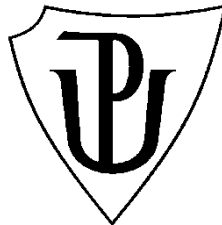


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



Studium vzájemných vztahů výskytu padlí čekankového  
(*Golovinomyces cichoracearum*) a plísně salátové (*Bremia  
lactucae*) v planých populacích lociky kompasové (*Lactuca  
serriola*)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Eliška BAĐUROVÁ

Studijní program: 1501R Biologie

Studijní obor: Biologie – Geografie

Forma studia: prezenční

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.

Olomouc, 2019

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně za pomoci citované literatury a použitých zdrojů pod vedením Doc. RNDr. Barbory Mieslerové, Ph.D.

V Olomouci dne 25. 4. 2019

.....

## Poděkování

Chtěla bych velmi ráda poděkovat paní Doc. RNDr. Barboře Mieslerové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, ochotu a trpělivost, cenné rady a odbornou konzultaci při jejím zpracování.

## Bibliografická identifikace:

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Eliška Baďurová
<b>Název práce:</b>	Studium vzájemných vztahů výskytu padlí čekankového ( <i>Golovinomyces cichoracearum</i> ) a plísně salátové ( <i>Bremia lactucae</i> ) v planých populacích lociky kompasové ( <i>Lactuca serriola</i> )
<b>Typ práce:</b>	Bakalářská práce
<b>Pracoviště:</b>	Katedra botaniky
<b>Vedoucí práce:</b>	Doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.
<b>Rok obhajoby práce:</b>	2019

### Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá vztahem výskytu padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*) a plísně salátové (*Bremia lactuca*) na planých populacích lociky kompasové (*Lactuca serriola*). V první kapitole rešeršní části je popsána locika kompasová (taxonomie, morfologie, výskyt a význam). Další část literární rešerše podává charakteristiku plísně salátové a padlí čekankového. V poslední je popsána problematika patosystémů, zejména rozdíly přírodních a kulturních patosystémů.

Metodická část je zaměřena na popis sběru a určování stupně napadení patogenů a popis meteorologických dat.

Výsledková část zahrnuje přehled výskytu patogenů plísně salátové a padlí čekankového na populacích lociky kompasové. V druhé části je pozorován vliv srážek, teploty na výskyt patogenů na locice kompasové. V poslední části jsou výsledky shrnuty a diskutovány.

<b>Klíčová slova:</b>	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> / <i>G. bolayi</i> , <i>Bremia lactuca</i> , <i>Lactuca serriola</i> , patosystémy
<b>Počet stran:</b>	71
<b>Počet příloh:</b>	1
<b>Jazyk:</b>	Český

## **Bibliographical identification:**

<b>Author's first name and surname:</b>	Eliška Baďurová
<b>Title:</b>	The study of relationships of occurrence of lettuce powdery mildew ( <i>Golovinomyces cichoracearum</i> ) and lettuce downy mildew ( <i>Bremia lactucae</i> ) in wild populations of prickly lettuce ( <i>Lactuca serriola</i> )
<b>Type of thesis:</b>	Bachelor thesis
<b>Workplace:</b>	Department of Botany
<b>Supervisor:</b>	Doc. RNDr. Barbora Mieslerová, Ph.D.
<b>The year of presentation:</b>	2019

### **Abstract:**

The present bachelor thesis was focused on study of relationships of the occurrence between powdery mildew (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*) and downy mildew (*Bremia lactucae*) in the wild populations of prickly lettuce (*Lactuca serriola*). The first part of the bachelor thesis is a literature review aiming to describe prickly lettuce (taxonomy, morphology, occurrence and importance). The second part of the literature review analyses the characteristics of downy mildew and powdery mildew. The last part focuses on problems of pathosystems; more specifically it deals with differences between wild and culture pathosystems.

The methodological part aims to list the methods of collection, determine the level of the pathogen's infection and describe the meteorological data.

The results of the study contain primarily input about the occurrence of pathogens downy mildew and powdery mildew in the populations of prickly lettuce. Secondly the influence of rainfall and temperature on the occurrence of pathogens of prickly lettuce was examined. The final part of this bachelor thesis consists of results, discussion and summary.

<b>Keywords:</b>	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> / <i>G. bolayi</i> , <i>Bremia lactucae</i> , <i>Lactuca serriola</i> , pathosystem
<b>Number of pages:</b>	71
<b>Number of appendices:</b>	1
<b>Language:</b>	Czech

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle .....	9
3	Literární přehled .....	10
3.1	Charakteristika čeledi Asteraceae .....	10
3.2	Charakteristika rodu <i>Lactuca</i> .....	11
3.2.1	Geografické rozšíření rodu <i>Lactuca</i> .....	12
3.2.2	Ekologie rodu <i>Lactuca</i> .....	13
3.3	<i>Lactuca serriola</i> .....	14
3.3.1	Anatomie a morfologie <i>Lactuca serriola</i> .....	14
3.3.2	Rozšíření <i>L. serriola</i> .....	15
3.3.3	Význam studie <i>L. serriola</i> .....	16
3.4	<i>Bremia lactucae</i> .....	17
3.4.1	Anatomie a morfologie .....	18
3.4.2	Symptomy a ochrana .....	20
3.4.3	Šíření a výskyt.....	21
3.5	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> / <i>G. bolayi</i> .....	21
3.5.1	Anatomie a morfologie .....	23
3.5.2	Symptomy a ochrana .....	24
3.5.3	Šíření a výskyt.....	24
3.6	Patosystémy .....	25
3.6.1	Plané a kulturní patosystémy.....	27
3.7	Aspekty genetiky rezistence .....	29
3.8	Schopnost odolávat patogenům .....	30
3.9	Typy rezistence .....	31

3.9.1	Nehostitelská rezistence .....	31
3.9.2	Hostitelská rezistence .....	32
3.9.3	Polní rezistence .....	33
4	Materiály a metody.....	35
4.1	Sběrové protokoly .....	35
4.2	Hodnocení intenzity napadení .....	40
4.3	Meteorologická data .....	42
5	Výsledky .....	44
5.1	Zhodnocení meteorologických dat.....	44
5.2	Výskyt <i>G. cichoracearum</i> / <i>G. bolayi</i> a <i>B. lactucae</i> na planých populacích <i>L. serriola</i> .....	45
5.3	Studium vztahu výskytu patogenů <i>Bremia lactucae</i> (BL) a <i>Golovinomyces cichoracearum</i> (GC) / <i>Golovinomyces bolayi</i> (GB) v planých populacích <i>L. serriola</i> a měsíčních úhrnů srážek a průměrné teploty ve sledovaném období.....	49
6	Diskuze .....	53
7	Závěr .....	56
8	Přehled literatury.....	57
9	Přílohy .....	65

## 1 Úvod

Rod *Lactuca* z čeledi Asteraceae zahrnuje jednoleté, dvouleté, ale i vytrvalé nejčastěji žlutě kvetoucí rostliny. Celosvětově bylo zjištěno okolo 100 druhů rodu *Lactuca*, v České republice jich roste 8 (*L. viminea* – l. prutnatá, *L. quercina* – l. dubová, *L. saligna* – l. vrbová, *L. serriola* – l. kompasová, *L. sativa* – l. setá, *L. virosa* – l. jízlivá, *L. perennis* – l. vytrvalá, *L. tatarica* – l. tatarská). Velký význam má planě rostoucí locika kompasové (*L. serriola*). Tento druh se dobře kříží s *L. sativa* (l. setou), která je významnou pěstovanou plodinou.

Plíseň salátová, která je řazena do oddělení Oomycota a padlí čekankové řazeno do oddělení Ascomycota, jsou závažnými patogeny rostlin čeledi Asteraceae, rozšířenými po celém světě. Padlí čekankové je obligátní parazit, který nejčastěji napadá listy, ale také stonky a plody a vytváří na nich bílé povlaky. Plíseň salátová je také obligátním patogenem, který napadá všechny rostlinné orgány; projevuje se chlorotickými a nekrotickými skvrnami. Tyto patogeny napadají plané i kulturní zástupce rodu *Lactuca* a mohou tak způsobit závažné škody a snížit výnosy kulturních plodin, zejména lociky seté (*L. sativa*).

Proti patogenům se lze bránit za pomoci chemických postřiků, v tomto případě fungicidy. Dalším způsobem, jak zabránit infekci, je využití genů rezistence, které se šlechtěním přenáší z planých příbuzných kulturních plodin. K lepšímu pochopení fungování rezistence v přírodě nám napomáhá studium planých patosystémů. Díky tomu můžeme najít lepší způsoby, jak ochránit rostliny před napadením patogeny.



## 2 Cíle

Cílem teoretické části bakalářské práce je vypracovat literární rešerši zahrnující charakteristiku lociky kompasové (*Lactuca serriola*), plísně salátové (*Bremia lactucae*), padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*) a charakteristiku planých patosystémů.

Cílem praktické části je zpracovat a srovnat výsledky výzkumu probíhající v letech 2001–2018 a zjistit vliv průměrných teplot a srážek na výskyt patogenů padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum*, nyní *G. bolayi*) a plísně salátové (*Bremia lactucae*) na planých populacích lociky kompasové (*Lactuca serriola*).

### 3 Literární přehled

#### 3.1 Charakteristika čeledi Asteraceae

Jedná se o jednu z druhově nejbohatších čeledí rostlin, čítající přibližně 1600-2000 rodů a kolem 25 000–30 000 druhů (Funk et al., 2009). Rostliny této čeledi jsou vytrvalé, víceleté byliny či polokeře, ale v tropech je můžeme najít i v podobě dřevin či sukulentů. Kořeny těchto rostlin jsou nejčastěji vřetenovité, až křulovité s často vyvinutými oddenky. Stonky jsou přímé a vystoupavé, u některých druhů poléhavé, jednoduché či větvené. Listy jsou střídavé, nebo vstřícné, bez palistů, jednoduché, ale i dělené. U některých druhů mohou listy vytvářet přizemní růžici (Štěpánek, 2004).

Květy jsou obvykle malé. Typem květenství u Asteraceae je úbor (anthodium). Květy jsou nejčastěji terminální, ale mohou se skládat ve vrcholičnatá, nebo hroznovitá květenství. Úbory mohou být homogamní, tzn., že jsou všechny květy v květenství oboupohlavné, nebo heterogamní, kdy je úbor složen ze samičích, nebo jalových květů a oboupohlavních, nebo jsou složené z květů samčích a samičích. U heterogamních úborů můžeme rozlišovat květy na okrajové a středové. Okrajové květy jsou nejčastěji jalové nebo samičí a jsou morfologicky odlišné. Květy, které jsou ve středu (květy terče) jsou trubkovité a oboupohlavné (Štěpánek, 2004). Koruny jsou nejčastěji žluté nebo bílé (sedmikráska, kopretina). U některých rodů můžeme najít i jiné složení úboru, a to s lysým lůžkem, nebo je pokryto listeny. Lůžko je nejčastěji ploché nebo vypouklé. Kalich je přeměněn v chmýr (pappus). Květy jsou nejčastěji pětičetné (Novák, 2012). V nich je pět tyčinek (u čtyřčetných květů čtyři tyčinky) se srostlými nitkami. Semeník (gyneceum) je srostlý ze dvou plodolistů a uvnitř je jedno anatropní vajíčko. Plodem jsou nažky rozmanitých tvarů (Štěpánek, 2004).

Druhy této čeledi obsahují soubor látek, které jsou významné nejen pro člověka, ale také pro zvířata jako zdroj léčivých látek. Některé sekundární metabolity těchto rostlin hrají velmi důležitou roli ve fyziologických pochodech. V neposlední řadě je úkolem těchto látek ovlivňovat symbiotické či alelopatické vztahy mezi rostlinou a hmyzem, rostlinou a mikroorganismem nebo mezi dvěma rostlinami. Dále se tyto látky využívají pro identifikaci a taxonomické řazení obtížně identifikovatelných skupin této čeledi.

Mezi jedny z nejdůležitějších látek patří silice s vysokým obsahem monoterpenoidů (např. borneol, karvon, kafr) a sekviterpenoidů (např. bisabolen, farnesen, eudesmol) (Hartman, 2004).

Jak bylo zmíněno již v předchozí části, tato čeleď obsahuje mnoho léčivých bylin. K nejnámějším z nich patří *Matricaria recutita* (heřmánek pravý), který se vyskytuje běžně podél cest, na skalách, nebo na suchých loukách. *Matricaria recutita* se nejčastěji využívá při poruchách zažívání, astmatu nebo nespavosti. Další zástupce je *Tussilago farfara* (podběl lékařský). Opět se jedná o velmi hojně se vyskytující bylinu kolem břehů řek, silnic a lomů. Využívá se při problémech dýchacích cest a pro velký obsah zinku k léčbě revmatismu. Dále je to *Cichorium intybus* (čekanka obecná). Tato rostlina má podobný výskyt jako heřmánek, ale využití je jiné. Listy čekanky mají vysoký obsah vitamínu C, povzbuzuje chuť k jídlu a čistí krev. Mezi další zástupce se řadí *Leucanthemum vulgare* (kopretina bílá), *Taraxacum officinale* (pampeliška lékařská), *Bellis perennis* (sedmikráska obecná) a mnoho dalších (Knauerová, 2017).

### 3.2 Charakteristika rodu *Lactuca*

Zástupci rodu *Lactuca* jsou jednoleté, dvouleté či vytrvalé rostliny, obsahující speciální buňky (mléčnice), které vylučují latex. Po narušení buněčných stěn mléčnic začne latex z mléčnic vytékat na povrch rostliny, rostlina začne tzv. mléčit. Latex, který jednotlivé rostliny produkují, je druhově specifický. Lodyhy jsou přímé, nebo vystoupavé a jsou buď lysé, nebo mohou být pokryté trichomy. Bazální lístky jsou nejčastěji uspořádány do přízemní růžice a jsou řapíkaté. Čepele listu jsou většinou jednoduché a nejčastěji s dělenou čepelí. Po okrajích a často i na žilnatině listů najdeme ostny. Květenstvím je úbor. Úbory jsou velmi početné a jsou složeny z vrcholičnatého, latovitého nebo hroznovitého květenství. Květy jsou žluté a na vnější straně mohou být namodralé nebo načervenalé (Grulich, 2004). U některých druhů se může vyskytovat pigment antokyan, jež mění barvu v závislosti na pH rostliny. V České republice se vyskytuje celkem 8 druhů (*L. viminea* – l. prutnatá, *L. quercina* – l. dubová, *L. saligna* – l. vrbová, *L. serriola* – l. kompasová, *L. sativa* – l. setá, *L. virosa* – l. jízlivá, *L. perennis* – l. vytrvalá, *L. tatarica* – l. tatarská), z toho 5 druhů je původních, 2 zplaňují a 1 se často pěstuje

(Grulich, 2004), a to *Lactuca sativa* var. *capitata* (Novák, 1972). Je to pouze malá část z celkového množství druhů tohoto rodu. Celosvětově bylo zjištěno okolo 100 druhů rodu *Lactuca* (Lebeda et al., 2014).

V Evropě se rod *Lactuca* dělí do sedmi sekcí a dvou geografických skupin: *Phoenixopus*, *Mulgedium*, *Lactucopsis*, *Tuberosae*, *Micranthae*, *Sororiae*, *Lactuca* a geografické skupiny Severní Ameriky a Afriky (Doležalová et al., 2002). *Lactuca serriola* je řazena do skupiny *Lactuca*. Tato skupina obsahuje i další známé a plané druhy jako je *L. saligna*, *L. virosa* a *L. altaica* (Feráková, 1977).

