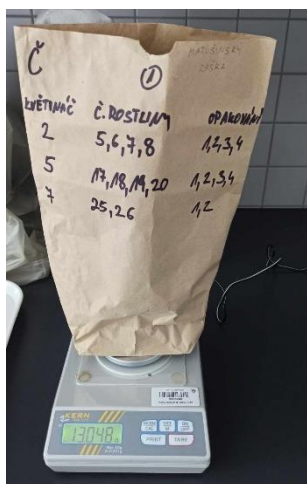
Obrázek 26 - Výsledek Tukeyova testu pro 5. odběr – počet klasů u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z výsledků Tukeyova testu je patrné, že statisticky významný rozdíl v počtu semen byl pouze mezi kontrolním vzorkem a vzorkem s čirůvkou, ale i mezi kontrolním vzorkem a vzorkem se špičkou (viz obr. č. 26). Lze tedy konstatovat, že při 5. odběru nejvyššího průměrného počtu

semen dosahoval kontrolní vzorek. Tukeyův test tedy určil, že při tomto odběru dat měl nejvíce klásků kontrolní vzorek. Určit, zda měl méně klásků vzorek se špičkou či s čirůvkou, nebylo možné, protože tento údaj by byl statisticky neprůkazný. Potvrdila se zde situace, která se vyskytla už v předešlém odběru.

## 5.2.4 Vážení biomasy

Po vysušení byly rostliny zváženy po kusech z každé varianty v rámci jednoho vážení. Průběh vážení zachycuje obr. č. 27.



Obrázek 27 - Vážení rostlin a semen *Brachypodium distachyon* – experiment B

### 5.2.4.1 Celková hmotnost vysušených rostlin

Hodnoty celkové průměrné hmotnosti rostlin pro jednotlivé varianty vzorků byly zapsány do tabulky č. 27. Z těchto hodnot lze vyčíst, že nejvyšší průměrné hmotnosti dosahovaly rostliny kontrolního vzorku, naopak nejnižší průměrnou hmotnost měly rostliny varianty se špičkou.

Tabulka 27 – Průměrná hmotnost 10 ks vysušených rostlin (experiment B)

Varianta	N	Souhrnná hmotnost 10 rostlin – průměr [g]	Směrodatná odchylka	Střední chyba průměru	CL -95 %	CL +95 %
<b>Celkem</b>	240	7,59	0,93	0,19	7,20	7,99
<b>Čirůvka</b>	80	7,76	0,60	0,21	7,26	8,26
<b>Špička</b>	80	6,70	0,57	0,20	6,22	7,19
<b>Kontrola</b>	80	8,32	0,80	0,28	7,65	8,99

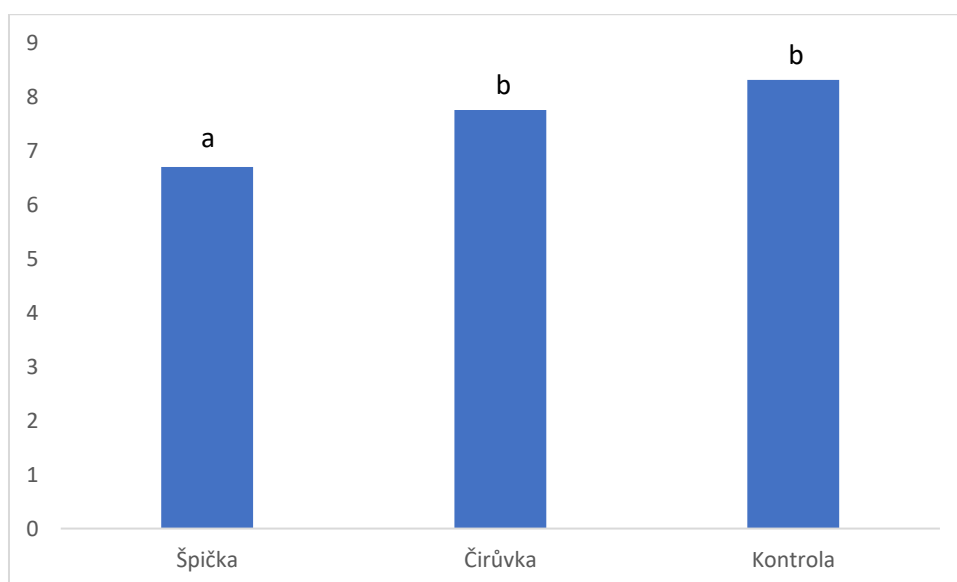
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Ze systému ANOVA je možné vyčíst, že data získaná z průměrné hmotnosti rostlin dané varianty jsou statisticky významná. To je možné vyčíst z hodnoty parametru p v tab. č. 28.

Tabulka 28 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku hmotnosti 10 rostlin pomocí systému ANOVA (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Varianta</b>	10,750	2	5,375	17,761	0,000144
<b>Opakování</b>	5,163	7	0,738	2,437	0,073912
<b>Chyba</b>	4,237	14	0,303	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 28 - Výsledek Tukeyova testu – hmotnost rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z výsledků Tukeyova testu plyne, že statisticky významný rozdíl v hmotnosti nadzemní biomasy získané z 10 rostlin dané varianty byl pouze mezi vzorkem se špičkou a vzorkem s čirůvkou a také mezi vzorkem se špičkou a kontrolním vzorkem (viz obr. č. 28). Lze tedy říci, že nejméně nadzemní biomasy produkovaly rostliny pěstované v substrátu naočkovaném špičkou. Naopak nelze říci, které rostliny produkovaly nejvíce nadzemní biomasy.

#### 5.2.4.2 Hmotnost semen

Průměrné hmotnosti semen získaných z 10 rostlin *B. distachyon* byly zaznamenány do tabulky č. 29 pro každou variantu zvlášť. Z této tabulky je možné vyčíst, že nejvyšší průměrné

hmotnosti semen dosahovaly rostliny kontrolního vzorku, naopak nejmenší průměrné hmotnosti rostliny varianty se špičkou.