### **3.2.1 Geografické rozšíření rodu *Lactuca***

V Evropě je *Lactuca* velmi rozšířeným rodem (Obr. 1). Zástupci tohoto rodu jsou rozptýleni hlavně v mírných a teplých oblastech severní polokoule. Nejsevernějším místem, kde můžeme zástupce rodu *Lactuca* najít, je hranice mezi 50 až 55° severní šířky. Výjimku tvoří *L. sibirica*, kterou lze nalézt v oblasti kolem 70°s. š. Pro tento rod jsou neoptimálnějšími oblastmi nížiny, avšak vyskytují se i v rozmezí 200–600 m n. m. Tato nadmořská výška se považuje za mezní hranici, ale opět i zde existují výjimky, které rostou ve výše položených oblastech (Feráková, 1977 in Lebeda et al., 2001). Při expedici po evropských zemích našli členové výzkumné skupiny z Katedry botaniky Univerzity Palackého v nadmořské výšce okolo 1000 m n. m. zástupce lociky kompasové, vyskytující se ve velmi omezeném počtu a nevyskytovali se na všech svých přirozených stanovištích (Lebeda et al., 2001). V tomto případě se jednalo jen o oblasti okolo cest. S měnícími se podmínkami s rostoucí nadmořskou výškou, se měnil vzrůst i životní vitalita locik a to tak, že klesala. Rostliny jsou tedy menší než v nižších nadmořských výškách (Feráková, 1977 in Lebeda et al., 2001)



**Obr. 1:** Mapa geografického rozšíření planých zástupců rodu *Lactuca*. V závorkách jsou uvedeny počty autochtonních druhů; zdroj: (Lebeda et al., 2004)

### 3.2.2 Ekologie rodu *Lactuca*

Zástupci rodu *Lactuca* jsou kosmopolitní, mají tedy širokou ekologickou amplitudu. Jsou velmi rozmanití a najdeme je na nejrůznějších stanovištích. Řada běžných evropských druhů, jako je *L. serriola*, *L. virosa* dává přednost stanovištím, která jsou výrazně ovlivněná člověkem (Lebeda et al., 2001). Jedná se o rumištní podklady v podobě železničních a silničních náspů, těžebních valů, nebo na skládkách. Zástupce dalších taxonů (*L. sibirica*, *L. biennis*) nalezneme na lesních stanovištích (Nessler, 1976; Feráková, 1977 in Lebeda et al., 2004). Další taxony (*L. tenerrima*) jsou spíše kalcifilní, které rostou na skalách v oblastech Středozemního moře (López a Jiménez, 1974; Feráková, 1977 in Lebeda et al., 2004), nebo na slaných a písčících substrátech (*L. tatica*) (Feráková, 1977; Jehlík, 1998 in Lebeda et al., 2004).

### 3.3 *Lactuca serriola*

#### 3.3.1 Anatomie a morfologie *Lactuca serriola*

Locika kompasová (*Lactuca serriola*) (Obr. 2) je jednoletá nebo dvouletá bylina, která dorůstá do výšky v rozmezí 30–180 cm. Má vzpřímenou, tuhou a plnou lodyhu. Zbarvení lodyhy je nejčastěji bělavé, někdy v rozmezí červené a fialové barvy. U báze rostliny jsou listy soustředěny v přízemní růžici, kracovité a osténkaté. Listy na lodyze jsou zpravidla kopinaté, uspořádané do dvou rovin v severojižním směru (kompasové) (Randuška, 1986; Grulich, 2004). Na základě morfologie listové čepele se *L. serriola* dělí na dvě formy; *Lactuca serriola* f. *serriola* a *L. serriola* f. *integrifolia*. Stonkové listy *L. s. f. serriola* jsou peřenolaločnaté, *L. s. f. integrifolia* má rozetové a stonkové listy celistvé (Prince a Carter, 1977). Zákrovy jsou válcovité v průměru 10 mm dlouhé. Koruny jsou jazykovité a mají žlutou barvu. Plodem lociky kompasové jsou dlouhé, obvejčité, zobánkaté nažky o velikosti 3 mm. Chmýr je bílý a opadá. Locika kvete období od července až do září (Randuška, 1986; Grulich, 2004).



**Obr. 2:** Locika kompasová (*Lactuca serriola*), kolorovaná perokresba: Dohnal, 1971

### 3.3.2 Rozšíření *L. serriola*

Druh *Lactuca serriola* je nejvíce zastoupen v oblasti Středozemního moře (Feráková, 1977 in Lebeda et al., 2001). Jak již bylo zmíněno výše, *Lactuca serriola* se vyskytuje ve dvou formách. *Lactuca serriola* f. *serriola* se vyskytuje téměř v celé Evropě. Najdeme ji ale také v Asii, v severní Africe nebo v Severní Americe (Lebeda et al., 2001).

Druhá forma, tedy *Lactuca serriola* f. *integrifolia* je považována za vzácnou. Můžeme ji najít na stejných místech jako f. *serriola*, ale v mnohem menším zastoupení (Lebeda et al., 2004). V současné době můžeme formu f. *integrifolia* najít ve Francii, dále byl její výskyt zaznamenán v Itálii, v Německu a také v České republice (Lebeda et al., 2001).

Nedávné studie potvrdily výskyt velmi hustých populací lociky kompasové, které vytváří tzv. 'Lactuca fields' (lociková pole) (Petrželová, Lebeda, 2004). Z tohoto jevu se dá odvodit, že *Lactuca serriola* patří k tzv. r-stratégům, tedy k rostlinám, které jsou schopny života na stanovištích s vysokou disturbancí (Mejías, 1994 in Lebeda et al., 2007).

Základní charakteristikou rostlin patřících do skupiny r-stratégů je velká a rychlá reprodukční schopnost a také schopnost rychle klíčit, přispívají k rychlému zvýšení biomasy. Díky rychlé reprodukci mohou velmi rychle expandovat na nová stanoviště a využívat tak volně přístupné zdroje. Často se jedná o nově vytvořená či disturbovaná stanoviště. Pro tyto organismy je také charakteristické brzké rozmnožování a kratší délka života. Do rozmnožování je vloženo velké množství energie. Vzniká velké množství malých jedinců. Na stanovištích, která jsou obývána r-stratégy, nedochází k velké konkurenci, a proto organismy více investují energii do velkého množství jedinců, než do jejich velikosti, díky které by se staly konkurenceschopnější (Townsend et al., 2010).

Také v České republice se *L. serriola* vyskytuje na ruderalních stanovištích, tedy takových, která jsou ovlivněna lidskou činností. U tohoto typu stanovišť je velmi těžké vymezit jejich přesné druhové složení díky široké ekologické amplitudě druhů, které se zde vyskytují (Grim, 2001 in Chytrý, 2009). Charakteristické pro ruderalní druhy je schopnost rychlého šíření na narušená stanoviště. Druhová složení tedy ovlivňují hlavně náhodný proces šíření ruderalních druhů a jejich schopnost uchytit se na

stanovišti. Díky široké ekologické amplitudě druhů zastoupených na těchto stanovištích, jim konkuruje většinou jen jediný druh, který může být původním, nebo invazivním druhem (Chytrý, 2009). Nejčastější místa výskytu jsou tedy oblasti dopravních koridorů, okraje silnic a polí, čerpací stanice, skládek, stavenišť, tedy obecně již zmíněná ruderalní stanoviště. Lociku kompasovou však můžeme najít i na ne zcela obvyklých místech, jako jsou třeba kamenité břehy jezer, např. u Plumlovské přehrady (Lebeda et al., 2001).

### 3.3.3 Význam studie *L. serriola*

V současné době spočívá šlechtění a pěstování lociky seté - salátu (*L. sativa*) ve využití jeho planě rostoucích příbuzných druhů, tedy i *L. serriola*. Tyto druhy pak slouží jako zdroje či dárce genů, a to především genů odolnosti (rezistence). Hlavní úloha těchto rezistentních genů je předat funkci odolnosti, nebo schopnosti vzdorovat patogenům a škůdcům (Doležalová et al., 2002). Hlavním cílem těchto strategií je vyšlechtění odolné *L. sativa* metodou hybridizace (Lebeda et al., 2014).

Zástupci rodu *Lactuca* jsou rozděleni podle vztahu k *L. sativa* a podle genetických poolů do třech kategorií na primární, sekundární a terciální. Do primárního genetického poolu je řazena *L. serriola*, která je také považována za předka salátu setého. Dále pak *L. aculeata*, *L. scarioloides*, *L. azerbaijanica*, *L. georgica*, *L. altaica*, které se vyskytují v Asii a *L. dregeana* rostoucí v jižní Africe. Do sekundárního genetického poolu patří *L. saligna* a do terciálního *L. virosa* a další druhy. Toto rozdělení je založeno na základě obtížnosti křížení. Zástupci spadající do primárního genového poolu se tedy velmi dobře kříží s *L. sativa*. Obtížnější je křížení *L. saligna* nebo *L. virosa* s *L. sativa*. V současné době jsou nejvíce využívány ke šlechtění *L. serriola*, *L. saligna* a *L. virosa* (Doležalová et al., 2002). *L. serriola* má tedy velký ekonomický význam při studiu rezistence vůči chorobám a následnému šlechtění a pěstování salátu.

Velmi častými patogeny rodu *Lactuca* jsou *Bremia lactucae* (plíseň salátová) a *Golovinomyces cichoracearum*, nově *G. bolayi* (padlí čekankové). Oba tyto patogeny jsou velkou hrozbou pro tento rod a mohou mít devastující účinky. *B. lactucae* je schopna napadnout rostlinu v jakémkoliv vývojovém stádiu od semena až po



dospělého jedince. Velmi častým hostitelem *B. lactucae* je právě *L. serriola*. Interakce mezi nimi je založena na vztahu gen proti genu. *Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi* je závažný patogen, a to zejména listů. Stejně jako *B. lactucae* i *G. cichoracearum* / *G. bolayi* interaguje s velkou škálou hostitelů. Pro tento patogen je velmi příznivé suché a teplé počasí. Vztah mezi *L. serriola* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* je objektem studia už přes 20 let. Při testování bylo zjištěno, že *L. serriola* je velmi náchylná k onemocnění tímto patogenem a byly prokázány rasově specifické interakce (Mieslerová et al., 2013).

### **3.4 *Bremia lactucae***

**Systematické zařazení:** Chromalveolata (nyní SAR), Stramenopila, Oomycota, Oomycetes, Peronosporales, Peronosporaceae, *Bremia*

Oomycota není příliš rozsáhlá skupina, počet druhů je odhadován na míň než 1000 druhů. Díky jejich morfologické, fyziologické a ekologické podobnosti s říší Fungi byla skupina Oomycota dlouhodobě cílem zájmu mykologů, nicméně ultrastrukturní, biochemické a molekulární testy ukázaly, že pravým houbám příbuzné nejsou (Voglmayr, 2008 in Lebeda et al., 2008a; Lebeda et al., 2008b). Oomycota nově patří do infraříše Stramenopila, která se řadí do nově vzniklé superskupiny SAR (Adl et al., 2012).

Organismy patřící do řádu Peronosporales jsou všechny obligátní parazité napadající listy, stonky a plody vyšších rostlin. Tyto plísně způsobovaly rozsáhlé a katastrofické epidemie mnoha plodin v minulosti, některé způsobují závažné ztráty dodnes (Agrios, 2005). Příkladem může být velký hladomor v Irsku, který způsobila plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*) v roce 1845 a jež stál život přes milion lidí a ještě více jich bylo donuceno k emigraci (Mihulka, 2013). Plíseň bramborová je však dnes již řazena do řádu Pythiales (Fry, 2008). Kromě druhu *Bremia lactucae* patří mezi nejvýznamnější zástupce tohoto řádu rody *Peronospora*, *Peronosclerospora*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Sclerospora* a mnoho dalších (Agrios, 2005).

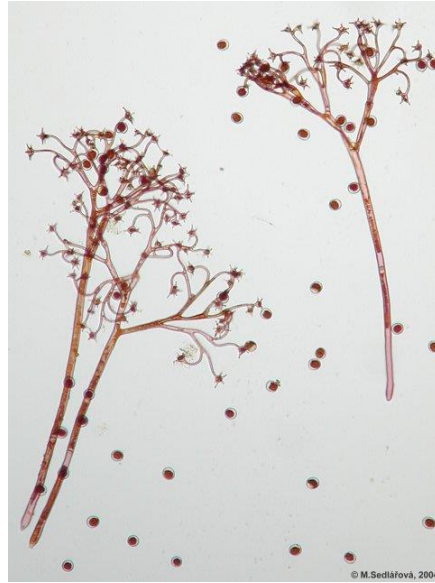
*Bremia lactucae* (plíseň salátová) je velmi rozšířeným patogenem. Je obligátně biotrofním parazitem jakékoliv části rostlinného těla zástupců *Lactuca* spp. Známost je poměrně dlouhá. V Evropě byla zaznamenána poprvé v roce 1843 a v roce 1875 byla zaznamenána v USA (Raid a Datnoff, 2003).

Díky dlouhé koevoluci plísně salátové s rodem *Lactuca* se vyvinula extrémní variabilita jejich vztahů, která slouží jako modelový příklad pro mnoho studií genetické variability a genetiky interakcí hostitele a parazita na úrovni populační, individuální, orgánové, tkáňové, buněčné, fyziologické a molekulární (Lebeda et al., 2008b).

### **3.4.1 Anatomie a morfologie**

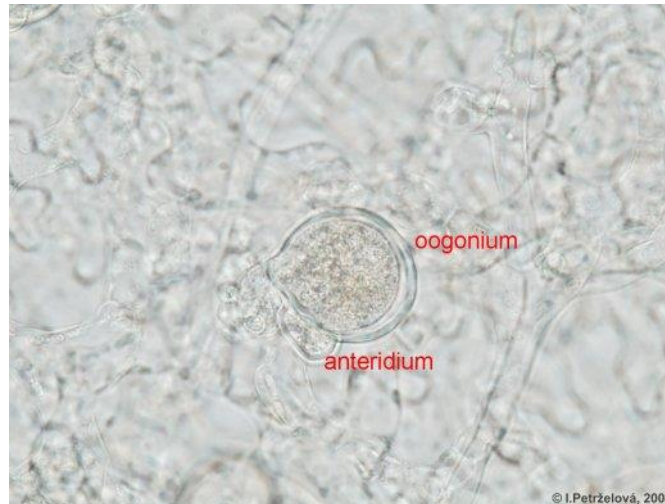
Plíseň salátová se rozšiřuje pomocí oválných až vejčitých, jednobuněčných sporangií, které však klíčí přímo vláknem a prakticky tak mají funkci konidií (Kalina a Váňa, 2005). Sporangia široké 12-21  $\mu\text{m}$  a 21-30  $\mu\text{m}$  dlouhá (Juroch, 2011) se nachází na vrcholu dichotomicky větveného sporangioforu. Sporangiofor je obvykle dlouhý, nejdříve bílý, později našedlý až hnědý a vyrůstá ve skupinách ze stomat hostitelské rostliny (Agrios, 2005). Skupiny těchto sporangioforů lze pozorovat jako bílý chmýřnatý povlak na spodní straně listu, a to i bez zvětšení (Raid a Datnoff, 2003). Po tom, co sporangiofory dosáhnou zralosti, plodí všechna sporangia ve stejnou dobu (Agrios, 2005). Mycelium, proniklé do rostliny stomaty, se šíří pletivem intercelulárně. Plíseň salátová přezimuje na zbytcích rostlinných pletiv oosporami (Čača et al., 1981).

Rozmnožovací cyklus Oomycot je velmi složitý a dělí se na pohlavní a nepohlavní fázi. Většina Oomycot produkuje zoospory ve sporangíích, *Bremia* se však většinou rozmnožuje nepohlavními sporangii, ze kterých klíčí tzv. klíčným vláknem (tzn. plní funkci konidií) a zoospory vznikají jen výjimečně. Z tohoto důvodu se velmi často sporangia u rodu *Bremia* nazývají spíše konidie (Obr. 3) (Agrios, 2005).



**Obr. 3:** Konidiofor s konidii plísňe salátové (*Bremia lactucae*), foto: Sedlářová, 2004a

*Bremia lactucae* se pohlavně rozmnožuje oogametangiogamií, což je proces, kdy splývají gametangia, tedy samčí antheridia a samičí oogonia (Obr. 4). *Bremia lactucae* je heterotalický druh, který potřebuje ke kopulaci dva odlišné typy stélek (B1 a B2). Po setkání dvou pohlavně odlišených, ale morfologicky stejných stélek dojde k splnutí gametangií, tedy k plazmogamii a následné karyogamii. Výsledkem jsou tlustostěnné oospory (Kalina a Váňa, 2005). Oospory slouží k překonání nepříznivých podmínek a k vzniku primární infekce. I přes to, že pohlavní rozmnožování zajišťuje genetickou variabilitu, bylo zjištěno, že se *Bremia lactucae* pohlavně rozmnožuje jen zřídka (Lebeda et al., 2008c).



**Obr. 4:** Oogonium a anteridium plísně salátové (*Bremia lactucae*), foto: Petrželová, 2004

### 3.4.2 Symptomy a ochrana

Patogen napadá semenáčky a listy dospělých rostlin, kde zvláště u semenáčků může způsobovat až odumření rostliny. Nákaza na starších listech způsobuje chlorózu. Žluté skvrny jsou vymezeny žilnatinou a objevují se na svrchní straně listu. Časem tyto skvrny hnědnou a nekrotizují. Naproti žlutým skvrnám se na spodní straně listu tvoří bílý práškovitý povlak produkující spory (konidie) (Raid a Datnoff, 2003).

Patogen má přímý účinek na kvalitu a výnos kulturně pěstovaných salátů, protože napadá konzumovatelnou část rostliny. Ztráty na výnosech bývají značné i z toho důvodu, že k napadení tímto patogenem může dojít i až při procesu balení salátu (Raid a Datnoff, 2003).

Kvůli již zmiňované diverzitě tohoto patogenu není ochrana kultivarů *Lactuca sativa* zdaleka jednoduchá. Systém šlechtění jednotlivých odrůd ani vývoj chemických fungicidů není zcela efektivní. Plané druhy *Lactuca* spp. mohou dnes sloužit jako zdroj genů rezistence (Petrželová a Lebeda, 2010). Chemická ochrana zahrnuje používání mořeného osiva a fungicidní ošetření množitelských porostů. Na trhu je dostupná celá řada fungicidů zaměřujících se na ochranu proti plísni salátové, např. Acrobat MZ WG, Dithane DG NEO-TEC, Kuprikol 50, atd. (agromanual.cz).

### 3.4.3 Šíření a výskyt

Na šíření plísně salátové (*Bremia lactucae*) má značný vliv počasí. Spory plísně se začínají tvořit v noci po periodě sucha, po které následuje několik hodin velmi vysoké vzdušné vlhkosti a mírných povětrnostních podmínek. Šíření spor je ovlivněno konkrétní denní dobou, začíná po východu slunce a vrcholí okolo desáté hodiny dopoledne. Při teplotě mezi 10–22°C a vlhkých listech může dojít k rozšíření infekce do tří hodin po svítání. Spory plísně salátové mohou infikovat, kolonizovat a produkovat druhou generaci spor na hostitelské rostlině do 10 dní (Matheron, 2015).

Na vývoj epidemie má značný vliv délka a počet dnů, kdy se na listech vyskytuje ranní rosa (Matheron, 2015). Spory mohou být šířeny deštěm nebo větrem na další hostitelské tkáně, které se tak stávají infekční. Deštěm se spory šíří do vzdálenosti několika metrů, nicméně větrem se můžou šířit až do vzdálenosti několika desítek až stovek kilometrů (Raid a Datnoff, 2003).

Plíseň salátová je velmi rozšířený druh. Vyskytuje se na všech kontinentech, kromě Antarktidy. Neoptimálnější podmínky pro šíření tohoto patogenu jsou v mírném pásu (Crute a Dixon, 1981).

### 3.5 *Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*

**Systematické zařazení:** Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Leotiomycetes, Erysiphales, Erysiphaceae, *Golovinomyces*

Padlí (Erysiphales) jsou obligátní parazité listů, stonků, květů a plodů téměř 10 000 druhů krytosemenných rostlin. I přes to, že anglický název již zmiňovaných plesňových skupiny Oomycota (Downy Mildews) a anglický název padlí (Powdery Mildews) naznačují jistou podobnost, jsou si tyto skupiny taxonomicky velmi vzdálené (Agrios, 2005). Padlí, na rozdíl od Oomycota, již patří do pravých hub (Fungi), oddělení vřeckovýtrusných hub (Ascomycota).

Taxonomie řádu Erysiphales je poměrně rozsáhlá a za posledních 250 let od doby, kdy Linné popsal první druh padlí, prošla značným vývojem. V současné době je známo

přes 800 druhů padlí, které jsou rozřazeny do pěti hlavních tribů, a to Erysipheae, Golovinomycetaceae, Cystotheceae, Phyllactiniaee a Blumerieae (Lebeda et al., 2017).

Padlí čekankové (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*, syn. *Erysiphe cichoracearum*) se velmi běžně vyskytuje v temperátních oblastech světa na zástupcích čeledi Asteraceae, tedy i na rodu *Lactuca*. Nevyskytuje se jen na planě rostoucích druzích, jako je právě locika kompasová, ale také na kulturních druzích (locika setá), na nichž může způsobit vážné škody (Lebeda a Mieslerová, 2011).

Po dlouhou dobu byl hostitelský okruh *Golovinomyces cichoracearum* poměrně široký. Kromě zástupců čeledi Asteraceae se v dřívější klasifikaci vyskytoval i na čeledích Apocynaceae, Malvaceae, Papaveraceae, Solanaceae a Violaceae. Braun (1987) však zavedl novou koncepci tohoto druhu, podle které se *Golovinomyces cichoracearum* vykytuje pouze na čeledi Asteraceae (Braun a Cook, 2012; Lebeda a Mieslerová, 2011; Paulech, 1995).

Během období, ve kterém probíhal dále zmíněný výzkum, došlo k přejmenování *G. cichoracearum* na *G. orontii*, a později na *G. bolayi*. Na základě podrobných molekulárních a fylogenetických analýz rodu *Golovinomyces* Takamatsu et al. (2013) zjistil, že patogen vyskytující se na populacích *Lactuca serriola* a tedy i rodu *Lactuca* není *G. cichoracearum*, ale *G. orontii*. Pojmenování padlí *G. cichoracearum* zůstalo hostitelských rodů *Scorzonera* a *Tragopogon* z čeledi Asteraceae. Pro rod *Lactuca*, *Cichorium*, *Picris*, *Mycelis* a *Taraxacum* byl druh padlí určen jako *G. orontii*. *G. orontii* je polyfágní druh a vyskytuje se i na mnoha dalších čeledích, např.: Scrophulariaceae, Papaveraceae, Cucurbitaceae či Lamiaceae a mnoha dalších. Takamatsu et al. (2013) také potvrdili koevoluci rodu *Golovinomyces* a rostlin čeledi Asteraceae (Takamatsu et al., 2013; Lebeda et al., 2017). Nejnovější studie Braun et al., 2019 však přinesla změnu pojmenování druhu padlí na rodech *Lactuca*, *Mycelis*, *Cichorium* a *Taraxacum* na *G. bolayi*.

### 3.5.1 Anatomie a morfologie

Mycelium padlí čekankového je povrchové, hyalinní, přehrádkované, tenkostěnné, víceméně rovné až zprohýbané. Velikost buněk se pohybuje mezi 4–8  $\mu\text{m}$  a délka 40–90  $\mu\text{m}$  a jsou jednojaderné a s vakuolami. Apresoria jsou bradavičnatá s jemně vroubkovaným povrchem. Konidiofory (Obr. 5) typu Euoidium jsou poměrně dlouhé. Velikost bazální buňky je mezi 40–140  $\mu\text{m}$  na délku a 9–15  $\mu\text{m}$  na šířku, následují 1–3 buňky a konidie jsou eliptického – cylindrického tvaru o délce 25–45  $\mu\text{m}$  a šířce 14–22  $\mu\text{m}$ . Chasmothecia (Obr. 6) jsou kulovitá, tmavě hnědá až černá, s průměrem 85–150  $\mu\text{m}$ . Apendixy jsou jednoduše nebo nepravidelně větvené, přibližně 0,5–4x delší než průměr chasmothecia. Vřecka (Obr. 6) se vyskytují po 5–25 na chasmothecium a jsou přisedlá nebo krátce stopkatá, 50–80 x 25–45  $\mu\text{m}$  velká. Ve vřecku jsou dvě 18–30 x 11–20  $\mu\text{m}$  velké askospory (Lebeda et al., 2017).



**Obr. 5:** Konidiofor s konidii padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*), foto: Sedlářová, 2004b



**Obr. 6:** Chasmothecia s vřecky padlí čekankového (*Golenomyces cichoracearum* / *G. bolayi*), foto: Sedlářová, 2007

### 3.5.2 Symptomy a ochrana

Patogen napadá povrch nadzemních orgánů rostliny a kolonizuje semenáčky, dospělé listy, řapíky listů i stonky napadených rostlin, a to od časného léta do časného podzimu. U planě rostoucích druhů *Lactuca* spp. jsou mladé listy napadené jen zřídka. Zato starší dospělé listy bývají napadeny velmi silně. Na napadených pletivech je pozorovatelná chloróza a deformace. Silné a dlouhodobé působení padlí čekankového způsobuje nekrózu, postupné usychání a odumírání listů (Lebeda a Mieslerová, 2011).

Nejspolehlivější ochrana kulturních plodin před padlím čekankovým je pěstovat odrůdy odolné proti tomuto patogenu (Lebeda a Mieslerová, 2011). I přesto existuje celá řada poměrně účinných fungicidů. Velmi účinné fungicidy jsou na bázi síry, později polysulfidu vápenatého (Lebeda et al., 2017). Mezi tyto přípravky patří např. Kumulus WG nebo Flosul (Agromanual.cz).

### 3.5.3 Šíření a výskyt

K šíření konidií, chasmothecií nebo askospor dochází nejčastěji větrem, ale mohou se šířit i jiným způsobem. Po nákaze rostliny konidiami potřebují konidie 8-10 hodin pro



vytvoření klíčících vláken a apresorií a pro následnou penetraci dalších 10-17 hodin. Celý infekční proces nepohlavní fáze (do vytvoření konidioforů s konidiemi) trvá za vhodných podmínek 120 hodin. Padlí čekankové je heterotalické. Chasmothecia se tedy mohou tvořit, pouze pokud se setkají gametangia dvou odlišných párovacích typů (Lebeda et al., 2017).

Optimální teplota pro vývoj padlí čekankového je 18-25°C, přičemž při 10-15°C a 30°C se vývoj zpomaluje (Lebeda a Mieslerová, 2011). Dalším důležitým faktorem je vlhkost vzduchu. Optimální vlhkost pro klíčení konidií je 50-70% relativní vlhkosti vzduchu (Lebeda et al., 2017).

Padlí čekankové je rozšířené po celém světě. Tento patogen můžeme najít jak v Evropě, tak i v Severní a Jižní Americe, v Africe, Asii i na Novém Zélandě. Padlí čekankové nebylo v minulosti považované za výraznou hrozbu pro kulturní rostliny. Nicméně jeho výskyt na kulturních rostlinách se stále zvyšuje (což pravděpodobně souvisí se změnou klimatu), proto se začaly šlechtit nové kultivary salátu odolné vůči padlí (Lebeda et al., 2017).

### **3.6 Patosystémy**

V prvé řadě je důležité vysvětlit, co to vlastně patosystémy jsou a jak tyto systémy fungují a pracují. Patosystémy jsou často definovány jako specifický subsystém ekosystému, tedy biologického systému, který však zahrnuje parazitické vztahy. Patosystémy jsou obvykle složeny ze dvou populací. První populace je populace hostitele a druhá je populace parazita. Populace parazita má za cíl vyvinout takový způsob interakce, který ji zajistí co nejdříve a nejvýhodnější přístup k hostiteli, tedy k jakési symbióze, aby parazit mohl z hostitele čerpat potřebné živiny. Populace hostitele naopak směřuje k vytváření obranných strategií, které zajistí přežití buď bez patogenu (rezistenci), nebo toleranci na přítomnost patogenu. Tyto populace jsou tedy propojené vzájemnými interakcemi, kterými se ovlivňují. Některé patosystémy však mohou být mnohem více složitě a komplikované. V případě rostlinných patosystémů se jedná o situaci, kdy hostitelskou populací jsou rostliny, avšak parazity mohou být

zástupci jakékoliv skupiny organismů, např. viry, viroidy, bakterie, fytoplasmy (Mollicutes), Oomycota, houby, prvoci skupin Rhizaria (Robinson, 1996).

Zdraví rostliny se projevuje na jejích fyziologických pochodech. Pokud je rostlina zdravá, jsou její fyziologické pochody v optimu, je schopna maximálně využít svůj genetický potenciál a dokáže se relativně dobře vyrovnávat s měnícími se vlivy prostředí. Avšak jsou-li vnější podmínky velmi nepříznivé, může dojít k postupnému strádání rostliny a změnám ve fyziologických pochodech. Rostlina pak už není schopna optimálně fungovat a stává se nemocnou. Jako chorobu pak definujeme jakoukoliv škodlivou změnu v řídicích procesech, snížení schopnosti přežití či neschopnosti udržení své niky. Choroby se dají třídit podle různých kritérií, např. podle etiologie, symptomů, ekologického a ekonomického významu a dalších (Kůdela et al., 1989). V průběhu mikroevoluce vztahu hostitel – patogen došlo k vytvoření mnoha různých genů, které se zahrnují do procesu vzniku choroby (Lebeda et al., 2017).

Napadení patogeny a tudíž nemoci jimi způsobené, vytváří selekční tlak a představují jeden ze způsobů přirozeného výběru. Mají nejen vliv na jednotlivá životní stadia a růst rostlin, ale taky značně působí na snižování objemu výnosu, což je velmi nežádoucí vliv pro zemědělství (Brown a Tellier, 2011). Selekční tlak patogenu tedy ovlivňuje dynamiku rostlinné populace a podílí se na změnách v její struktuře a složení. Na druhou stranu tento tlak zvýhodňuje a podporuje ty druhy, které jsou rezistentní k danému patogenu. Pokud dochází ke zvyšování četnosti rezistentních druhů v populaci, dochází také ke zvýšení fitness dané rostlinné populace, tedy ke zvýšení jejich zdatnosti a schopnosti se dále šířit a také předávat tyto rezistentní geny dalším populacím (Gilbert, 2002). Vztah hostitele a patogenu by se dal také charakterizovat jako vzájemná koevoluce. Vedou mezi sebou takzvané „závody ve zbrojení“. Hostitel se snaží zvyšovat rezistenci vůči patogenu a tudíž i postupně v průběhu evoluce upravuje svůj genotyp. Jakmile hostitel dosáhne rezistence, přijde na řadu postupná změna genotypu patogenu, aby byl schopen odolat a překonat rezistenci a infikovat hostitele. Tento proces se stále opakuje a připomíná závodění mezi hostitelem a parazitem. Zbrojení tedy působí jako hnací síla pro zdokonalení jak patogenu, tak hostitele (Brown a Tellier, 2011).

Epidemiologie se dříve zabývala hlavně rostlinnými populacemi se stejným genotypem, tedy především těmi kulturními. Později bylo zjištěno, že jednou z nejlepších strategií, jak odolat infekčnosti patogenu, je využití směsi odlišných genotypů rostlin. Tuto variabilitu běžně nacházíme právě v přírodní rostlinné populaci. Proto se nyní moderní šlechtění opírá o poznatky studia přírodních patosystémů, které je zaměřeno na hledání nových rezistentních genů, ale také se snaží vysvětlit princip interakcí mezi kulturním hostitelem a jeho patogenem. Díky studiu planých patosystémů bylo zjištěno mnoho cenných informací týkajících se zejména kvantifikace faktorů a jejich vlivu na proces změny rezistence hostitele a virulence patogenu (Garrett a Munt, 1999; Laine et al., 2011, Petrželová et al., 2010). Velký důraz je kladen na interakce hostitele a patogenu na úrovni metapopulace, což znamená propojení místních populací jak genetickým tokem, tak migrací (Burdon 1993, McDermott a McDonald 1993, in Petrželová et al., 2010).

### **3.6.1 Plané a kulturní patosystémy**

Planým patosystémům, tedy těm, které nejsou člověkem ovlivňovány a rostou běžně všude kolem nás, a kulturním patosystémům, též označovaným jako zemědělské, se v poslední době věnuje velká pozornost. Mezi těmito dvěma patosystémy existuje mnoho rozdílů. Velikost populace, hustota a prostorové rozložení a již zmíněná genetická variabilita hostitelské populace, jsou jedny ze základních rozdílů, které rozdělují plané a kulturní patosystémy na zcela odlišné celky. Pokud bychom měli srovnat následky a vztahy patogenních onemocnění u planých rostlin a kulturních plodin, narazíme mezi nimi na pár odlišností (Burdon, 1993).

Interakce mezi planými rostlinnými populacemi a jejich patogeny jsou často neškodné a dramatické projevy či důsledky epidemií jsou v nich pozorovány jen velmi zřídka (Burdon, 1993). V případě planých patosystémů by se dal vztah hostitele a parazita popsat jako vyvážený, což umožňuje přežití obou zúčastněných (Mieslerová et al., 2013). Důvodem, proč patogeny nemají tak silný vliv na plané rostlinné populace, je jejich autonomní a adaptivní vlastnost. Díky obrovské genové variabilitě jsou plané

populace schopny se lépe přizpůsobovat měnícím se podmínkám a čelit selekčním tlakům, bez potřeby zásahu člověka. Jsou tedy mnohem flexibilnější (Robinson, 1996).