Tabulka 29 - Průměrná hmotnost semen rostliny *Brachypodium distachyon* získaných z 10 těchto rostlin (experiment B)

Varianta	N	Hmotnost semen – průměr/10 rostlin [g]	Směrodatná odchylka	Střední chyba průměru	CL -95 %	CL +95 %
<b>Celkem</b>	240	2,23	0,60	0,12	1,97	2,48
<b>Čirůvka</b>	80	2,26	0,23	0,08	2,07	2,46
<b>Špička</b>	80	1,55	0,20	0,07	1,37	1,72
<b>Kontrola</b>	80	2,86	0,34	0,12	2,58	3,15

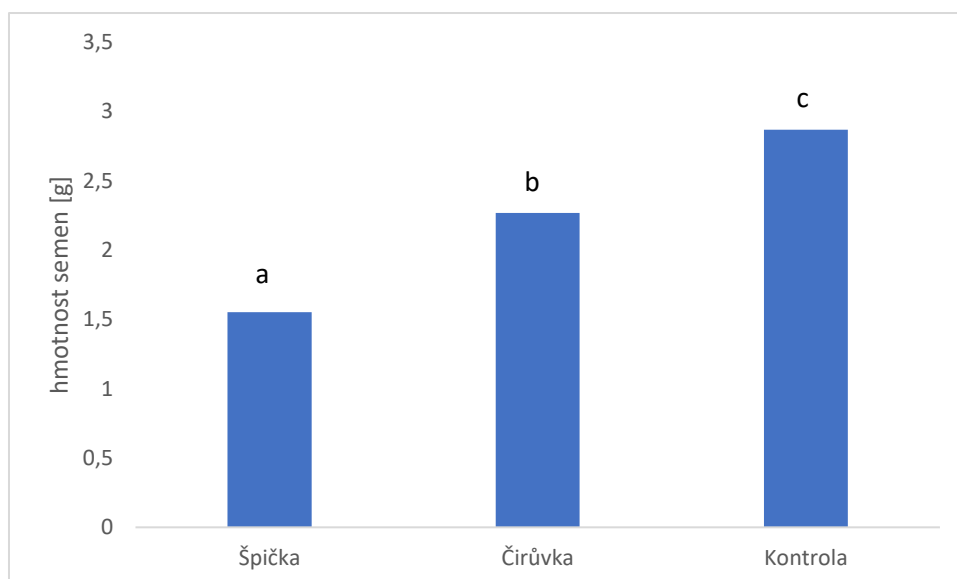
Vysvětlivky: N – počet rostlin, CL – konfidenční limity

Statistická významnost dat získaných z průměrné hmotnosti semen byla stanovena pomocí systému ANOVA. Tato data byla statisticky významná (viz tab. č. 30).

Tabulka 30 - Statistické stanovení průkaznosti výsledku hmotnosti semen 10 rostlin pomocí systému ANOVA (experiment B)

	SS	DF	MS	F	p
<b>Název vzorku</b>	6,9404	2	3,4702	51,685	0,000000
<b>Opakovaní</b>	0,5492	7	0,0785	1,169	0,379137
<b>Chyba</b>	0,9400	14	0,0671	-	-

Vysvětlivky: SS – součet čtverců, DF – stupně volnosti, MS – průměrný čtverec, F – míra rozdílnosti hodnocených skupin, p – hladina významnosti (hodnota určení statisticky významných rozdílů – pokud hodnota nižší než 0,05, pak je údaj statisticky významný)



Obrázek 29 - Výsledek Tukeyova testu – průměrná hmotnost semen získaných z 10 rostlin u varianty ŠP (špička), Č (čirůvka) a K (kontrola), hodnoceno Tukeyovým testem ( $\alpha=98\%$ ) (experiment B)

Z Tukeyova testu vyplývá, že nejvyšší průměrnou hmotnost semen získaných z 10 rostlin dané varianty měl kontrolní vzorek. Naopak nejmenší průměrná hmotnost semen byla pozorována u vzorku se špičkou. Lze tedy říci, že nejvyšší hospodářskou výtěžnost na semeno měl kontrolní vzorek. Naopak nejmenší hospodářskou výtěžnost na semeno měl vzorek pěstovaný v substrátu naočkovaném špičkou. To lze vyčíst z grafu v obr. č. 29.

### 5.2.5 Složení substrátu

Laboratorní analýza složení substrátu byla provedena v Zemědělském výzkumném ústavu Kroměříž, s. r. o.

Tabulka 31 - Výsledky laboratorní analýzy složení substrátu (experiment B)

Varianta	Obsah sušiny [%]	Minerální dusík		Mehlich III			
		$NO_3^-$ [mg/kg]	$NH_4^+$ [mg/kg]	P [mg/kg]	K [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Mg [mg/kg]
Čirůvka	55,1	9,5	44,3	139	664	3519	268
Špička	62,6	65,7	87,1	217	774	3507	324
Kontrola	59,6	57,7	191,6	202	677	3519	362

V tabulce č. 31 je uvedeno v mg/kg zastoupení makroprvků obsažených v 1 kg substrátu. Procentuální obsah sušiny se v jednotlivých variantách významně neliší. Velké rozdíly však byly patrné v zastoupení  $NO_3^-$  iontů, u kterých je patrný významný pokles v koncentraci

u vzorku čirůvky (*L. personata*). Jako referenční hodnotu pro substrát je možné brát kontrolní vzorek, jelikož obsahoval pouze čistý substrát bez obohacení houbou. Naopak u  $\text{NO}_3^-$  iontů vzorku špičky (*M. oreades*) je patrný drobný nárůst koncentrace, což mohlo být způsobeno rozkladem humusové vrstvy půdy houbou. U amonných kationtů je naopak v obou variantách s houbou patrný pokles koncentrace. Je zřejmé, že houby z velké části spotřebovávaly makroprvky ze substrátu (především dusík), protože jejich množství bylo limitováno a tyto makroprvky nebyly dále v průběhu experimentu do substrátu nijak dodávány, proto koncentrace některých prvků v substrátu během kultivace klesaly. U špičky obecné (*M. oreades*) byla patrná její schopnost rozkládat půdní humus na makroprvky a zvyšovat tak především obsah fosforu, protože obsah fosforu byl po kultivaci substrátu ve vzorku obsahujícím špičku vyšší než v kontrolním vzorku (Norstadt & Frey, 1973).

## 6 DISKUSE

Houby jsou velmi zajímavou polyfyletickou skupinou organismů. Mnohé zástupce hub využíváme v mnoha biotechnologiích. Největší zastoupení mají samozřejmě biotechnologie potravinářské, ze kterých můžeme jmenovat mimo jiné výrobu sýrů, vína či piva (Basařová, 2010; Mieslerová et al., 2015). Nesmíme zapomenout ani na rod *Penicillium*, jehož někteří zástupci se využívají ve farmacii (Sikyta, 2001). Houby ale také hrají nezastupitelnou roli v zemědělství, a to nejen významnou, a pro mnohé rostliny nezastupitelnou, mykorhizou, ale také pomáhají lidem v ochraně rostlin proti škodlivým činitelům, kterými mohou být zástupci hmyzu, rostlin či jiných hub (Mieslerová et al., 2015). Některé houby, které rostou v tzv. čarodějných kruzích, dokážou podporovat růst rostlin ve svém okolí. To bylo v minulosti už zkoumáno (Fisher, 1979; Norstadt & Frey, 1973; Shantz & Piemiesel, 1917). Vědci popsali, že po určitou dobu vegetačního cyklu dochází k abnormálnímu růstu rostlin v oblasti čarodějného kruhu, ale tato fáze je následována obdobím, kdy rostliny rostoucí v čarodějném kruhu začínají chřadnout, žloutnout a nakonec odumírají rychleji, než tytéž rostliny rostoucí mimo čarodějný kruh (Norstadt & Frey, 1973; Shantz & Piemiesel, 1917). Podle některých však nelze dokázat periodicitu tohoto jevu v závislosti na ročním období (Fisher, 1979). Je to způsobeno kolísáním obsahu makroprvků v oblasti čarodějného kruhu (Norstadt & Frey, 1973; Shantz & Piemiesel, 1917). Byl tedy proveden výzkum, který se měl zaměřit na změnu obsahu dusíku v oblasti čarodějného kruhu (Fisher, 1979).

V uvedené studii (Fisher, 1979) byly na území 30 km<sup>2</sup> vytipovány 3 vhodné lokality, na kterých se nacházely alespoň 3 čarodějné kruhy. Tyto lokality byly pokoseny a byl na nich proveden

chemický postřík proti plevelu. Jeden z čarodějných kruhů v každé lokalitě byl vybrán, aby z něj byl každý týden odebrán vzorek půdy pro stanovení rozšíření velikosti mycelia v čarodějném kruhu ze středu kružnice čarodějného kruhu a poté 10 cm, 30 cm a 100 cm směrem do středu kruhu i směrem vně z kruhu. Pro každý odběr byl stanoven obsah  $NO_3^-$  iontů,  $NH_4^+$  iontů a fosforu. V polovině července bylo dosaženo maximální rozlohy mycelia. Tento odběr je považován za ideální a reprezentuje „zelenou fázi“ čarodějného kruhu. Naopak o 5 týdnů později (v srpnu) čarodějný kruh dospěl do fáze žloutnutí a zasychání rostlin. Odběr z tohoto období je považován za ideální modelový odběr pro „žlutou fázi“ čarodějného kruhu (Fisher, 1979).

Výsledkem tohoto pokusu bylo, že na to, v které fázi se čarodějný kruh právě nachází, má vliv především poloha kruhu. Také byly velmi malé rozdíly v půdní analýze mezi odběry z různých míst téhož kruhu a mezi jednotlivými kruhy, které se vyskytovaly v podobných podmínkách (Fisher, 1979).

Lze tedy říci, že stav rostlin v prstenci čarodějného kruhu ovlivňuje množství makroprvků, především dusíku a fosforu v průběhu střídání fází čarodějného kruhu. Když je kruh v tzv. „zelené fázi,“ v prstenci čarodějného kruhu je větší obsah dusíku a fosforu než mimo prsteneček čarodějného kruhu, naopak když je v tzv. „žluté fázi,“ pak je větší koncentrace fosforu a dusíku mimo prsteneček čarodějného kruhu. Za zmínku také stojí, že v půdě, kde se dříve čarodějný kruh nacházel, než zvětšil svůj průměr, byla mnohem menší koncentrace dusíku a fosforu než v dosud nezasazené půdě (Fisher, 1979). Zvýšení koncentrace půdního dusíku se vysvětluje schopností špičky obecné (*M. oryzae*) degradovat půdní humus a získávat tak dusík ve formě iontů ( $NO_3^-$  nebo  $NH_4^+$ ) (Mathur, 1970; Norstadt & Frey, 1973). Houba tedy v průběhu rozšiřování svého mycelia degraduje půdní humus a uvolňuje z něj dusík a fosfor, který následně kromě houby využívají i rostliny, které v této oblasti rostou. Jakmile se však rozrůstání mycelia zintenzivňuje, houba potřebuje větší množství výživy - prvků (hlavně dusík a fosfor), spotřebovává je zpětně z půdy, což vede k degradaci rostlin, které rostly v ploše prstence čarodějného kruhu (Fisher, 1979). To je mimo jiné také jedena z hlavních hybných sil rozrůstání čarodějného kruhu (Fisher, 1979). Dalším faktorem, který se projevuje u rostlin v tzv. „žluté fázi“ čarodějného kruhu, je produkce kyanidů a vodoodpudivých látek houbou, které jsou pro tyto rostliny onou obrazně řečeno poslední kapkou a také přispívají k rozrůstání čarodějného kruhu (Fisher, 1979). Jako mylné bylo označeno tvrzení, že čarodějné kruhy se vyskytují především na neúrodných půdách. Část pravdy však toto tvrzení obsahuje, protože neúrodnost půdy může do jisté míry souviset se sníženým obsahem kyslíku v půdě. A právě množství kyslíku je jedním z faktorů, které ovlivňují schopnost špičky obecné (*M. oryzae*)

štěpit půdní humus a ionty makroprvků. Čím je v půdě koncentrace kyslíku nižší, tím snáze *M. oreades* dokáže půdní humus štěpit (Fisher, 1979).

Pro experimentální část naší práce bylo využito schopnosti některých hub štěpit půdní humus na jednotlivé ionty obsahující prvky potřebné k výživě. Takto naštěpené ionty prvků velmi často využívají i rostliny, které rostou v okolí hub tvořících čarodějně kruhy. Tyto rostliny jsou následně statnější, zelenější a někdy mívají vyšší výtěžnost semen, protože těchto živin využívají (Mathur, 1970; Norstadt & Frey, 1973).

V naší práci jsme tedy uvažovali, zda by bylo možné této schopnosti hub využít ke zvýšení výtěžnosti některých hospodářsky významných plodin, především obilnin. Pro experimentální práci s obilninami je však vhodnější místo obilnin použít modelový organismus, který má vlastnosti obilnin, avšak má jednodušší genom. Tímto organismem pro naše experimenty byla rostlina *B. distachyon* (Catalán et al., 2012).

Při experimentu A jsme jako houbový organismus využili čirůvku dvoubarvou (*L. personata*), jako modelovou rostlinu pak *B. distachyon*. V experimentu B jsme kromě *L. personata* používali jako houbový organismus špičku obecnou (*M. oreades*).

Experiment A vycházel přímo z Fisherových poznatků z jeho praktického pokusu. Podle něj rostliny pěstované v čarodějném kruhu budou statnější a budou lépe prospívat než rostliny stejného druhu pěstované mimo čarodějný kruh, a to alespoň do fáze, než se začne negativně projevovat vliv houby (Filer, 1965; Lebeau & Hawn, 1963; Shantz & Piemiesel, 1917).

V experimentu A se posuzovala hmotnost sušiny rostlin *B. distachyon*. Následně byla vypočítána průměrná hmotnost 1 rostliny *B. distachyon* pěstované v čarodějném kruhu vytvořeném čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*). Průměrná hmotnost byla 118,32 mg. Průměrná hmotnost 1 rostliny *B. distachyon* pěstované mimo čarodějný kruh však byla pouze 32,89 mg. Lze říci, že se jedná o statisticky významný rozdíl, protože hodnota  $p$  v testu ANOVA byla nižší než 0,05. To také potvrdil Tukeyův test.