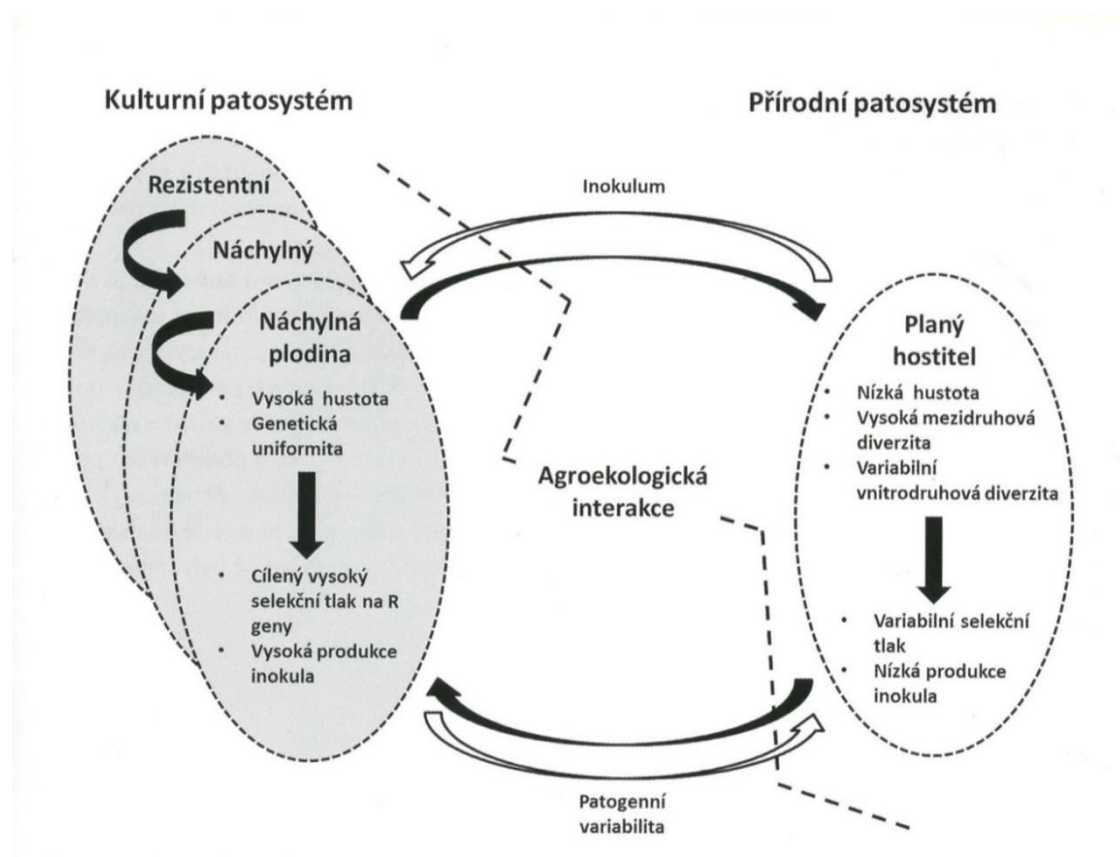
Populace kulturních rostlin jsou oproti planým populacím díky zásahu člověka často geneticky uniformní. Hostitelské populace byly v průběhu času pozměněny několika způsoby. Za prvé došlo především ke genetickým změnám v populaci, a to díky umělému výběru a domestikaci rostlin. Rostliny byly stále modifikovány a dnes se tyto uniformní populace pěstují ve formě klonů a hybridních odrůd. Často mají mnohem vyšší hustotu výskytu než plané populace. A právě tato vysoká hustota a genetická uniformita hostitelských populací přispívá k napadení hostitele patogenem. Za druhé došlo i ke změnám u parazitů, které by za normálních přírodních podmínek neproběhly. Díky užívání již zmíněných pesticidů a jiných chemických ochran, nemusí parazit čelit tak velké konkurenci, a zároveň se rozvíjí odolnost patogenů na používané pesticidy. A v neposlední řadě, došlo i k velkým změnám prostředí, ať už v podobě odlesňování, přeorávání půdy či užívání pesticidů (Robinson, 1996).

Překonání genů rezistence změnou v populaci patogenu má pro takto homogenní populace rostlin katastrofické následky. Pro zamezení rozvoje a šíření chorob jsou proto tyto kulturní porosty chemicky ošetřovány. V důsledku této ochrany jsou ročně utráceny miliardy dolarů a i přes veškerou snahu zamezit napadání rostlin či plodů patogeny, jsou ročně zaznamenány obrovské škody (Lebeda et al., 2017).

Ve vztahu patogen – hostitel dochází k velmi rychlé koevoluci, jejímž výsledkem je vznik velkého množství genů, které jsou schopny rozpoznat tento vztah. Tato mikroevoluce se týká převážně kulturních patosystémů, a to z důvodů zásahu člověka. V planých patosystémech může být tento jev podpořen např. zavlečením nového druhu patogenu do pro něj nepůvodního prostředí, kde prozatím neproběhla adaptace hostitelské populace, což je ovšem taktéž většinou způsobeno lidskou aktivitou (Lebeda et al., 2017).

Tento jev je vysvětlován následovně. Řada faktorů, které vytvářejí přímou selekci, je závislých na četnosti v přírodě, a ty, které za normálních podmínek vyrovnávají frekvenci výskytu hostitele a parazita, jsou v agroekosystému odstraněny. Důvodem je snaha co nejvíce maximalizovat produkci a celkovou intenzitu pěstování plodin. Tento

proces však vede ke stupňování evolučního závodu hostitel – patogen a tím dochází ke vzniku a projevům velmi známého cyklu „boom – and – bust“. Tento cyklus je v kulturních patosystémech velmi častý a vyznačuje se rychlou ztrátou nově zavedených, rasově specifických rezistentních genů hostitele. I když je kulturní patosystém zprvu rezistentní a odolný vůči patogenu, začne postupně docházet ke zvyšování náchylnosti k onemocnění, která je podpořena genovou uniformitou a velkou hustotou populace a ve výsledku dochází k obrovské produkci inokula (Obr. 7) (Lebeda et al., 2017).



**Obr. 7:** Agroekologická interakce mezi planými rostlinami a plodinami vedoucí k výměně inokula a změně patogenní variability, Lebeda et al., 2017

### 3.7 Aspekty genetiky rezistence

Základním vztahem, který řídí interakce mezi hostitelem a patogenem, je systém gen proti genu. Tento systém se podílí alespoň na 95 % známých případů (Lebeda, 1988).

Projev náchylnosti či rezistence hostitele je dán působením genů rezistence. Projev virulence patogenu je dán přítomností genů avirulence / virulence. Jedná se tedy o konkrétní odpovědi specifických párových genů, které určují výsledek interakce genotyp – genotyp (Crute a Pink, 1996). Systémy, které jsou řízeny na bázi gen proti genu, jsou charakteristické vysokým stupněm specifičnosti. Tento fakt poukazuje na skutečnost, že hostitelská rostlina musí mít molekuly se selektivně rozpoznávající schopností, pomocí kterých jsou rozpoznány jednotlivé specifické elicitory patogenů (Lebeda, 1988).

Tento koncept poprvé popsal Flor v roce 1942, na základě experimentální práce se rzi línou (*Melampsora lini*) na lnu. Hypotézu pak dále rozvinul Person v roce 1959. V přírodě dochází k selekci ras patogenu, které jsou schopny překonat odolnost hostitele. Naopak v hostitelské populaci dochází k selektování rezistentních genotypů, a tím dochází k zamezení napadení patogenem. Jakmile se v populaci patogenu vyselektuje virulentní rasa, která je schopna infikovat populaci hostitele, dochází k selekčnímu tlaku a následně zvýhodnění toho genotypu hostitele, který je k dané rase rezistentní. Tento genotyp se následně rozšíří a je odolný do té doby, dokud není vytvořena nová virulentní rasa patogenu, které populace hostitelské rostliny podlehne (Bartoš, 1989). Vztah gen proti genu je tedy založen na existenci rezistentních genů hostitele a proti němu působících virulentních genů patogenu (Mieslerová et al., 2013). Aby mohl patogen infikovat a napadnout svého hostitele, musí obsahovat přinejmenším tolik genů virulence, kolik má jeho hostitel genů rezistence (Bartoš, 1989).

### **3.8 Schopnost odolávat patogenům**

Schopnost odolávat patogenům též můžeme odborně nazvat rezistencí. Každý rostlinný organismus čelí během svého života možnosti napadení několika tisíci patogenů. Jestliže panují vhodné podmínky v podobě optimální teploty a vlhkosti a pokud je rostlina náchylná, pak může snadno dojít k podlehnutí patogenu, nebo alespoň k napadení rostliny. Naopak rezistentní rostliny jsou schopny útoku patogenů odolat a přispět tak k větším výnosům (Kúdela et al., 1989).

Předpokládá se, že mechanismy, které jsou zodpovědné za schopnost rezistence, jsou podobné mechanismům běžných fyziologických procesů rostliny. Patogen vylučuje látky, které spouští v hostiteli procesy vedoucí k rezistenci. Pokud patogen tuto stimulační látku nevyloučí, dojde k napadení hostitele. V některých případech může být vyvolána obranná reakce hostitele, avšak patogen překoná rezistenci neutralizací obranných produktů. Úroveň náchylnosti i rezistence může kolísat působením vnějších podmínek v určitém rozsahu. Ten je určen geneticky pro každou dvojici hostitel – patogen. Změny hladiny týkající se rezistence jsou patrné především v interakcích s nekrotrofním patogenem. Stejně tak rasově specifická rezistence podléhá větším změnám než rasově nespecifická. Rezistence není tak stabilní vlastností jako náchylnost. K největším změnám hladin náchylnosti a rezistence dochází během ontogenetického vývoje rostliny, v závislosti na cirkadiální a cirkanuální periodě, dále má na změny vliv vitalita rostliny, předchozí infekce a v neposlední řadě vnější abiotické faktory (McDonald, 2004).

### **3.9 Typy rezistence**

Rostliny mohou mít odlišné reakce v důsledku napadení potenciálním patogenem. Ty můžeme kategorizovat na dvě základní úrovně. První z nich je základní inkompatibilita, při níž se jedná o interakci mezi nehostitelem a nepatogenem (Lebeda et al., 2017). Termín inkompatibilita je vysvětlován jako naprostá neslučitelnost mikroorganismu a hostitele (Lebeda, 1988). Druhá je základní kompatibilita, kde se jedná o vztah mezi hostitelem a patogenem (Lebeda et al., 2017).

#### **3.9.1 Nehostitelská rezistence**

Nehostitelská rezistence je v přírodě nejběžněji vyskytovanou a velmi efektivní formou odolnosti vůči patogenu (Mysore et al., 2004). Tento vztah lze charakterizovat naprostou neslučitelností. Nehostitelská rezistence není ovlivněna vnitrodruhovou variabilitou patogenu (Lebeda, 1988). Projevy nehostitelské rezistence jsou dvojího typu. V případě 1. typu nedochází k žádným projevům vizuálních symptomů po navázání kontaktu hostitele a patogenu. Naopak v případě 2. typu dochází k rychlé

a nadměrně citlivé reakci v podobě odumírání buněk, do kterých patogen pronikl (Mysore et al., 2004). Dojde tak k zamezení možnosti patogenu se rozmnožit (Lebeda, 1988). Mechanismus nehostitelské rezistence je velmi podobný mechanismu genu proti genu. Avšak není jasné, jestli se jedná o stejný princip či nikoliv (Mysore et al., 2004). Do mechanismu nehostitelské rezistence jsou zapojovány pozitivní a negativní procesy. Pozitivní procesy jsou založeny na přítomnosti činitelů inhibujících onemocnění. Negativní procesy fungují v závislosti na absenci faktorů, které podněcují vývoj a růst patogenu v rostlině (Lebeda, 1988).

### **3.9.2 Hostitelská rezistence**

Opakem k nehostitelské rezistenci je hostitelská rezistence. Tento typ odolnosti vůči patogenu je studován již od 20. století, a to jak na základě buněčných a molekulárních znaků, tak i na fyziologické úrovni (Lebeda et al., 2008a). Princip hostitelské rezistence je založen na vztahu jednoho genu či malého počtu příbuzných genů. Tyto geny jsou schopny vytvářet proteiny, které dokáží alternovat výsledek kompatibilní interakce hostitel – patogen (Lebeda et al., 2017). V případě hostitelské rezistence rozlišujeme dva typy rezistence: rasově specifickou rezistenci a rasově nespecifickou rezistenci (Crute a Pink, 1996).

#### **3.9.2.1 Rasově specifická rezistence**

Rasově specifická rezistence je jedna z možností, jak může rostlina odolávat patogenu. Tato rezistence je založena na schopnosti rostliny vytvořit inkompatibilní reakci vůči patogenu. Hostitel se však nedokáže inkompatibilní reakcí ubránit vůči všem fyziologickým rasám patogenu, nýbrž jen některým (Lebeda, 1988). Specifičnost vztahu mezi hostitelem a patogenem se nemusí vždy projevit. Projev se může měnit v závislosti na podmínkách prostředí a během jednotlivých růstových fází (Bartoš, 1989). Geny, které jsou schopné vytvářet rezistenci vůči padlí, oomycetům, ale i ke rzím a snětím, jsou často právě rasově specifické (Crute a Pink, 1996). Jednou z dalších nevýhod rasově specifické rezistence je její krátká trvanlivost. Například rezistence kulturních rostlin vůči padlí a oomycetům může být účinná pouze 3–5 let



(Lebeda et al., 2017). Rasová specifita funguje na bázi interakce gen proti genu. To znamená, že se zde vytváří specifické páry genů, které určují výsledek infekce pro dané vzájemné působení hostitele a patogenu. Tedy zda bude hostitel odolný či náchylný a jestli bude patogen virulentní či avirulentní (Crute a Pink, 1996). Specifita je určena dominantními rezistentními geny či faktory v hostiteli, které jsou shodné s avirulentními dominantními geny patogenu (Crute, 1992 in Lebeda et al., 2008a).

### **3.9.2.2 Rasově nespecifická rezistence**

Rasově nespecifická rezistence se od rasově specifické liší v jednom základním aspektu, a to v odolnosti vůči patogenním rasám. Dokáže vytvořit inkompatibilní reakci vůči všem rasám patogenu (Lebeda, 1988). Základní princip této rezistence je souhrnné působení několika genů, které mají malý nebo střední účinek (Doerge, 2002). Genotypy *Lactuca* spp. ovlivňují jednotlivé úrovně rasově nespecifické rezistence pomocí fenotypové exprese (Lebeda et al., 2002 in Lebeda et al, 2008a).

### **3.9.3 Polní rezistence**

Pod pojmem polní rezistence rozumíme rezistenci, která se projevuje v polních podmínkách, a tedy nemusí souviset s výsledky, které získáme při testování stejných genotypů v laboratorních podmínkách. Jedná se o jev snížené náchylnosti dospělých jedinců pěstovaných na poli (Grube a Ochoa, 2005 in Lebeda et al., 2008a). Tomuto úkazu se vědci usilovně věnují zhruba posledních čtyřicet let (Parlevliet, 1979 in Lebeda et al., 2017). Jedná se tedy o interakci hostitele a patogenu během ontogenetického vývoje rostliny v daném agrosystému v určitých podmínkách daného prostředí (Lebeda et al., 2017). Jak již bylo výše řečeno, rezistence se v průběhu vývoje a růstu rostliny může měnit. Na proměnu rezistence mají vliv změny v metabolických procesech hostitele, ale také klimatické faktory. V agrosystémech se odehrávají složité ekologické interakce, které v laboratorních podmínkách nelze nasimulovat (Lebeda, 1988). Polní rezistence je fenomén, který nelze ztotožnit s rasově specifickou nebo nespecifickou rezistencí. Je považována za velmi perspektivní strategii, protože přibližuje situaci v přírodních patosystémech (Lebeda, 1988).



## 4 Materiály a metody

Praktická část této bakalářské práce je založena na zpracování sběrových protokolů z let 2001-2018 monitorujících výskyt padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum* / *Golovinomyces bolayi*) a plísně salátové (*Bremia lactucae*) v planých populacích lociky kompasové (*Lactuca serriola*) v ČR. Následně byl výskyt a stupně napadení oběma patogeny porovnány s měsíčními úhrny srážek a průměrnou teplotou v příslušných měsících a letech sběru.

### 4.1 Sběrové protokoly

Na Katedře botaniky PŘF UP v Olomouci již dlouhodobě probíhá vědecký výzkum zaměřený na studium planých populací lociky kompasové (*Lactuca serriola*).

Součástí tohoto výzkumu jsou sběrové expedice, jejichž cílem je zaznamenávat výskyt a rozšíření dvou hlavních patogenů *L. serriola*: padlí čekankového (*Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi*) a plísně salátové (*Bremia lactucae*). Výsledkem těchto každoročních expedic jsou sběrové protokoly zaznamenávající lokaci a populaci *L. serriola*, výskyt obou patogenů v populaci *L. serriola* společně s jejich stupněm napadení.