Kromě hmotnosti biomasy se vliv čirůvky dvoubarvé (*L. personata*) potvrdil i půdní analýzou provedenou po sklizni. V našem případě se však rozdílná koncentrace projevila především u fosforu. Obsah fosforu v prstenci čarodějného kruhu byl 59 mg/kg, mimo čarodějný kruh 32 mg/kg. V případě dusíku však rozdíl nebyl tak viditelný, naopak v čarodějném kruhu bylo dusíku méně než mimo čarodějný kruh. To je v rozporu s teoriemi Mathura a Norstadta a Freye (Mathur, 1970; Norstadt & Frey, 1973) a Fisherovým pokusem (Fisher, 1979). Tito vědci však ve svých pracích zkoumali špičku obecnou (*M. oreades*), a nikoliv čirůvku dvoubarvou (*L. personata*).



Experiment B byl přenesením experimentu A do laboratorních podmínek skleníku. Byla vytvořena inokula, která obsahovala na sterilní rýži buď mycelium špičky obecné (*M. oreades*), nebo čirůvky dvoubarvé (*L. personata*). Jako kontrolní referenční vzorek při pokusu sloužilo sterilní inokulum (bez houby). Všechna inokula byla následně vpravena do sterilního zahradnického substrátu a byla uložena k inkubaci. Poté byly do připravených substrátů vysety rostliny *B. distachyon*. Hodnotila se zde průměrná výška rostlin, počty klasů, míra nekróz na listech rostlin, hmotnost nadzemní části rostliny po vysušení a hmotnost semen rostliny po vysušení. Vycházelo se z velké části z Fisherova experimentu (Fisher, 1979).

Pokud se zaměříme na průměrnou výšku rostlin, pak po celou dobu experimentu B nejvyšší průměrné výšky dosahovaly rostliny kontrolního vzorku. Obě varianty obsahující houby si byly s průměrnou výškou rostlin dost podobné. Při několika měřeních nebyl rozdíl jejich průměrné výšky statisticky významný. Výsledky tohoto parametru jsou v protikladu s výsledkem experimentu A, který naopak korespondoval se závěry Fishera (Fisher, 1979).

Hodně podobný průběh jako u průměrné výšky rostliny vidíme také v průměrném počtu klasů 1 rostliny. Největší průměrný počet klasů měly po celý průběh hodnocení tohoto parametru (3., 4. a 5. odběr dat) rostliny kontrolního vzorku. Rostliny varianty se špičkou obecnou (*M. oreades*) a čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*) si byly v počtu klasů dost podobné. Také výsledek tohoto parametru je nepřímo v rozporu s výsledkem experimentu A, protože tento parametr zde zahrnut nebyl. Lze však dovodit, že výška rostliny by mohla souviset s počtem klasů.

Největší průměrnou míru nekróz listů vyjádřenou v procentech pozorujeme při 1. měření u varianty s čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*). Naopak při 3. posledním měření nejhorších výsledků dosahuje varianta se špičkou obecnou (*M. oreades*). Také tyto výsledky odporují očekávaným výsledkům podle experimentu A i podle experimentů Fishera (Fisher, 1979).

Lehce rozdílnou situaci pozorujeme v průměrné hmotnosti nadzemní biomasy rostlin. Z tohoto měření lze z výsledku Tukeyova testu a testu ANOVA stanovit závěr, že mezi variantou s čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*) a kontrolní variantou není statisticky významný rozdíl. Ten však je mezi prve zmíněnými variantami a variantou se špičkou obecnou (*M. oreades*). Výsledky jsou také částečně v rozporu s výsledky z experimentu A, a tedy i s výsledky Fisherovy studie (Fisher, 1979).

Posledním hodnoceným parametrem byla průměrná hmotnost semen získaných z 10 rostlin. Nejvyšší průměrné hodnoty dosáhly rostliny kontrolní varianty, naopak nejnižší byla u rostlin varianty se špičkou obecnou (*M. oreades*).

Výsledky experimentu B nepotvrdily výsledky experimentu A. Vysvětlení je možné vyčíst z poznatku, že některé houby mají schopnost degradovat půdní humus na ionty makroprvků. Houby však brzo po výsadbě vyčerpaly zdroje těchto prvků a přešly do fáze tzv. „žlutého čarodějného kruhu,“ kdy začaly zpětně odebírat makroprvky z půdy (Fisher, 1979; Mathur, 1970; Norstadt & Frey, 1973). Tuto domněnku však nelze blíže potvrdit, protože nebyla provedena analýza substrátů po ukončení experimentu B (po sklizni).

I když výsledky naší studie z experimentu B nepotvrdily očekávání z experimentu A ani Fisherovy studie (Fisher, 1979), přesto však měl náš výzkum význam v tom, že špička obecná (*M. oreades*) ani čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) nejsou vhodné pro výrobu supresivních substrátů využívaných pro pěstování rostlin v květináčích. Existují však různé typy supresivních substrátů, které jsou více vhodné pro určité podmínky, a proto je vždy nutné pro daný způsob pěstování rostlin vybrat vhodný substrát (Hagn et al., 2008). Velkou výhodou použití supresivních substrátů je, že není nutné rostliny okamžitě po výsevu přihnojovat. Dalšími výhodami může být schopnost houby obsažené v daném substrátu eliminovat patogeny, které by mohly negativně působit na rostliny. Využití této technologie má velký potenciál, protože dokáže při intenzivním zemědělství ušetřit mnohé náklady spojené s přihnojováním rostlin. Do budoucna má také tato technologie potenciál v menším dopadu na životní prostředí, protože využívá pouze přírodních produktů a nezatěžuje životní prostředí z dlouhodobého hlediska špatně rozložitelnými látkami (Mironov et al., 2023).

## 7 ZÁVĚR

Závěrem lze zkonstatovat, že zkoumaným rostlinám se v přírodních podmínkách více dařilo v čarodějných kruzích, kde dosahovaly vyšší průměrné hmotnosti v porovnání s rostlinami pěstovanými mimo čarodějné kruhy. Způsobuje to schopnost některých druhů hub rozkládat půdní humus na ionty obsahující makroprvky, které jsou nezbytné k růstu rostlin, což se podařilo prokázat v experimentu A. Zjistilo se, že mezi houby s touto schopností patří také čirůvka dvoubarvá (*L. personata*).

V experimentu B, prováděném ve skleníku, se však očekávané výsledky nepotvrdily. Naopak rostliny pěstované v substrátu obohaceném čirůvkou dvoubarvou (*L. personata*) dosahovaly menší průměrné výšky, měly větší počet nekrotických částí a dosahovaly menší hmotnosti nadzemní biomasy a menší průměrné hmotnosti semen získaných z 10 rostlin dané varianty než kontrolní varianta.