Expedice byly prováděny především v letních měsících v červenci a v srpnu, avšak v některých letech byly expedice konány i v červnu, květnu a v roce 2001 dokonce i v dubnu. Tato práce zpracovává pouze měsíce červenec a srpen. Výsledkem expedic jsou sběrové protokoly zaznamenávající výskyt lociky kompasové, výskyt patogenu (padlí čekankové a plíseň salátová) v populaci lociky kompasové a stupeň napadení patogenem. Expedice byly prováděny výzkumnými pracovníky Katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Protokoly byly poskytnuty pracovníky Oddělení fytopatologie a mikrobiologie Katedry botaniky PŘF UPOL. V Tab. 1 je uveden seznam lokalit, na kterých byl prováděn sběr vzorků lociky kompasové s patogeny. Pro sběr materiálu byly vytýčeny dvě hlavní trasy (Obr. 8). První vedla od Olomouce směrem na Jižní Moravu (Olomoucký, Jihomoravský a Zlínský kraj) a druhá

trasa vedla přes Východní Čechy (Pardubický, Královehradecký, Středočeský kraj).  
Mapa byla zhotovena v programu ArcGIS.

**Tab. 1:** Seznam sběrných lokalit s výskytem populací lociky kompasové (*Lactuca serriola*) navštívených v letech 2001-2018

Lokalita	Okres
<b>Jihomoravský kraj</b>	
Kotvrdovice	Blansko
Křtiny	Blansko
Lipovec	Blansko
Brno - Heršpice	Brno
Modřice	Brno
Nosislav	Brno
Březina	Brno - venkov
Hajany	Brno - venkov
Ivančice	Brno - venkov
Moravské Bránice	Brno - venkov
Ochoz u Brna	Brno - venkov
Ořechov	Brno - venkov
Pohořelice	Brno - venkov
Prštice	Brno - venkov
Silůvky	Brno - venkov
Želešice	Brno - venkov
Židlochovice	Brno - venkov
Bulhary	Břeclav
Dobré pole	Břeclav
Milovice	Břeclav
Podivín	Břeclav
Starovičky	Břeclav
Velké Bílovice	Břeclav
Čejč	Hodonín

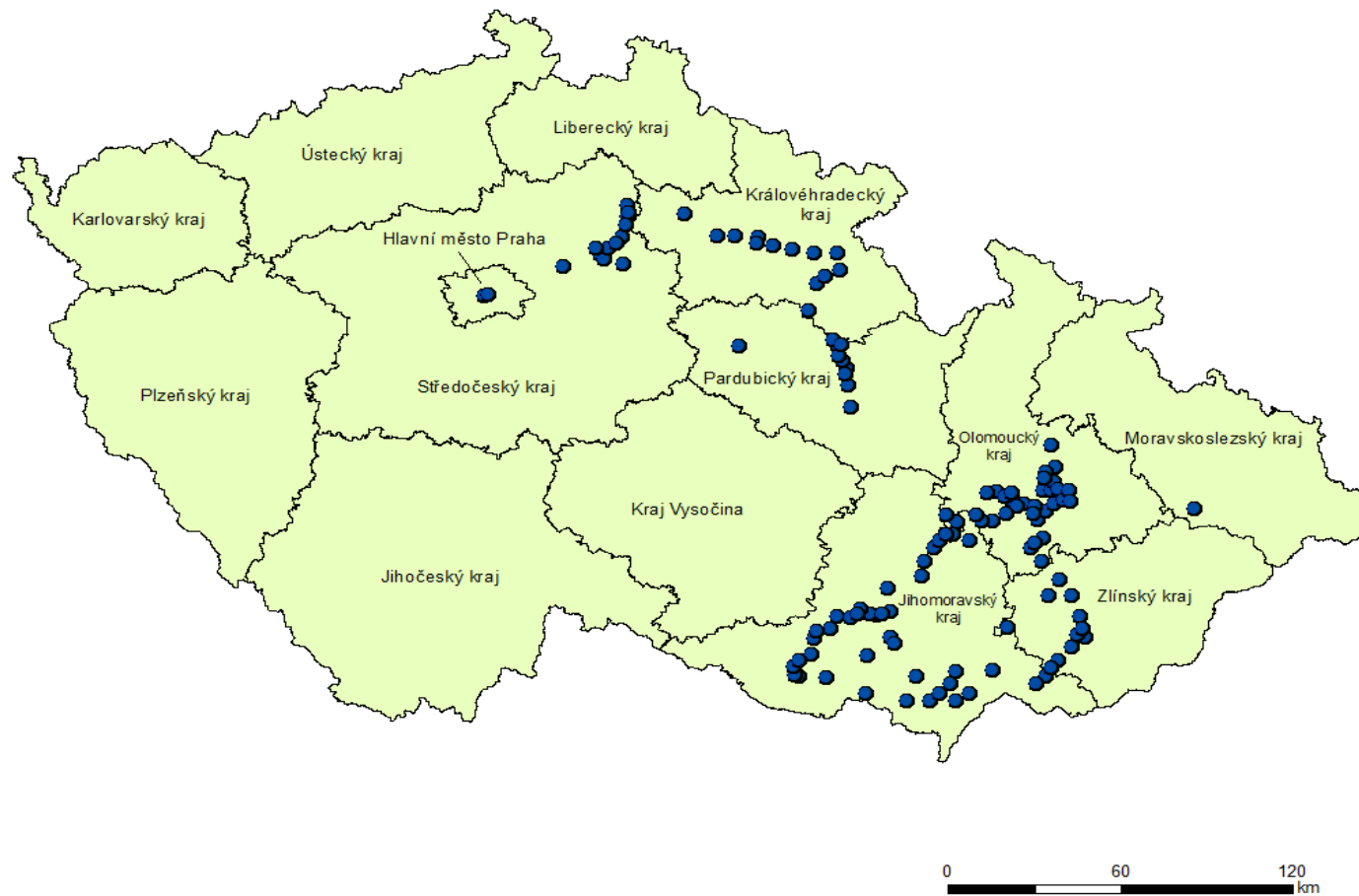
Čejkovice	Hodonín
Dolní Bojanovice	Hodonín
Prušánky	Hodonín
Veselí nad Moravou	Hodonín
Vnorovy	Hodonín
Břežany	Znojmo
Dobelice	Znojmo
Hostěradice	Znojmo
Hrušovany	Znojmo
Lechovice	Znojmo
Moravský Krumlov	Znojmo
Práche	Znojmo
Prosiměřice	Znojmo
Rybníky	Znojmo
Vítonice	Znojmo
<b>Královehradecký kraj</b>	
Hořice	Jičín
Jičín	Jičín
Ostroměř	Jičín
Velký Vřešťov	Jičín
Albrechtice nad Orlicí	Rychnov nad Kněžnou
Dobruška	Rychnov nad Kněžnou
Ledce	Rychnov nad Kněžnou
Malá Ledská	Rychnov nad Kněžnou
Očelice	Rychnov nad Kněžnou
Opočno	Rychnov nad Kněžnou

Uhřetov	Rychnov nad Kněžnou
Vojenice	Rychnov nad Kněžnou
Lanžov	Trutnov
Bohuslavice	Náchod
Jaroměř	Náchod
Městec	Náchod
Nové Město nad Metují	Náchod
Velichovky	Náchod
<b>Olomoucký kraj</b>	
Bělkovice	Olomouc
Blatec	Olomouc
Bohuňovice	Olomouc
Bukovany	Olomouc
Bystročice	Olomouc
Bystrovany	Olomouc
Doloplazy	Olomouc
Drahanovice	Olomouc
Dub nad Moravou	Olomouc
Grygov	Olomouc
Hlásnice	Olomouc
Hlušovice	Olomouc
Charváty	Olomouc
Kožušany	Olomouc
Luběnice	Olomouc
Lutín	Olomouc
Mrsklesy	Olomouc

Nenakonice	Olomouc
Olomouc	Olomouc
Přáslavice	Olomouc
Samotíšky	Olomouc
Slatinice	Olomouc
Svésedlice	Olomouc
Třebčín	Olomouc
Velká Bystřice	Olomouc
Velký Týnec	Olomouc
Bousín	Prostějov
Mostkovice	Prostějov
Olšany u Prostějova	Prostějov
Otinoves	Prostějov
Pěňčín	Prostějov
Plumlov	Prostějov
Protivanov	Prostějov
Rozstání	Prostějov
Služín	Prostějov
Smržice	Prostějov
Soběsuky	Prostějov
Vícov	Prostějov
Oplocany	Přerov
Polkovice	Přerov
Tovačov	Přerov

<b>Pardubický kraj</b>	
Dubany	Pardubice
Litomyšl	Svitavy
Sedliště	Svitavy
Bošín	Ústí nad Orlicí
České Heřmanice	Ústí nad Orlicí
Choceň	Ústí nad Orlicí
Kosořín	Ústí nad Orlicí
Plchovice	Ústí nad Orlicí
Skořenice	Ústí nad Orlicí
Vračovice	Ústí nad Orlicí
<b>Praha</b>	
Praha - Suchdol	Praha
Prahanovice	Praha
<b>Středočeský kraj</b>	
Dolní Bousov	Mladá Boleslav
Domousnice	Mladá Boleslav
Dražice	Mladá Boleslav
Plazy	Mladá Boleslav
Řitonice	Mladá Boleslav
Skyšice	Mladá Boleslav
Ujkovice	Mladá Boleslav
Vlkava	Mladá Boleslav
Jizbice	Nymburk

Krchleby	Nymburk
Loučeň	Nymburk
Lysá nad Labem	Nymburk
Mcery	Nymburk
Nový Dvůr	Nymburk
Ostrá	Nymburk
Seletice	Nymburk
<b>Zlínský kraj</b>	
Kojetín	Kroměříž
Koryčany	Kroměříž
Kotojedy	Kroměříž
Kroměříž	Kroměříž
Kvasnice	Kroměříž
Postoupky	Kroměříž
Bílovice	Uherské Hradiště
Kněžpole	Uherské Hradiště
Kněžpole	Uherské Hradiště
Ostrožská Nová Ves	Uherské Hradiště
Topolná	Uherské Hradiště
Uherské Hradiště	Uherské Hradiště
Uherský Ostroh	Uherské Hradiště
Napajedla	Zlín
<b>Moravskoslezský kraj</b>	
Nový Jičín	Nový Jičín



**Obr. 8:** Mapa sběrných míst populací *Lactuca serriola* se sledovaným výskytem *Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi* a *Bremia lactucae*, v letech 2001–20018

## 4.2 Hodnocení intenzity napadení

Výskyt obou patogenů byl hodnocen přímou kvantitativní metodou. Jedná se o přístup bližšího poznání interakce rostliny a jejích patogenů. Bylo nutné určit četnost výskytu patogenu (disease incidence, DI) a následně byl určen stupeň napadení (infection degree, ID) (Lebeda et al., 2017). Napadení lociky kompasové bylo hodnoceno stupni 0–3 pro každý z patogenů. Jednotlivé stupně jsou popsány v Tab. 2 (pro *G. cichoracearum* / *G. bolayi*) a Tab. 3 (pro *B. lactucae*). Příklady stupňů napadení listů lociky kompasové (*L. serriola*) oběma patogeny jsou znázorněny na Obr. 9 (pro *G. cichoracearum* / *G. bolayi*) a Obr. 10 (pro *B. lactucae*)

**Tab. 2:** Stupnice intenzity napadení listů lociky kompasové (*L. serriola*) padlím čekankovým (*Golovinomyces cichoracearum* / *Golovinomyces bolayi*), (Lebeda, 1994)

ID (stupeň napadení)	Výskyt patogenu na listu
0	Sledované rostliny bez viditelných příznaků napadení.
1	Sporadický výskyt pustulí padlí na listech, slabší růst mycelia, slabá sporulace velikost napadené listové plochy max. 25 %.
2	Vyšší výskyt pustulí padlí na listech, silný růst mycelia, středně silný sporulace, velikost napadené listové plochy 25 –50 %.
3	Větší souvislé povlaky sporulujícího mycelia, velikost napadené plochy 50-100 %.

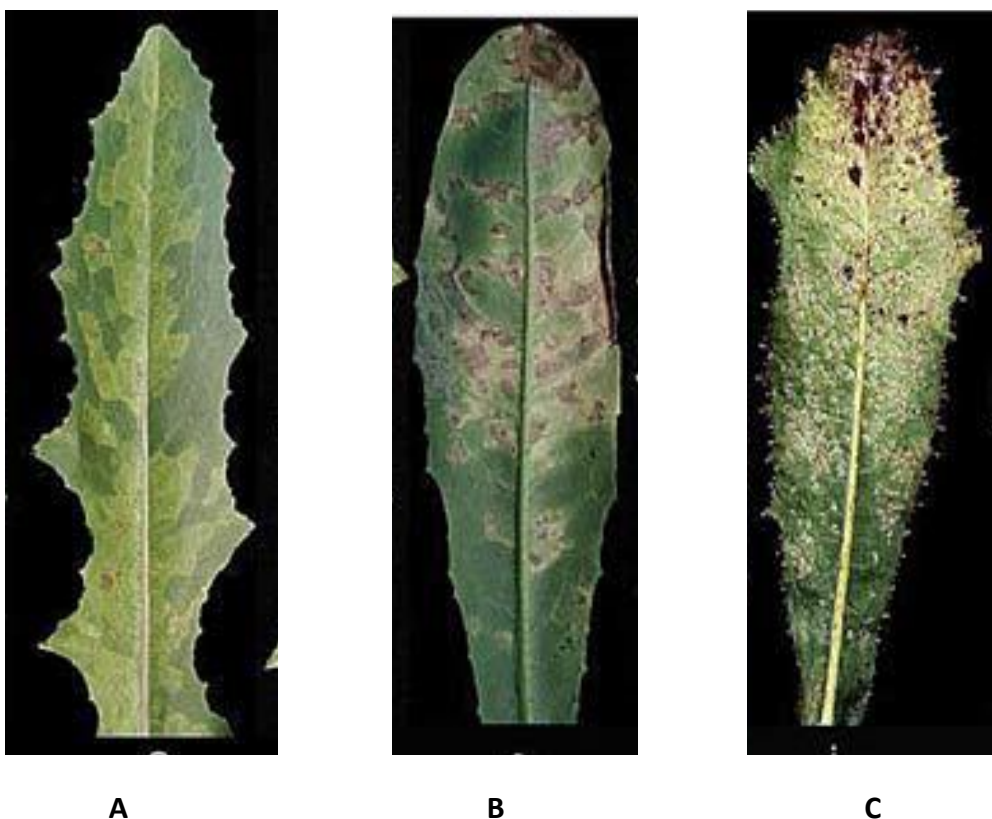




**Obr. 9:** Napadené listy lociky kompasové (*L. serriola*) padlím čekankovým (*G. cichoracearum* / *G. bolayi*), Foto: Lebeda, Křístková

**Tab. 3:** Stupnice intenzity napadení listů lociky kompasové (*L. serriola*) plísní (*Bremia lactucae*), (Lebeda et al., 2002)

ID (stupeň napadení)	Výskyt patogenu na listu
0	Sledované rostliny bez viditelných příznaků napadení.
1	Sporadický výskyt chlorotických skvrn, následovaný řídkými sporulacemi, nebo bez sporulace.
2	Střední výskyt chlorotických nebo nekrotických skvrn se sporulací.
3	Většina listu, nebo téměř celý list je pokryt chlorotickými nebo nekrotickými skvrnami s hojnou sporulací.



**Obr. 10:** Napadené listy lociky kompasové (*L. serriola*) plísni salátovou (*Bremia lactucae*): A – žloutnoucí léze, B – sporující léze, C – nekrotické léze se sníženou sporulací, Foto: Petrželová in Lebeda et al., 2008

### 4.3 Meteorologická data

Součástí práce je porovnat četnost výskytu *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* s meteorologickými údaji, a to s průměrnými měsíčními teplotami a úhrny srážek na území České republiky. Data z let 2001-2018 pro srovnání byla získána z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty> a <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>. Přehled průměrných teplot a úhrnů srážek je shrnut v Tab. 4 a Tab. 5.

**Tab. 4:** Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek v letech 2001–2009

Rok		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Průměrná teplota [°C]	Červenec	17,9	18,5	18,4	17,1	18,0	21,3	18,3	18,0	18,1
	Srpen	18,2	18,5	20,1	18,1	15,8	15,1	17,7	17,5	18,4
Průměrný úhrn srážek [mm]	Červenec	119	87	81	64	131	38	84	86	111
	Srpen	92	176	31	55	95	140	71	69	57

**Tab. 5:** Průměrné měsíční teploty a úhrn srážek v letech 2010-2018

Rok		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Průměrná teplota [°C]	Červenec	20,0	16,3	18,2	19,4	19,2	20,2	18,6	18,5	19,7
	Srpen	17,0	17,9	18,2	17,7	15,7	21,3	17,0	18,8	20,6
Průměrný úhrn srážek [mm]	Červenec	118	145	113	34	102	36	115	90	41
	Srpen	149	69	75	85	91	67	41	68	36

## 5 Výsledky

### 5.1 Zhodnocení meteorologických dat

Průměrné červencové teploty se pohybovaly v intervalu od 16,3–21,3 °C. Nejvyšší teploty byly v roce 2006, oproti tomu nejchladněji bylo v roce 2011. V první polovině sledovaného období se teploty pohybovaly okolo 18 °C, až na výjimku v roce 2006, kdy došlo k vzestupu teploty na nejvyšší naměřenou hodnotu. V roce 2010 teplota stoupla, ale další rok následoval teplotní propad na nejnižší hodnotu ve sledovaném období, konkrétně na 16,3 °C. Od roku 2011 můžeme pozorovat vzestupný trend průměrné červencové teploty, až do roku 2015, kdy došlo k poklesu o 1,6 °C. V posledním roce sledovaného období došlo opět k růstu průměrné teploty o 1,2 °C (Tab. 4, 5).

Oproti tomu průměrné srpnové teploty měly v některých letech zcela opačný trend než teploty červencové a i rozmezí teplot se pohybovalo ve větším intervalu. Rozmezí srpnových průměrných teplot bylo od 15,1–21,3 °C. Z počátku sledovaného období docházelo ke zvyšování teploty až do roku 2003. Poté následoval postupný teplotní propad, který trval až do roku 2006, kdy byla naměřena nejnižší teplota. Následně docházelo opět k růstu až do roku 2009. Další čtyři roky se průměrná srpnová teplota pohybovala mezi 17–18 °C. V roce 2014 byla naměřena druhá nejnižší teplota, a to 15,7°C. V následujícím roce došlo k velkému vzestupu o 5,6 °C a bylo dosaženo nejvyšší teploty sledovaného období, 21,3 °C. V roce 2016 došlo k velkému poklesu o 4,3 °C na 17,0 °C. Do konce sledovaného období pak teplota rostla (Tab. 4, 5).

Měsíční úhrny srážek byly ve sledovaném období mnohem proměnlivější než teploty. Co se týče měsíce července, nejvíce srážek spadlo v roce 2011 (145 mm) a nejméně v roce 2013 (34 mm). Začátkem první poloviny sledovaného období docházelo k postupnému poklesu množství srážek. V roce 2005 vzrostly hodnoty srážek na 131 mm, což je druhá nejvyšší hodnota. Následně došlo k velkému úbytku. V roce 2007 začalo množství srážek postupně stoupat až na nejvyšší naměřenou hodnotu v roce 2011, a to 145 mm. V letech 2012–2018 docházelo ke střídání období s malým a větším úhrnem srážek. Rozdíl mezi těmito hodnotami byl okolo 60 mm (Tab. 4, 5).

Největší srážkový úhrn v srpnu byl zaznamenán roku 2002 s hodnotou 176 mm. Opakem byl rok následující s naměřenou hodnotou 31 mm. Obdobné, avšak ne tak velké rozdíly, byly naměřeny mezi lety 2006–2007, 2009–2010 a 2010–2011. Od tohoto roku mělo množství srážek sestupný trend. Rok 2018 byl v průměru zaznamenán jako rok s nejvyšším nedostatkem vody (Tab. 4, 5).

## **5.2 Výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi* a *B. lactucae* na planých populacích *L. serriola***

Pro každoroční výzkumné a sběrové expedice zaměřené na studium výskytu *Golovinomyces cichoracearum* / *G. bolayi* a *Bremia lactucae* na planých populacích *Lactuca serriola* v rozmezí let 2001–2018 byly vybrány především měsíce červenec a srpen. Pro rok 2002 nejsou k dispozici podklady (Tab. 6). Stejně tak v roce 2009 jsou k dispozici protokoly pouze na měsíc červenec. V letech 2012, 2013 a v rozmezí let 2015–2018 jsou dostupné protokoly pouze na měsíc srpen (Tab. 7).

V Tab. 8 je shrnuta četnost výskytu a stupeň napadení patogenů *G. cichoracearum* / *G. bolayi* a *B. lactucae* na planých populacích *L. serriola* v letech 2001–2018. Procentuální napadení planých populací *L. serriola* těmito patogeny ve sledovaném období značně kolísalo. Zastoupení *B. lactucae* na populacích *L. serriola* se pohybovalo v intervalu 2,6–84,3 %. Nejnižší zastoupení bylo naměřeno v roce 2015 a nejvyšší v roce 2001. V případě *G. cichoracearum* / *G. bolayi* to bylo 17,8–70,0 %, přičemž nejnižší procentuální výskyt byl naměřen v roce 2012 a nejvyšší v roce 2014. V letech 2001, 2004–2006 a 2008–2012 byl zaznamenán četnější výskyt *B. lactucae* na populacích *L. serriola*, zatímco v letech 2003, 2007 a v rozmezí let 2013–2018 byl zaznamenán vyšší výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi* (Tab. 8).

Ve sledovaném období docházelo k velké diverzitě zastoupení jednotlivých stupňů napadení mezi patogeny *G. cichoracearum* / *G. bolayi* a *B. lactucae*. Oba dva patogeny se ve sledovaném období nejčastěji vyskytovaly v podobě stupně napadení ID=1. Procentuální zastoupení *B. lactucae* v podobě stupně napadení ID=1 na *L. serriola* se pohybovalo od 66,7 % (rok 2005) do 100 % (v letech 2015, 2017 a 2018), pro *G. cichoracearum* / *G. bolayi* se hodnoty pohybovaly od 27,3 % (rok 2016) do 100 %

(rok 2018). Výjimkou je ale rok 2016, kdy se *G. cichoracearum* / *G. bolayi* vyskytovalo nejčastěji ve formě stupně napadení ID=2.

Četnost zastoupení stupně ID=2 na planých populacích *L. serriola* byla u obou dvou patogenů mnohem nižší. Z celkového počtu sledovaných populací se *B. lactucae* vyskytovala v ID=2 na 0–26,8 % populací. V letech 2012, 2013, 2015, 2017 a 2018 se stupeň napadení ID=2 *B. lactucae* na *L. serriola* nevyskytoval a nejvyšší hodnota stupně napadení ID=2 byla naměřena v roce 2001. V případě *G. cichoracearum* / *G. bolayi* se výskyt stupně napadení ID=2 pohyboval v intervalu od 0 % (rok 2018) do 50 % (rok 2016).

Stupeň napadení ID=3 se v případě *B. lactucae* vyskytoval velmi málo. V letech 2010 a 2012–2018 nebyl vůbec zaznamenán. Nejvyšší zastoupení stupně napadení ID=3 *B. lactucae* bylo zaznamenáno v roce 2008, a to 14,3 %. Procentuální zastoupení stupně ID=3 se tedy pohybovalo v intervalu 0–14,3 %. Stupeň napadení ID=3 *G. cichoracearum* / *G. bolayi* se nevyskytoval pouze v letech 2013 a 2018. V druhé polovině sledovaného období byl dokonce četnější než stupeň napadení ID=2. Celkově se stupeň ID=3 *G. cichoracearum* / *G. bolayi* vyskytoval v procentuálním zastoupení 0–25 %. Nejnižší zastoupení tohoto stupně *G. cichoracearum* / *G. bolayi* bylo naměřeno v 2018 a nejvyšší v roce 2012.

**Tab. 6:** Četnost výskytu *Bremia lactucae* (BL) a *Golovinomyces cichoracearum* (GC) / *Golovinomyces bolayi* (GB) na sledovaných planých populacích *Lactuca serriola* v letech 2001–2009 (počet populací s výskytem daného patogenu / celkový počet navštívených populací)

Rok \ Měsíc	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB
Červenec	40/45	12/45	-	-	3/4	1/4	1/1	0/1	3/4	0/4	21/30	9/30	19/26	8/26	27/62	23/62	41/88	30/88
Srpen	57/70	36/70	-	-	16/50	20/50	52/73	35/73	75/103	46/103	59/83	35/83	36/100	65/100	1/3	2/3	-	-

**Tab. 7:** Četnost výskytu *Bremia lactucae* (BL) a *Golovinomyces cichoracearum* (GC) / *Golovinomyces bolayi* (GB) na sledovaných planých populacích *Lactuca serriola* v letech 2010–2018 (počet populací s výskytem daného patogenu / celkový počet navštívených populací)

Rok \ Měsíc	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB	BL	GC/GB
Červenec	39/91	12/91	14/34	7/34	-	-	-	-	13/27	24/27	-	-	-	-	-	-	-	-
Srpen	22/35	24/35	24/52	19/52	13/45	8/45	10/52	24/52	10/33	18/33	1/38	18/38	8/32	21/32	4/38	19/38	4/16	6/16

**Tab. 8:** Četnost výskytu a stupeň napadení *Bremia lactucae* (BL) a *Golovinomyces cichoracearum* (GC) / *Golovinomyces bolayi* (GB) v populacích *L. serriola* v období 2001–2018

Rok		Počet sledovaných lokalit s výskytem <i>L. serriola</i>	Počet sledovaných populací <i>L. serriola</i>	Četnost výskytu (%)		Stupně napadení %		
				A	B	1	2	3
2001	BL	101	115	96,0	84,3	69,1	26,8	4,1
	GC/GB			47,5	41,7	66,7	31,3	2,1
2003	BL	52	54	36,5	35,2	84,2	5,3	10,5
	GC/GB			40,4	38,9	85,7	9,5	4,8
2004	BL	62	74	85,5	71,6	81,1	13,2	5,7
	GC/GB			56,5	47,3	68,6	22,9	8,6
2005	BL	84	107	92,9	72,9	66,7	21,8	11,5
	GC/GB			58,3	45,8	73,5	18,4	8,2
2006	BL	106	113	75,5	70,8	72,5	23,8	3,8
	GC/GB			41,5	38,9	77,3	13,6	9,1
2007	BL	108	126	88,7	43,7	87,3	12,7	0,0
	GC/GB			67,6	57,9	60,3	28,8	11,0
2008	BL	62	65	45,2	43,1	67,9	17,9	14,3
	GC/GB			40,3	38,5	76,0	12,0	12,0
2009	BL	86	88	47,7	46,6	82,9	14,6	2,4
	GC/GB			34,9	34,1	80,0	13,3	6,7
2010	BL	123	126	49,6	48,4	91,8	8,2	0,0
	GC/GB			29,3	28,6	69,4	11,1	19,4
2011	BL	73	84	52,1	45,2	81,6	7,9	10,5
	GC/GB			35,6	31,0	76,9	15,4	7,7
2012	BL	32	45	40,6	28,9	100,0	0,0	0,0
	GC/GB			25,0	17,8	62,5	12,5	25,0
2013	BL	49	52	20,4	19,2	100,0	0,0	0,0
	GC/GB			49,0	46,2	75,0	25,0	0,0
2014	BL	57	60	40,4	38,3	91,3	8,7	0,0
	GC/GB			73,7	70,0	69,0	7,1	23,8
2015	BL	36	38	2,8	2,6	100,0	0,0	0,0
	GC/GB			50,0	47,4	83,3	5,6	11,1
2016	BL	30	32	26,7	25,0	87,5	12,5	0,0
	GC/GB			73,3	68,8	27,3	50,0	22,7
2017	BL	37	38	10,8	10,5	100,0	0,0	0,0
	GC/GB			51,35	50,00	84,21	5,26	10,53
2018	BL	16	16	25,0	25,0	100,0	0,0	0,0
	GC/GB			37,5	37,5	100,0	0,0	0,0

A - % lokalit s výskytem *G. cichoracearum* (GC) / *Golovinomyces bolayi* (GB), nebo *B. lactucae* (BL), B - % populací *L. serriola* s výskytem *G. cichoracearum* (GC) / *G. bolayi* (GB) nebo *B. lactucae* (BL)

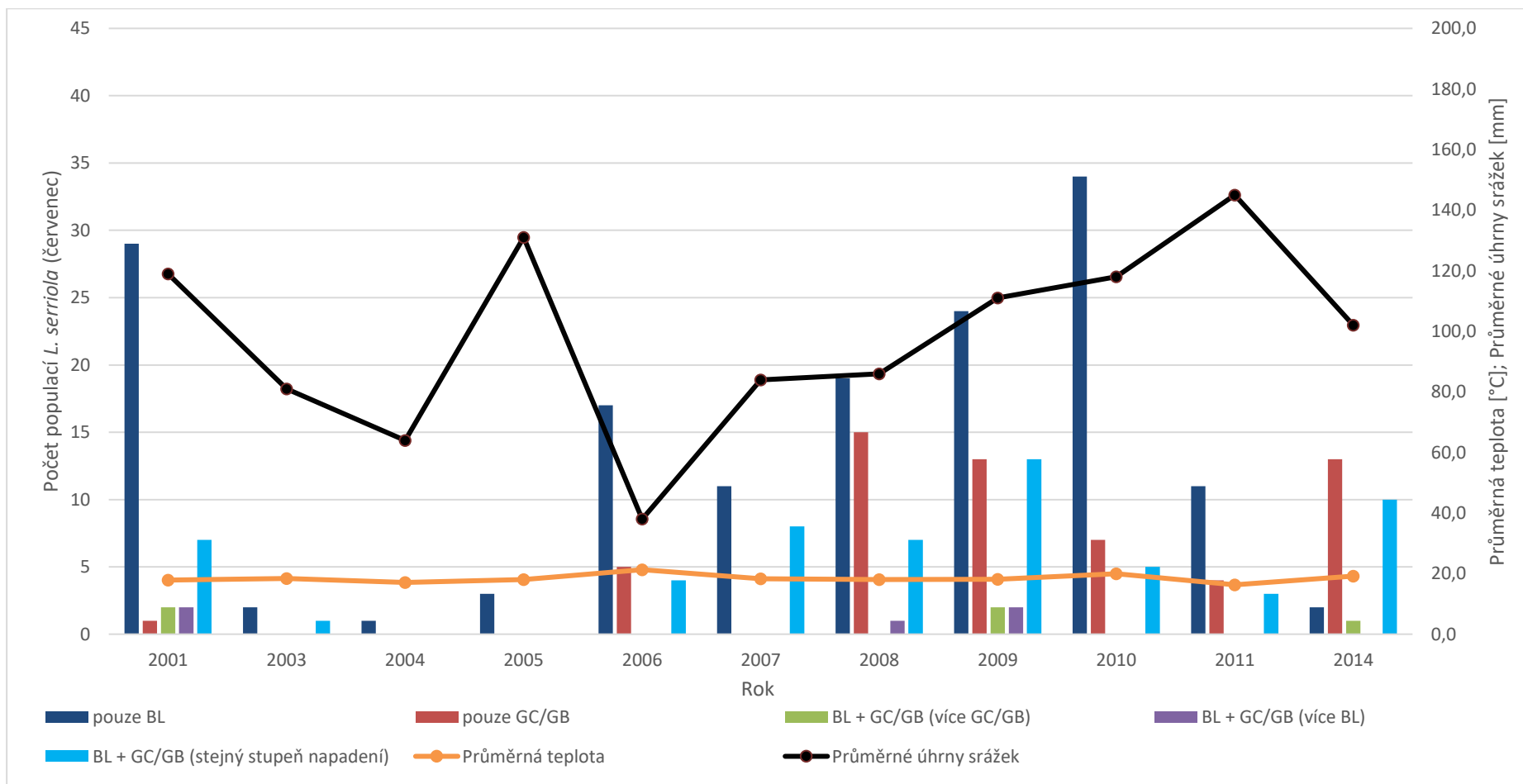


### **5.3 Studium vztahu výskytu patogenů *Bremia lactucae* (BL) a *Golovinomyces cichoracearum* (GC) / *Golovinomyces bolayi* (GB) v planých populacích *L. serriola* a měsíčních úhrnů srážek a průměrné teploty ve sledovaném období**