Ani u druhé testované varianty se špičkou obecnou (*M. oreades*) se hodnoty jednotlivých měřených parametrů nevyrovnaly kontrolní variantě. Vyšších hodnot, než měla kontrolní varianta, bylo dosaženo u varianty se špičkou obecnou (*M. oreades*) pouze u míry nektróz, což je však také negativní projev přítomnosti hub v substrátu.

V experimentu B se nepodařilo dokázat výsledky experimentu A v kontrolovaných podmínkách. Aby bylo možné použít houby tvořící čarodějně kruhy k podpoře růstu rostlin, musíme tyto rostliny i houby pěstovat v přírodních podmínkách. Po přenesení do kontrolovaných podmínek a omezení zdrojů houbě začne houba naopak rostlinám živiny odebírat a pěstované rostliny jsou menší.

V této práci jsme se blíže seznámili s procesy, které ovlivňují život hub a rostlin v čarodějných kruzích, představili jsme si dvě houby – čirůvku dvoubarvou (*L. personata*) a špičku obecnou (*M. oreades*), které tyto čarodějně kruhy vytváří. Zaměřili jsme se i na modelový organismus *B. distachyon* používaný při experimentech zabývajících se obilninami. Seznámili jsme se s některými jedovatými rostlinami a účinkem jejich jedů na lidský organismus.

V experimentální části práce jsme dokázali, že čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) vytváří čarodějně kruhy a v přírodních podmínkách podporuje růst rostlin v kružnicích čarodějného kruhu. Naopak se nám nepodařilo potvrdit, že špička obecná (*M. oreades*) a čirůvka dvoubarvá (*L. personata*) jsou vhodné pro přípravu supresivních substrátů pro rostliny pěstované v květináčích.

## **8 PEDAGOGICKÁ ČÁST**

V této části byl vypracován pracovní list pro žáky 7. ročníku ZŠ na téma houby a výuková prezentace, která je zaměřena na možné záměny hub jedlých a jedovatých.

### **8.1 Pracovní list**

Za pracovním listem je přiloženo také jeho řešení.

Pracovní list – houby (7. třída ZŠ)

**1. úkol:** Ve čtyřsměrce najdi a zaškrtni slova z nabídky. Ze zbylých písmen se dozvíš, který vědní obor právě společně studujeme.

**BEDLA**

**HYFA**

**KLOBOUK**

**PODHOUBÍ**

**ČIRŮVKA**

**CHITIN**

**KLOUZEK**

**ROURKY**

**HLÍVA**

**CHOROŠ**

**LUPENY**

**TŘEŇ**

**HŘIB**

**JED**

**PLACHETKA**

**VÝTRUSY**

K	M	Y	A	F	Y	H	S	T	U
L	Y	J	E	D	K	D	U	J	A
O	N	E	Š	O	R	O	CH	H	K
B	E	D	L	A	U	M	E	L	T
O	P	O	D	H	O	U	B	Í	E
U	U	M	Y	K	R	O	L	V	CH
K	L	O	U	Z	E	K	Ň	A	A
Č	I	R	Ů	V	K	A	E	O	L
N	I	T	I	CH	B	I	Ř	H	P
G	I	I	Y	S	U	R	T	Ý	V

TAJENKA: \_\_\_\_\_

**2. úkol:** Ze slov ve čtyřsměrce vyber ta, která označují **názvy hub**. Poté je napiš.

**?**

Pomůcka: Počet rámečků je stejný jako počet hub, které se ve čtyřsměrce ukrývají.


3. úkol: V přesmyčkách najdi ukryté názvy jedovatých hub. Správné řešení napiš do pravého sloupce.

RŮMCHAKUMO	
VOJKÁZENA	
NECČIVUPA	
CEZYZR	
KABINHOLU	

4. úkol: Správně odpověz na následující otázky:



Pomůcka: Pokud odpovíš správně na všechny otázky, zjistíš, jak se nazývá útvar, ve kterém rostou některé houby, např. čirůvka dvoubarvá.

**1. Který z uvedených zástupců patří mezi jedlé houby:**

A) pavučinec plyšový                      Č) liška obecná                      Z) muchomůrka zelená

**2. Která z následujících hub má rourky:**

A) hřib satan                      B) ryzec kravský                      C) Pečárka ovčí

**3. Jak se nazývá útvar, který tvoří cizopasná houba paličkovice nachová:**

R) námel                      G) struk                      E) plachetka

**4. K výrobě piva se používá:**

K) hlíva                      L) čirůvka                      O) kvasinka

**5. Je penicilin produkt houby?**

D) ano                      V) ne

**6. Mezi houby nepatří:**

U) kozák březový                      Ě) korálovec žlutavý                      Á) liška obecná

**7. Z nabídky vyber jedovatou houbu:**

S) hřib dubový                      N) lakovka ametystová                      J) pavučinec plyšový

**8. Jedy hub se obecně označují jako:**

L) fytotoxiny                      M) cyanotoxiny                      N) mykotoxiny

**9. Která houba z níže uvedených má prstenec:**

Ý) muchomůrka červená                      É) hřib smrkový                      Ó) kozák březový

**10. Symbióza houby a sinice nebo řasy se nazývá:**

J) hyfa                      K) lichenismus                      L) zoochorie

**11. Kterým jiným názvem se označuje žampion:**

R) pečárka                                      U) lakovka                                      CH) ucháč

**12. Závojenka olovová se řadí mezi houby:**

H) jedlé                                      R) nejedlé                                      U) jedovaté

**13. Člověk, který se zabývá studiem hub se označuje jako:**

H) mykolog                                      Y) teolog                                      CH) psycholog

Útvar, ve kterém rostou některé houby, mezi které se řadí např. čirůvka dvoubarvá, se označuje jako: \_\_\_\_\_

5. úkol: Rozhodni, zda následující houby patří mezi jedlé, nejedlé nebo jedovaté.



Doporučení: Údaje o jedovatosti zástupců hledej buď v mykologickém atlase, nebo na internetu.

Zástupci: kotrč kadeřavý, kuřátka sličná, čirůvka sírožlutá, lesklokorka lesklá, holubinka vrhavka, muchomůrka růžovka, hnojník obecný, hvězdovka červenavá, ucho Jidášovo, muchomůrka tygrovaná, ryzec peprný, závojenka olovová

JEDLÉ	NEJEDLÉ	JEDOVATÉ

## Řešení:

1. úkol: Ve čtyřsměrce najdi a zaškrtni slova z nabídky. Ze zbylých písmen se dozvíš, který vědní obor právě společně studujeme.