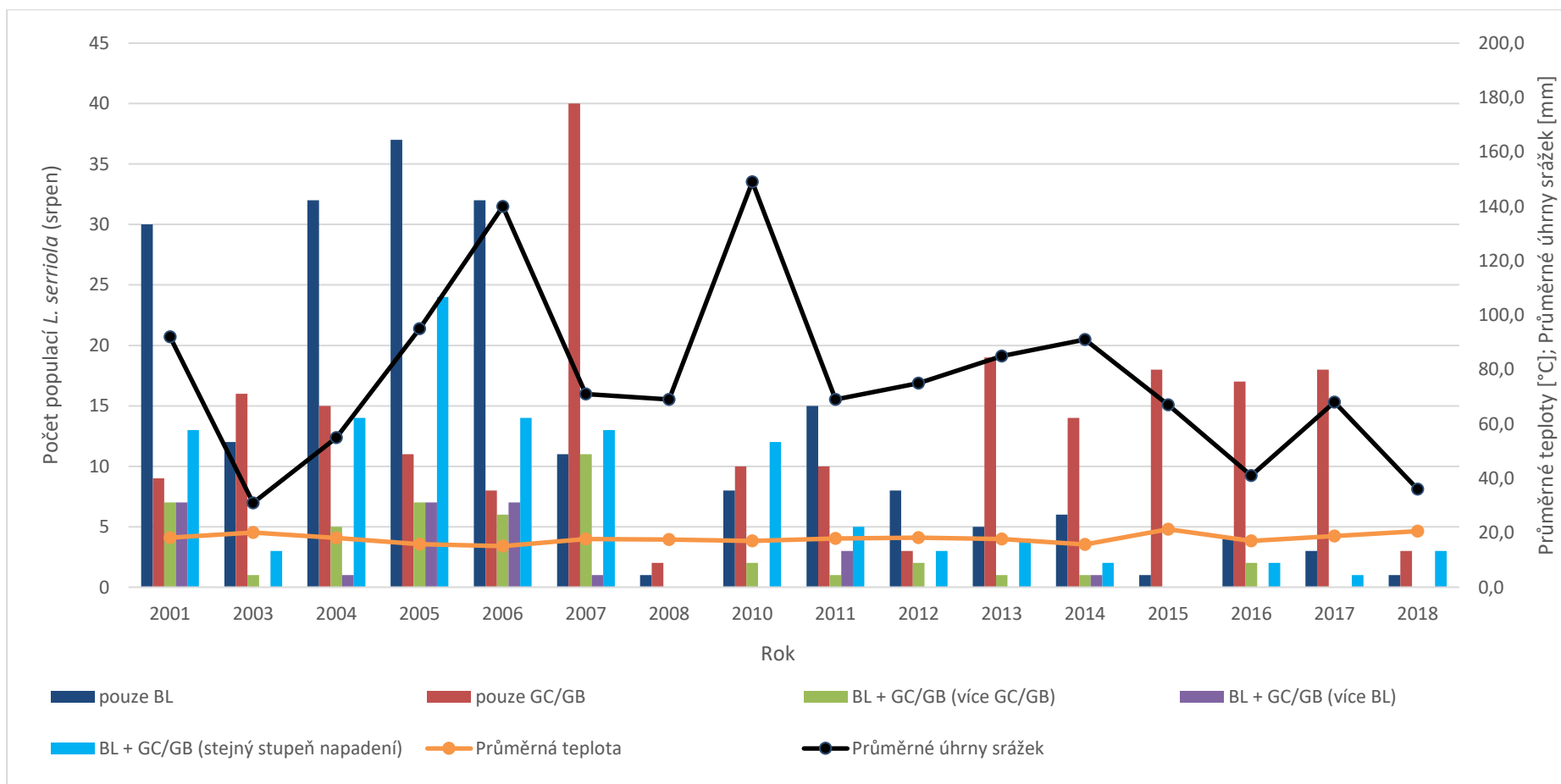
V letech 2001–2018 byl výzkum zaměřen nejen na sledování výskytu jednotlivých patogenů *Bremia lactucae* a *Golovinomyces cichoracearum* / *Golovinomyces bolayi* v populacích *Lactuca serriola*, ale také na jejich společnou koexistenci a koincidenci. Přestože výzkum probíhal v některých letech již od března a trval až do září, tak je největší pozornost věnována měsícům červenci a srpnu. Z důvodů měnícího se počtu navštívených lokalit chybí data pro červenec v letech 2002, 2012–2013 a 2015–2018, a pro srpen v letech 2002 a 2009. Vzhledem k možnosti výskytu obou dvou patogenů na populacích *L. serriola*, byly populace rozděleny na 5 možných typů: 1. typ je populace *L. serriola*, kde se vyskytuje pouze *B. lactucae*, 2. typ je populace *L. serriola* s výskytem pouze *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. Další populace *L. serriola* zahrnují výskyt obou patogenů s různou či stejnou mírou intenzity onemocnění. 3. typ je charakterizován jako populace s výskytem obou patogenů, kde *G. cichoracearum* / *G. bolayi* dosahuje vyššího stupně napadení. U 4. typu dosahuje většího stupně napadení *B. lactucae* a 5. typ je charakterizován stejným stupněm napadení obou patogenů. Výsledky byly shrnuty a zaznamenány do dvou grafů. Zvláště byl vypracován graf pro červencové hodnoty (Graf 1) a zvláště pro srpnové (Graf 2).

Z červencových hodnot (Graf 1) je patrná převaha samostatného výskytu patogenu *B. lactucae* na sledovaných populacích *L. serriola*. Výjimkou je rok 2014, kdy byly populace *L. serriola* infikovány převážně jen *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. Nejhojnější výskyt *B. lactucae* byl v roce 2010, v případě *G. cichoracearum* / *G. bolayi* v roce 2008. Vyšší četnost výskytu *G. cichoracearum* / *G. bolayi* ve srovnání s průměrným výskytem ve sledovaném období byl zaznamenán v roce 2009. Často byly zaznamenány na populacích *L. serriola* oba patogeny se stejným stupněm napadení, a to zejména v letech 2009 a 2014.

**Graf 1:** Vliv klimatických podmínek na výskyt *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* v planých populacích *L. serriola* v červenci 2001-2018



**Graf 2:** Vliv klimatických podmínek na výskyt *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* v planých populacích *L. serriola* v srpnu 2001-2018



Oproti tomu v měsíci srpnu byl výskyt patogenů odlišný. V letech 2001–2006 jasně převažoval samostatný výskyt patogenu *B. lactucae* (Graf 2). V roce 2007 došlo ke změně a v období 2007-2017 převažuje samostatně se vyskytující *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. Výjimkou byl rok 2010, kdy se na populacích *L. serriola* nejvíce vyskytovalo *G. cichoracearum* / *G. bolayi* společně s *B. lactucae* a rok 2011, kdy dochází opět k převaze populací *L. serriola* infikované pouze *B. lactucae*. V roce 2018 byla potvrzena četnost výskytu obou patogenů se stejným stupněm napadení na populacích *L. serriola*. Při srovnání s červencovými naměřenými hodnotami se liší výskyt populací *L. serriola*, které jsou současně infikovány oběma patogeny. V srpnu je četnost těchto populací, kde se vyskytují oba patogeny se stejným stupněm napadení, mnohem vyšší.

Výsledná data ze studia výskytu patogenů *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* na planých populacích *L. serriola* byla spojena s průměrnými měsíčními teplotami a měsíčním úhrnem srážek pro Českou republiku ve sledovaném období. Při srovnání meteorologických dat, které byly naměřeny v měsících červenci (Graf 1) a srpnu (Graf 2) vidíme, že měsíční úhrny srážek v obou měsících byly velmi proměnlivé a nerovnoměrné.

V červenci (Graf 1) v letech 2001, 2009, 2010 a 2011 byl zjištěn mnohem vyšší výskyt *B. lactucae* oproti *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. Stejně tak v srpnu (Graf 2) v letech 2001, 2005 a 2006 byl zaznamenán stejný výsledek. V tomto období byl naměřen lehce nadprůměrný až nadprůměrný srážkový úhrn a také nižší teploty oproti průměru, což nasvědčuje tomu, že se *B. lactucae* lépe vyvíjí při vyšších srážkách. Avšak výjimkou je červenec v roce 2006, kdy i při velmi malém množství srážek byl zaznamenán vysoký výskyt *B. lactucae*. Srpen roku 2004 (Graf 2) se také vyznačoval vyšším výskytem *B. lactucae* i přes malé množství srážek. Důvodem může být snížení teploty oproti předešlému roku. V srpnu 2007 (Graf 2) byl zjištěn vysoký výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi* oproti *B. lactucae*. Tento rozdíl byl také zaznamenán v letech 2013–2017 a v červenci v roce 2014 (Graf 1). Ve zmíněných obdobích bylo naměřeno průměrné až podprůměrné množství srážek a nebyly zaznamenány žádné extrémní výkyvy teplot. Na základě analyzovaných dat je velmi těžké sestavit přímou závislost mezi sledovanými klimatickými faktory a četností výskytu obou patogenů.

## 6 Diskuze

V letech 2001–2018 byly prováděny výzkumné expedice po České republice vedené pracovníky Oddělení fytopatologie a mikrobiologie Katedry botaniky PŘF UPOL. Cílem bylo zmapování výskytu patogenů lociky kompasové (*L. serriola*), konkrétně plísně salátové (*Bremia lactucae*) a padlí čekankového (*G. cichoracearum* / *G. bolayi*). Výsledkem pozorování na těchto expedicích byly protokoly, které popisovaly lokalitu výskytu, charakterizovaly populace *L. serriola* a zaznamenávaly stupeň napadení daným patogenem. Na základě protokolů byla vypracována analýza četnosti výskytu a stupně napadení planých populací *L. serriola*.

Patosystémy tohoto typu, tedy *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* ve spojení s planými populacemi *L. serriola*, se odborníci zabývají již mnoho let. Na toto téma bylo napsáno spoustu odborných prací, např. Lebeda et al., 2008; Lebeda et al., 2017; Mieslerová et al., 2013. Výsledkem jejich analýz bylo zjištění, že oba dva patogeny, i když se mohou vyskytovat současně v populacích *L. serriola*, preferují rozdílné podmínky pro svůj optimální růst. *Bremia lactucae* se hojně vyskytuje při nižších teplotách a zároveň vyšších srážkových úhrnech. Naopak pro *G. cichoracearum* / *G. bolayi* jsou optimálními podmínkami vyšší teploty a počasí s nízkými či nulovými srážkovými úhrny.

Z výsledků této bakalářské práce je patrné, že četnost výskytu obou studovaných patogenů byla v jednotlivých měsících i letech velmi proměnlivá. Příčinou, která by mohla vysvětlovat tuto proměnlivost, jsou měnící se klimatické podmínky v daném období a patrně i tolerance studovaných patogenů k podmínkám prostředí.

Lebeda et al. (2008c) se ve své práci zaměřil na studium interakcí mezi *L. serriola* a *B. lactucae*. Tato interakce je studován od roku 1980, avšak detailnějšímu rozboru tohoto patosystému se začala věnovat větší pozornost až v posledních letech. Lebeda et al. (2008c) poukazuje na interakce mezi rozdílnými projevy onemocnění a podmínkami prostředí. Uvádí, že proměnlivé počasí je velmi příznivé a klíčové pro růst *B. lactucae*. Při extrémně suchých a teplých měsících, bylo více jak 50 % populací *L. serriola* bez příznaků infekce plísní salátovou. Naopak v chladných a vlhkých měsících infekce tímto patogenem rapidně vzrostla. Dále poukazuje na vliv stádia, kdy byla

rostlina během svého ontogenetického vývoje napadena. Pokud byla rostlina napadena *B. lactucae* v raných stádiích, v případě *L. serriola* např. v období tvorby listových růžic, bude infekce vykazovat mnohem vyšší stupeň napadení.

Lebeda et al. (2008c) dále pojednává o vlivu konkurence na výskyt *B. lactucae*, kterým je výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. *G. cichoracearum* / *G. bolayi* má kratší dobu výskytu a jeho epidemie začíná později, v období, kdy už je *B. lactucae* rozšířena v populacích *L. serriola*. Pokud k tomuto konkurenčnímu souboji došlo, *G. cichoracearum* / *G. bolayi* dokázalo během 3–4 týdnů rozvinout intenzivní napadení populací *L. serriola*. Dále zmiňuje, že současný výskyt obou patogenů na populacích *L. serriola* je možný, a za nejvýznamnější vliv na jejich růst považuje vlhkost. Z výsledků jeho měření je patrné, že se *B. lactucae* vyskytovala nejčastěji v podobě stupně napadení ID=1.

Petrželová a Lebeda (2004) se zabývali výskytem *B. lactucae* na planých populacích *L. serriola* ve východních, severních a jižních Čechách a ve střední a jižní Moravě. Ve všech oblastech byla *B. lactucae* na populacích *L. serriola* zaznamenána. Nicméně v nejteplejších částech ČR (jižní Morava) byl výskyt *B. lactucae* zaznamenán jen ojedinelé.

Lebeda a Mieslerová (2011) pojednávají o výskytu *G. cichoracearum* / *G. bolayi* a *B. lactucae* na planých populacích *L. serriola*. Opět došli k závěru, že optimálními podmínkami pro výskyt *B. lactucae* jsou nižší teploty a vyšší vlhkost a pro *G. cichoracearum* / *G. bolayi* to jsou vyšší teploty a nižší srážkový úhrn. Zároveň podotýkají, že prokázat přímý vztah mezi oběma patogeny a podmínkami prostředí bylo obtížné. V případě, kdy se na rostlině vyskytovaly oba patogeny, byla často *B. lactucae* potlačována. Předpokládají, že důvodem proč se na některých populacích *L. serriola* nevyskytovala *B. lactucae*, byla vysoká infekce *G. cichoracearum* / *G. bolayi*.

Z výsledků analýzy ze sledovaného období 2001–2018 plyne, že nejvyšší výskyt *B. lactucae* na planých populacích *L. serriola* byl v červenci roku 2010 a v srpnu roku 2005. V obou jmenovaných obdobích byl nadprůměrný až vysoký srážkový úhrn. Pokud hodnotíme průměr četností výskytu *B. lactucae* v měsících červenci a srpnu, tak dominuje rok 2001, kdy se *B. lactucae* vyskytovala na 84,3 % sledovaných populací

*L. serriola*. V tomto roce byly srážkové úhrny nadprůměrné. Nejnižší hodnoty četnosti výskytu byly naměřeny v roce 2015, a to 2,6 %, přičemž tento rok byl úhrn srážek podprůměrný. V případě *G. cichoracearum* / *G. bolayi* byla nejvyšší četnost a jasná dominance tohoto patogenu zaznamenána v roce 2015. V tomto roce byl naměřen malý úhrn srážek. Oba dva patogeny se nejčastěji vyskytovaly v podobě stupně napadení ID=1.

Brown a Tellier (2011) zdůrazňuje schopnost patogenů vytvářet selekční tlaky na rostlinné populace. Přestože jsou díky nim eliminováni slabší jedinci a zůstanou tedy jen ti odolní, mají negativní vliv na výnosy rostlin. Jednou z možností jak tomu zabránit nám nabízí studium planých patosystémů. O důležitosti tohoto studia pojednávají ve svých pracích Garrett a Munt (1999) a Laine et al. (2011). Poukazují na fakt, že důvodem, proč jsou plané patosystémy odolnější vůči patogenům, je jejich velká genetická variabilita, díky níž je pro patogenu složitější rostlinu napadnout.

Studium planých patosystémů nám podává informace o vývoji a interakcích mezi planými populacemi rostlin a jejich patogeny. Je tedy velmi důležité se těmto studiím věnovat, a snažit se porozumět strategiím, díky kterým nejsou plané rostliny tak často infikovány patogeny. Získané informace se mohou využít při křížení planých a kulturních plodin, za cílem vyšlechtit odolné kulturní plodiny. Následně se pak mohou eliminovat, nebo alespoň zmírnit negativní vlivy patogenů na populacích kulturních rostlin, a tím přispět ke zvýšení objemu výnosů plodin.

Sběrové expedice jsou velmi důležité pro zaznamenávání výskytu a stupně napadení patogenů *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* na planých populacích *L. serriola*. Tato data mohou být cenná nejen pro porovnání výskytu obou patogenů, ale mohou být využita v rámci studia *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* vyskytujících se na kulturním salátu (*L. sativa*). Výsledky by mohly být nápomocné při odhadech budoucího vývoje potenciální nebezpečnosti obou těchto patogenů.

## 7 Závěr

Předložená bakalářská práce se zabývá studiem vztahů výskytu patogenů *Bremia lactucae* a *Golovinomyces cichoracearum* (později přejmenováno na *Golovinomyces bolayi*) na planých populacích *Lactuca serriola*. Cílem bylo zjistit četnost výskytu patogenů na *L. serriola* a jaký vliv mají srážky a teploty na výskyt těchto patogenů.

Po kompletní analýze výskytu *B. lactucae* a *G. cichoracearum* / *G. bolayi* na populacích *L. serriola* v letech 2001–2018 bylo zjištěno, že četnost zastoupení patogenů v jednotlivých letech velmi kolísala pravděpodobně vlivem klimatických změn. V druhé polovině sledovaného období byl zjištěn četnější výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi*. Nejvyšší výskyt *B. lactucae* byl zjištěn v roce 2001 a nejvyšší výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi* byl zaznamenán v roce 2014. Oba patogeny se nejčastěji vyskytovaly v podobě stupně napadení ID=1.