**BEDLA**

**HYFA**

**KLOBOUK**

**PODHOUBÍ**

**ČIRŮVKA**

**CHITIN**

**KLOUZEK**

**ROURKY**

**HLÍVA**

**CHOROŠ**

**LUPENY**

**TŘEŇ**

**HŘIB**

**JED**

**PLACHETKA**

**VÝTRUSY**

K	M	Y	A	F	Y	H	S	T	U
L	Y	J	E	D	K	D	U	J	A
O	N	E	Š	O	R	O	CH	H	K
B	E	D	L	A	U	M	E	L	T
O	P	O	D	H	O	U	B	Í	E
U	U	M	Y	K	R	O	L	V	CH
K	L	O	U	Z	E	K	Ň	A	A
Č	I	R	Ů	V	K	A	E	O	L
N	I	T	I	CH	B	I	Ř	H	P
G	I	I	Y	S	U	R	T	Ý	V

TAJENKA: MY STUDUJEME MYKOLOGII

2. úkol: Ze slov ve čtyřsměrce vyber ta, která označují **názvy hub**. Poté je napiš.

?

Pomůcka: Počet rámečků je stejný jako počet hub, které se ve čtyřsměrce ukrývají.

bedla	hřib
čirůvka	choroš
hlíva	klouzek

3. úkol: V přesmyčkách najdi ukryté názvy jedovatých hub. Správné řešení napiš do pravého sloupce.

RŮMCHAKUMO	MUCHOMŮRKA
VOJKÁZENA	ZÁVOJENKA
NECČIVUPA	PAVUČINEC

CEZYR	RYZEC
KABINHOLU	HOLUBINKA

4. úkol: Správně odpověz na následující otázky:

**?**

Pomůcka: Pokud odpovíš správně na všechny otázky, zjistíš, jak se nazývá útvar, ve kterém rostou některé houby, např. čirůvka dvoubarvá.

**1. Který z uvedených zástupců patří mezi jedlé houby:**

A) pavučinec plyšový                      **Č) liška obecná**                      Z) muchomůrka zelená

**2. Která z následujících hub má rourky:**

**A) hřib satan**                      B) ryzec kravský                      C) Pečárka ovčí

**3. Jak se nazývá útvar, který tvoří cizopasná houba paličkovice nachová:**

**R) námel**                      G) struk                      E) plachetka

**4. K výrobě piva se používá:**

K) hlíva                      L) čirůvka                      **O) kvasinka**

**5. Je penicilin produkt houby?**

**D) ano**                      V) ne

**6. Mezi houby nepatří:**

U) kozák březový                      **Ě) korálovec žlutavý**                      Á) liška obecná

**7. Z nabídky vyber jedovatou houbu:**

S) hřib dubový                      N) lakovka ametystová                      **J) pavučinec plyšový**

**8. Jedy hub se obecně označují jako:**

L) fytotoxiny                      M) cyanotoxiny                      **N) mykotoxiny**

**9. Která houba z níže uvedených má prstenec:**

**Ý) muchomůrka červená**                      É) hřib smrkový                      Ó) kozák březový

**10. Symbióza houby a sinice nebo řasy se nazývá:**

J) hyfa                      **K) lichenismus**                      L) zoochorie

**11. Kterým jiným názvem se označuje žampion:**

**R) pečárka**                      U) lakovka                      CH) ucháč

**12. Závojenka olovová se řadí mezi houby:**

H) jedlé                      R) nejedlé                      **U) jedovaté**

**13. Člověk, který se zabývá studiem hub se označuje jako:**

**H) mykolog**                      Y) teolog                      CH) psycholog



Útvar, ve kterém rostou některé houby, mezi které se řadí např. čirůvka dvoubarvá, se označuje jako: čarodějný kruh

5. úkol: Rozhodni, zda následující houby patří mezi jedlé, nejedlé nebo jedovaté.



Doporučení: Údaje o jedovatosti zástupců hledej buď v mykologickém atlase, nebo na internetu.

Zástupci: kotrč kadeřavý, kuřátka sličná, čirůvka sírožlutá, lesklokorka lesklá, holubinka vrhavka, muchomůrka růžovka, hnojník obecný, hvězdovka červenavá, ucho Jidášovo, muchomůrka tygrovaná, ryzec peprný, závojenka olovová

JEDLÉ	NEJEDLÉ	JEDOVATÉ
kotrč kadeřavý	lesklokorka lesklá	kuřátka sličná
muchomůrka růžovka	holubinka vrhavka	čirůvka sírožlutá
hnojník obecný	hvězdovka červenavá	muchomůrka tygrovaná
ucho Jidášovo	ryzec peprný	závojenka olovová

## 8.2 Prezentace

### JEDOVATÉ HOUBY

#### Definice jedovatosti hub

- dáv po požití houby (resp. její složičky), kdy dochází k projevu zdravotních komplikací, které mohou skončit až smrtí
- různá jedovatá látka → různá doba projevu jedu

#### Příznaky otravy

- pocíty nevolnosti
- průjem / zvracení
- nadměrné pocení a slábnutí
- někdy poruchy vidění
- zhoršené zkoordinace pohybu, halucinace
- změna mláďy (porušení euforie / deprese)

#### První pomoc při otravě

- nevolnosti, zvracení, průjem
- vyvolat zvracení (pokud nezačne samovolně)
- podat několik tablet aktivního uhlí
- vyhledat lékárňovnu pomocí kontaktního toxikologického střediska <http://www.tis.cz/cz>
- vzít sebou resuscitovaný zbytek jídla / zvracení → mykologický rozbor

### PŘEHLED NEJNEBEZPEČNĚJŠÍCH MOŽNÝCH ZÁMĚN

<h4>Pečárka ovčí (<i>Agaricus arvensis</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• bílá až krémová</li> <li>• jemný vláknitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>	<h4>Muchomůrka zelená (<i>Amanita phalloides</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• bílá až krémová</li> <li>• jemný vláknitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>
--	--

Nebezpečnost muchomůrky zelené je především v její lahodné chuti!

#### Pečárka ovčí (*Agaricus arvensis*)

#### Muchomůrka zelená (*Amanita phalloides*)

<h4>Ryzec oranžový (<i>Lactarius aurantiacus</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• mladá výskyt, později plechový</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>	<h4>Pavučinec plyšový (<i>Cortinarius orellanus</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>
---	--

Otrava pavučincem plyšovým se projevuje mezi 4. až 20. dnem od konzumace!

#### Ryzec oranžový (*Lactarius aurantiacus*)

#### Pavučinec plyšový (*Cortinarius orellanus*)

<h4>Muchomůrka šedivka (<i>Amanita spissa</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>	<h4>Muchomůrka porfyrová (<i>Amanita porphyria</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>
--	---

Nejčastěji dochází k záměně mladých hub – jsou si velmi podobné!

#### Muchomůrka šedivka (*Amanita spissa*)

#### Muchomůrka porfyrová (*Amanita porphyria*)

<h4>Muchomůrka růžovka (<i>Amanita rubescens</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>	<h4>Muchomůrka tygrováná (<i>Amanita pantherina</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>
---	--

Muchomůrka tygrováná je nebezpečná nasládlou chutí a bramborovou vůní!

#### Muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*)

#### Muchomůrka tygrováná (*Amanita pantherina*)

<h4>Holubinka jahodová (<i>Russula paludosa</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>	<h4>Holubinka vrhavka (<i>Russula emetica</i>)</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>• klobouk - široký 2-5 cm</li> <li>• světlý</li> <li>• vlnitý povrch s výraznými žilami</li> <li>• žilky - bílé, 5-10 cm dlouhé</li> <li>• sporek - bílý</li> <li>• výskyt - v travnatých a lukách</li> </ul>
--	--

Holubinka vrhavka není tak nebezpečná díky své palčivé chuti, ale láká ke sběru příjemnou ovocnou vůní!

#### Holubinka jahodová (*Russula paludosa*)

#### Holubinka vrhavka (*Russula emetica*)

<p><b>Hřib kovář (<i>Boletus erythropus</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-10 cm</li> <li>trnouchová, semetový</li> <li>po zhrábkání chrasne</li> <li>žlutá až ruměložlutá červený hymenofor</li> <li>řeh - po otlačení modrá</li> <li>výskyt - listnáč, jehličnaté lesy</li> <li>mykorrhiza s dřevěnými hřibovci</li> </ul>	<p><b>Hřib satan (<i>Boletus satanas</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-10 cm</li> <li>semetový, v mládí žlutý, ve stáří odstřílý železný</li> <li>po otlačení rozkvetá červeně</li> <li>řeh - volněžlutý</li> <li>spodní část červená, horní načechráná</li> <li>výskyt - listnáč lesy</li> <li>řezky, pah o katery</li> </ul>
--	---

Hřib satan po odřazení modrá, jeho jed však není příliš prudký a podle některých mykologů je po tepelné úpravě jedlý!

**Hřib kovář (*Boletus erythropus*)**



**Hřib satan (*Boletus satanas*)**



<p><b>Bedla vysoká (<i>Macrolepiota procera</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 10-15 cm</li> <li>mladý světloušvý, stary střešvý</li> <li>výrazné lupeny</li> <li>vpravočasně uzavřený žlutobílý</li> <li>řeh - vláknitý, náležky duhy</li> <li>jemná vláknitá chuť</li> <li>výskyt - světlé stromo lesy a myšičky</li> <li>jelečnatých lesů a myšičky</li> </ul>	<p><b>Bedla hnědočervená (<i>Lepiota brunneoincarnata</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-5 cm</li> <li>světloušvý, s hnědými až načechranými lupeny</li> <li>řeh - dlouhý 3-5 cm</li> <li>velmi ústředně světlá</li> <li>čerstvější prsten u dospělých mláď</li> <li>výskyt - okraje lesů a parků</li> </ul>
---	--

Bedla hnědočervená se vyznačuje ovocnou vůní!

**Bedla vysoká (*Macrolepiota procera*)**



**Bedla hnědočervená (*Lepiota brunneoincarnata*)**



<p><b>Čirůvka zelená (<i>Tricholoma equestre</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-5 cm</li> <li>velikoušvý až široký</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - pod borovicemi</li> <li>často oblastí</li> </ul>	<p><b>Čirůvka širožlutá (<i>Tricholoma sulphureum</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-5 cm</li> <li>je méně doplnak, mladý široký žlutý, ve stáří hnědožlutě</li> <li>služky</li> <li>lesy - listnáč, dubka, v řetě zoubčované výskyt</li> <li>řeh - dlouhý až 20 cm, ústředně žlutý</li> <li>výskyt - listnáč a jelečnaté lesy od níže do hor</li> </ul>
--	--

Čirůvka širožlutá se vyznačuje odporným zápachem a nevýraznou chutí!

**Čirůvka zelená (*Tricholoma equestre*)**



**Čirůvka širožlutá (*Tricholoma sulphureum*)**



<p><b>Liška obecná (<i>Cantharellus cibarius</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-5 cm</li> <li>žlutobílý až žlutý</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - pod borovicemi</li> <li>často oblastí</li> </ul>	<p><b>Hlíva olivová (<i>Omphalotus olearius</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 4-10 cm</li> <li>světlý, mladý oranžový</li> <li>lupeny - husté, silňové</li> <li>řeh - dlouhý 5-15 cm</li> <li>horní část roztrhaná</li> <li>výskyt - v trasech na kmenech a kořenech dubů</li> </ul>
--	---

Liška obecná nikdy neroste na dřevě!

**Liška obecná (*Cantharellus cibarius*)**



**Hlíva olivová (*Omphalotus olearius*)**



<p><b>Špička obecná (<i>Marasmius oreades</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 1-2,5 cm</li> <li>mladý světloušvý, stary střešvý</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - lesy, parky</li> </ul>	<p><b>Penízovka splývavá (<i>Gymnopus confluens</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 1-2 cm</li> <li>mladý světloušvý, stary střešvý</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - lesy, parky</li> </ul>
--	--

Penízovka splývavá má nepřijemnou zatuchlou vůni a nevýraznou chuť!

**Špička obecná (*Marasmius oreades*)**



**Penízovka splývavá (*Gymnopus confluens*)**



<p><b>Závojenka podtrnka (<i>Entoloma clypeatum</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 1-2 cm</li> <li>mladý světloušvý, stary střešvý</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - lesy, parky</li> </ul>	<p><b>Závojenka olovová (<i>Entoloma sinuatum</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 1-2 cm</li> <li>mladý světloušvý, stary střešvý</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>velmi jemná chuť</li> <li>výskyt - lesy, parky</li> </ul>
--	--

Závojenka olovová se vyznačuje moučnou vůní a velmi příjemnou chutí!

**Závojenka podtrnka (*Entoloma clypeatum*)**



**Závojenka olovová (*Entoloma sinuatum*)**



<p><b>Muchomůrka cisařka (<i>Amanita caesarea</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 3-10 cm</li> <li>oraživočervený</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>výskyt - listnáč, jehličnaté lesy</li> <li>řezky, Pah o katery</li> </ul>	<p><b>Muchomůrka červená (<i>Amanita muscaria</i>)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mlábouk - široký 8-10 cm</li> <li>červený s bílými pruhy, které mohou po otlačení opadávat</li> <li>řeh - výrazný žlutý charakter</li> <li>výskyt - nejčastěji s mykorrhizou, ale také v ostatních typech lesů a parků</li> </ul>
--	---

Muchomůrka cisařka se řadí mezi chráněné druhy, proto je její sběr silně regulován!

**Muchomůrka cisařka (*Amanita caesarea*)**



**Muchomůrka červená (*Amanita muscaria*)**



### Poznej houby

1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8)

### Řešení

1) **hřibovka červená**  
 2) **hřibovka zelená**  
 3) **šiška ovesná**  
 4) **hřibka výskok**  
 5) **zelená na olivové**  
 6) **šiška na ovce**  
 7) **hřib na an**  
 8) **hřibovka na bystrici**

### Zdroje

- Jiří Baier, Houby v lese a loučce, Beta Dobruška, Sevořil, Praha-Píseň, 2009
- Jaroslav Mašy, Smrtelně nebezpečné záměny, Blatná, 2008
- Jaroslav Mašy, Icdlové houby, Ilčík, 2008
- [www.mikologie.net](http://www.mikologie.net)
- [www.cshouby.cz](http://www.cshouby.cz)

## 9 LITERATURA

- Arora, D. K. (2004a). *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications*. Marcel Dekker.
- Arora, D. K. (2004b). *Handbook of Fungal Biotechnology, 2nd edition*. (2.). Marcel Dekker.
- Basařová, G. (2010). *Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva*. Vydavatelství VŠCHT.
- Catalán, P., Müller, J., Hasterok, R., Jenkins, G., & Mur, L. A. J. (2012). Evolution and taxonomic split of the model grass *Brachypodium distachyon*. *Annals of Botany*, 109(2), 385–405.
- De García, M. C. C., Arboleda, M. L., Barraquer, F., & Grose, E. (1997). Fungal keratitis caused by *Metarhizium anisopliae* var. *Anisopliae*. *Medical Mycology*, 35(5), 361–363. <https://doi.org/10.1080/02681219780001421>
- *Detail varianty léčivého přípravku COTYLENA*. (2024). SÚKL. [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/leciva/0268770](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/leciva/0268770)
- *Detail varianty léčivého přípravku EXODERIL*. (2024). SÚKL. [https://prehledy.sukl.cz/prehled\\_leciv.html#/leciva/0072928](https://prehledy.sukl.cz/prehled_leciv.html#/leciva/0072928)
- Filer, T. H. (1965). Damage of turfgrasses caused by cyanogenic compounds produced by *Marasmius oreades*, a fairy ring fungus. *Pl. Dis. Rept.*, 49, 571–574.
- Fisher, R. F. (1979). *Nitrogen and phosphorus mobilization by the fairy ring fungus Marasmius oreades (Bolt.) Fr.*
- Foliar and ear diseases on cereals. (2012). *EPPO Bulletin*, 42(3), 419–425. <https://doi.org/10.1111/epp.2613>
- Hagn, A., Engel, M., Kleikamp, B., Munch, J. C., Schloter, M., & Bruns, C. (2008). Microbial community shifts in *Pythium ultimum*-inoculated suppressive substrates.

*Biology and Fertility of Soils*, 44(3), 481–490. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0230-x>

- Hong, S.-Y., Park, J.-H., Cho, S.-H., Yang, M.-S., & Park, C.-M. (2011). Phenological growth stages of *Brachypodium distachyon*: Codification and description. *Weed Research*, 51(6).
- Chládek, L. (2007). *Pivovarnictví. Řemesla, tradice, technika*. Grada.
- Iburg, A. (2004). *Lexikon sýrů: Výroba, původ, druhy, chuť*. Rebo Productions CZ.
- *Katechismus katolické církve*. (2001). Karmelitánské nakladatelství.
- Klán, J. (2022). *Houby (2.)*. Aventinum.
- Kopřiva, J. (2008). *Péče o výsevní substrát a osivo se vyplatí*. Výstaviště Lysá nad Labem. <https://www.garten.cz/a/cz/3318-p%C3%A9%C4%8De-o-v%C3%BDsevn%C3%AD-substr%C3%A1t-a-osivo-se-vyplat%C3%AD/>
- Krupka, J. (2021). *Legendární sýr Roquefort: Dokázal léčit gangrénu ještě před penicilinem*. [https://www.denik.cz/ze\\_sveta/syr-roquefort.html](https://www.denik.cz/ze_sveta/syr-roquefort.html)
- Kubička, J., Erhart, J., & Erhartová, M. (1980). *Jedovaté houby*. Avicenum.
- Lebeau, J. B., & Hawn, E. J. (1963). Formation of hydrogen cyanide by the mycelial stage of fairy ring fungus. *Phytopathology*, 53, 1395–1396.
- Mathur, S. P. (1970). Degradation of soilhumus by the fairy ring mushroom. *Pl. Soil*, 33, 717–720.
- Mieslerová, B., Sedlářová, M., & Lebeda, A. (2015). *Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Mironov, V., Shchelushkina, A., Selitskaya, O., Nikolaev, Y., Merkel, A., & Zhang, S. (2023). Introducing Autochthonous Bacterium and Fungus Composition to Enhance the Phytopathogen-Suppressive Capacity of Composts against *Clonostachys rosea*,

Penicillium solitum and Alternaria alternata In Vitro. *Agronomy*, 13(11), 2841.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy13112841>

- Mohammad, W., Shah, Z., Shah, S. M., & Shehzadi, S. (2008). *Response of irrigated and N-fertilized wheat to legume-cereal and cereal-cereal rotation*.
- Norstadt, F. A., & Frey, C. R. (1973). Soil urease: Paucity in the presence of the fairy rings fungus *Marasmius oreades* (Bolt.) Fr. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 37.
- Pátek, J. (2001). *Zrození vína: Všechno o zpracování hroznů, výrobě vína a jeho zrání. 3. Rozš. Vyd. Jak na to. Jota*.
- Pope, C. (2024). *Cephalosporins*. <https://www.drugs.com/drug-class/cephalosporins.html>
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., & Šebánek, J. (1998). *Fyziologie rostlin. Academia*.
- Rokoský, J., & Svoboda, L. (2013). *Kolektivizace v Československu. Ústav pro studium totalitních režimů*.
- Semerdžieva, M., & Veselský, J. (1986). *Léčivé houby dříve a nyní. Academia*.
- Shantz, H. L., & Piemiesel, R. L. (1917). Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect of vegetation. *J. Agr. Res*, 2, 191–245.
- Sikyta, B. (2001). *Biotechnologie pro farmaceuty (3.)*. Karolinum.
- Six, D. L., & Mullens, B. A. (1996). *Seasonal Prevalence of Entomophthora muscae and Introduction of Entomophthora schizophorae (Zygomycotina: Entomophthorales) in Musca domestica (Diptera)*. *Biological Control*.
- Šulc, M., & Tomášková, I. (2020). Cukr umožňující zmrtvýchvstání. *Vesmír*, 2020(3).  
<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2020/cislo-3/cukr-umoznujici-zmrtvyhvstani.html>

- Tejkal, K. (2020). *Lepista personata*. <https://www.myko.cz/myko-atlas/Lepista-personata/>
- Váňa, J. (1996). *Systém a vývoj hub a houbových organismů*. Karolinum.
- Wijayawardene, N. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere*, 11(1), 1060–1456. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/11/1/8>
- Zhang, Y.-J., Li, Z.-H., Luo, Z.-B., Zhang, J.-Q., & Fan, Y.-H. (2009). *Ight stimulates conidiation of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/09583150802588516>