Dále byl zhodnocen vliv měsíčních úhrnů srážek a průměrných měsíčních teplot (zvláště pro červenec a srpen) na výskyt obou patogenů v planých populacích *L. serriola*. Průměrné úhrny srážek v jednotlivých měsících i letech značně kolísaly, stejně jako průměrné měsíční teploty. Na základě analyzovaných dat je velmi těžké sestavit přímou závislost mezi sledovanými klimatickými faktory a četností výskytu obou patogenů. Nicméně, pro vyšší výskyt *B. lactucae* jsou optimálními podmínkami vyšší srážkový úhrn a spíše nižší teploty. Naopak nižší srážkový úhrn a spíše vyšší teploty jsou ideální pro četnější výskyt *G. cichoracearum* / *G. bolayi*.



## 8 Přehled literatury

Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Lane, C. E., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S. S., Brown, M. W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D. H., McManus, H., Mitchell, E. A. D., Mozley-Stanridge, S. E., Parfrey, L. W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C. L., Smirnov, A. and Spiegel, F. W. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59 (5): 429–514.

Agrios, G., N. (2005): *Plant Pathology*. 5th Edition. Oxford. Elsevier Academic Press. 952 pp.

Bartoš, P. (1989): Genetika virulence patogena a rezistence hostitele. In Kůdela, V., Bartoš, P., Čača, Z., Dirlbek, J., Frič, F., Lebeda, A., Šebesta, J., Ulrychová, M., Valášková, E., Veselý, D. (1989): *Obecná fytopatologie*. Praha. Academia: 272–284.

Braun, U., Cook, R. T. A. (2012): *Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)*. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. Utrecht 11: 707pp.

Braun, U., Shin, H. D., Takamatsu, S., Meeboon, J., Kiss, L., Lebeda, A., Kitner, M., Götz, M. (2019): Phylogeny and taxonomy of *Golovinomyces orontii* revisited. *Mycological Progress* 18: 335–357.

Brown, J. K. M., Tellier, A. (2011): Plant-Parasite Coevolution: Bridging the Gap between Genetics and Ecology. *Annual Review of Phytopathology* 49: 345–367.

Burdon, J. J. (1993): The structure of pathogen populations in natural plant communities. *Annual Review of Phytopathology* 31: 305–323.

Crute, I. R. (1992): From breeding to cloning (and back again?): A case study with lettuce downy mildew. *Annual Review of Phytopathology* 30: 485–506.

Crute, I. R., Pink, D. A. C. (1996): Genetics utilization of pathogen resistance in plants. *The Plant Cell* 8 (10): 1747-1755.

Čača, Z., Veverka, S. (1981): Zemědělské fytopatologie: návody do cvičení. Brno. Vysoká škola zemědělská. 319 pp.

Doerge, R. W. (2002): Mapping and analysis of quantitative trait loci in experimental populations. *Nature Reviews. Genetics* 3 (1): 43-52.

Doležalová, I., Křístková, E., Lebeda, A., Vinter, V. (2002): Description of morphological characters of wild *Lactuca L.* spp. genetic resources. *Horticultural Science* 29 (2): 56–83.

Feráková, V. (1977): The genus *Lactuca L.* in Europe. Bratislava. Komenský University Press. 122 pp.

Fry, W. (2008): "Phytophthora infestans: The plant (and R gene) destroyer". *Molecular Plant Pathology* 9 (3): 385–402.

Funk, V. A., Susanna, A., Stuessy, T. F., Bayer, R. J. (2009): Systematics, evolution and biogeography of the Compositae. Vienna: IAPT. 965 pp.

Garrett, K. A., Mundt, C. C. (1999): Epidemiology in mixed host populations. *Phytopathology* 89 (11): 984–990.

Gilbert, G. S. (2002): Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 40 (1): 13–43.

Grim, J. P. (2001): Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. John Wiley and Sons, Chichester. 416 pp.

Grube, R. C., Ochoa, O. E. (2005): Comparative genetic analysis of field resistance to downy mildew in the lettuce cultivars 'Grand Rapids' and 'Iceberg'. *Euphytica* 142: (3) 205–215.

Grulich., V. (2004): *Lactuca L.* – locika. In: Slavík B., Štěpánková J. (eds.): Květena České republiky. Díl 7. Praha. Academia: 487–489.

Harmath., J. (2004): *Asteraceae*. In: Slavík B., Štěpánková J. (eds.): Květena České republiky. Díl 7. Praha. Academia. 62 pp.

Chytrý, M. (2009): Vegetace České republiky 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. Praha. 524 pp.

Jehlik, V. (ed.). (1998): Cizí expanzivní plevele České republiky a Slovenské republiky. Praha. Academia. 506 pp.

Kalina, T., Váňa, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha. Karolinum. 606 pp.

Knauerová, M., Drnková, J. (2017): Atlas bylin. Brno. Edika. 141 pp

Křístková, E., Lebeda, A., Novotná, A., Doležalová, I., Berka, T. (2014): Morphological variation of *Lactuca serriola* L. achenes as a function of their geographic origin. Acta Botanica Croat 73 (1): 1-19.

Kúdela, V., Bartoš, P., Čača, Z., Dirlbek, J., Frič, F., Lebeda, A., Šebesta, J., Ulrychová, M., Valášková, E., Veselý, D. (1989): Obecná fytopatologie. Praha. Academia. 387 pp.

Laine, A. L., Burdon, J. J., Dodds, P. N., Thrall, P. H. (2011): Spatial variation in disease resistance: from molecules to metapopulations. Journal of Ecology 99 (1): 96–112.

Lebeda, A. (1994): Evaluation of wild *Lactuca* species for resistance to natural infection of powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum*). Genetic Resources and Crop Evolution 41 (1): 55–57.

Lebeda, A. Doležalová, I. Křístková, E. Mieslerová, B. (2001): Biodiversity and ecogeography of wild *Lactuca* spp. in some European countries. Genetic Resources and Crop Evolution 48 (2): 153–164.

Lebeda, A., Bartoš, P., Jendrulek, T. (1988): Šlechtění rostlin na odolnost k chorobám. Praha. Československá akademie zemědělská. 214 pp.

Lebeda, A., Doležalová, I., Feráková, V., Astley, D. (2004): Geographical Distribution of Wild *Lactuca* Species (*Asteraceae*, *Lactuceae*). The Botanical Review 70 (3): 328–356.

Lebeda, A., Doležalová, I., Křístková, E., Dehmer, K. J., Astley, D., Van de Wiel, C. C. M., Van Treuren, R. (2007): Acquisition and ecological characterization of *Lactuca serriola* L. germplasm collected in Czech republic, Germany, the Netherlands and United Kingdom. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54 (3): 555-562.

Lebeda, A., Křístková, E., Kitner, M., Mieslerová, B., Jemelková, M., Pink, A. C. D. (2014): Wild *Lactuca* species, their genetic diversity, resistance to diseases and pests, and exploitation in lettuce breeding. *Europe Journal for Plant Pathology* 138 (3): 597-640.

Lebeda, A., Mieslerová, B. (2011): Taxonomy, distribution and biology of lettuce powdery mildew (*Golovinomyces cichoracearum sensu stricto*). *Plant Pathology* 60 (3): 400-415.

Lebeda, A., Mieslerová, B., Huszár, J., Sedláková, B. (2017): Padlí kulturních a planě rostoucích rostlin. Olomouc. Agriprint. 1: 359 pp.

Lebeda, A., Petrželová, I., Maryška, Z. (2008c): Structure and variation in the wild-plant pathosystem: *Lactuca serriola* - *Bremia lactucae*. *Europe Journal for Plant Pathology* 122 (1): 127-146.

Lebeda, A., Pink, D. A. C., Astley, D. (2002): Aspects of the interactions between wild *Lactuca* spp. and related genera and lettuce downy mildew (*Bremia lactucae*). In P. T. N. Spencer-Phillips, U. Gisi, A., Lebeda (Eds.) *Advances in downy mildew research* Dordrecht. Kluwer: 85-117.

Lebeda, A., Sedlářová, M., Petřivalský, M., Prokopová, J. (2008a): Diversity of defence mechanisms in plant–oomycete interactions: a case study of *Lactuca* spp. and *Bremia lactucae*. *Europe Journal for Plant Pathology* 122 (1): 71-89.

Lebeda, A., Spencer-Phillips, R. T. N., Cooke, B. M. (2008b): The Downy Mildews – Genetics Molecular Biology and Control. *Europe Journal for Plant Pathology*. Springer. 122 (1): 200.

López, E. G., Jiménez, A. C. (1974): ELENCO de la flora vascular Espanola (Peninsula y Baleares). ICONA. Madrid. 2

- McDermott, J. M., McDonald, B. A. (1993): Gene flow in plant pathosystems. *Annual Review of Phytopathology* 31 (1): 353–373.
- Mejías, J. A. (1994): Self-fertility and associated flower head traits in the Iberian taxa of *Lactuca* related genera *Asteraceae*, *Lactuceae*. *Plant Systematics and Evolution* 191 (3-4): 147–160.
- Mieslerová, B., Lebeda, A., Petrželová, I., Korbelová, P. (2013): Incidence of Lettuce Downy Mildew (*Bremia lactucae*) and Powdery Mildew (*Golovinomyces cichoracearum*) in Natural Population of Prickly Lettuce (*Lactuca serriola*). *Plant Protection Science* 39: 24–32.
- Mysore, K. S., Ryu, C. M. (2004): Nonhost resistance: how much do we know?. *Trends in plant science* 9 (2): 97–104.
- Nessler, C. L. (1976): A systematic survey of the tribe Cichorieae in Virginia USA. *Castanea* 41 (3): 226-248.
- Novák, F. A. (1972): Vyšší rostliny: Tracheophyta. 2. Praha. Academia: 507-987.
- Novák, J., Skalický, M. (2012): Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Praha. Powerprint. 275 pp.
- Parlevliet, J. E. (1979): Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology* 17: 203–222.
- Paulech, C. (1995): Flóra Slovenska X/1 *Mycota* (Huby), *Ascomycetes* (Vreckaté), *Erysiphales* (Múčnatkotvaré). Bratislava. Veda. 291 pp.
- Petrželová, I., Lebeda, A. (2004): Occurrence of *Bremia lactucae* in natural populations of *Lactuca serriola*. *Journal of Phytopathology* 152 (7): 391–398.
- Petrželová, I., Lebeda, A. (2010): Distribution of race-specific resistance against *Bremia lactucae* in natural populations of *Lactuca serriola*. *European Journal of Plant Pathology* 129 (2): 233-253.
- Prince, D. S., Carter, R. N. (1977): Prickly lettuce (*Lactuca serriola* L.) in Britain. *Watsonia* 11: 331-338.

Raduška, D., Šomšák, L., Háberová I. (1986): Barevný atlas rostlin. Obzor. Bratislava. 228 pp.

Robinson, R. A. (1996): Chapter 10: Pathosystems: Wild Pathosystems and Crop Pathosystems. In: Return to resistance. Ag Access, Davis, California: 67-73.

Štěpánek., J. (2004): *Asteraceae*. In: Slavík B., Štěpánková J. (eds.) Květena České republiky. Díl 7. Praha. Academia: 59–62.

Takamatsu, S., Matsuda, S., Grigaliunaite, B. (2013): Comprehensive phylogenetic analysis of the genus *Golovinomyces* (Ascomycota: Erysiphales) reveals close evolutionary relationships with its host plants. Mycologia 105 (5): 1135–1152.

Townsend, R. C., Begon, M., Harper, J. L. (2010): Základy ekologie. Olomouc. Univerzita Palackého. 505 pp.

Voglmayr, H. (2008): Progress and challenges in systematics of downy mildews and white blister rusts: new insights for genes and morphology. European Journal of Plant Pathology 122: 3–18.

#### **Internetové zdroje:**

Agromanual.cz [online]. [cit. 29. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/fungicidy>

Dohnal, J. (1971): *Lactuca serriola* L. (locika kompasová). Botanická fotogalerie. [online]. [cit. 1. 2. 2018]. Dostupné z: [http://www.botanickafotogalerie.cz/cz/Lactuca\\_serriola/](http://www.botanickafotogalerie.cz/cz/Lactuca_serriola/)

Juroch, J. (2011): *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary původce chorob plísně bramboru a rajčete. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [online]. [cit. 12. 4. 2019]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/file/125259/plisen.pdf>

Matheron, M. E. (2015): Biology and Management of Downy Mildew of Lettuce. College of Agriculture. University of Arizona. [online]. [cit. 15. 5. 2018]. Dostupné z: <https://arizona.openrepository.com/arizona/bitstream/10150/579516/1/az1682-2015.pdf>

McDonald, B. A. (2004): Population Biology: The Epidemiology and population genetics of plant pathogens. Institute of Plant Sciences/Phytopathology. Federal institute of Technology. Zurich. [online]. [cit. 30. 3. 2019]. Dostupné z: <https://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/PopGenetics/Pages/default.asp>

x

Mihulka, S (2013): Kdo spáchal Velký irský hladomor? Gate2Biotech [online]. [cit. 03. 04. 2018]. Dostupné z: <http://www.gate2biotech.cz/kdo-spachal-velky-irsky-hladomor/>

Plíseň salátová, Atlas: Profesionální informace pro agronomy. Agromanual.cz [online]. [cit. 03. 04. 2018]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/plisen-salatova>

Raid, R. N., Datnoff, L. E. (2003): Downy Mildew of Lettuce. University of Florida. [online]. [cit. 30. 3. 2018]. Dostupné z: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/VH/VH04400.pdf>

Sedlářová, M. (2004a): *Bremia lactucae*. Old botany. [online]. [cit. 29. 3. 2018]. Dostupné z: <http://old.botany.upol.cz/atlas/system/image.php?filename=oomycota%2F2f--bremia--konidiofor.jpg&width=480&height=644&latin=Bremia%20lactucae&czech=PI%EDse%F2%20sal%E1tov%E1&descr=konidiofor%20Bremia%20lactucae>

Sedlářová, M. (2004b): *Golovinomyces cichoracearum*. Old Botany. [online]. [cit. 29. 3. 2018]. Dostupné z: <http://old.botany.upol.cz/atlas/system/image.php?filename=ascomycetes%2Ferysiphales%2Fgolovinomyces-cichoracearum.jpg&width=504&height=348&latin=Golovinomyces%20cichoracearum&czech=Padl%ED%20tykvovit%FDch&descr=konidiofor%20s%20konidiemi-nepohlavn%ED%20rozmno%9Eov%E1n%ED>

Sedlářová, M. (2007): *Golovinomyces cichoracearum*. Old botany. [online]. [cit. 29. 3. 2018]. Dostupné z: [http://old.botany.upol.cz/atlas/system/image.php?filename=ascomycetes%2Ferysiphales%2FG.cich-Cirsium\\_arvense.jpg&width=350&height=263&latin=Golovinomyces%20cichoracear](http://old.botany.upol.cz/atlas/system/image.php?filename=ascomycetes%2Ferysiphales%2FG.cich-Cirsium_arvense.jpg&width=350&height=263&latin=Golovinomyces%20cichoracear)

um&czech=Padl%ED%20%E8ekankov%E9&descr=padl%ED%20na%20Cirsium%20ar  
vense



## 9 Přílohy



## Pracovní list

**Téma:** Vzájemné vztahy padlí čekankového a plísně salátové na planých populacích lociky kompasové.

**Úkol č. 1:** Zařaď padlí čekankové, plíseň salátovou a lociku kompasovou do systému, dopiš jejich latinské názvy, a kde se s těmito organismy můžeme setkat.

**Padlí čekankové**

**Plíseň salátová**

**Locika kompasová**


**Úkol č 2:** Stručně charakterizuj lociku kompasovou.

**Lodyha:**

**Listy:**



**Květ:**

**Plod:**

**Úkol č. 3:** Vysvětli pojmy r-stratég, obligátní parazit a rezistence

**r-stratég:**

**obligátní parazit:**

**rezistence:**

**Úkol č. 4:** Jaký má význam studium ločiky kompasové a jejích patogenů.



**Úkol č. 5:** Napiš, který patogen je na obrázku na listech lociky kompasové.

1)



2)



1)

2)

**Úkol č. 6:** Napiš, co je to patosystém a rozdíl mezi planými a kulturními patosystémy.



## Pracovní list

**Téma:** Vzájemné vztahy padlí čekankového a plísně salátové na planých populacích lociky kompasové.

**Úkol č. 1:** Zařad' padlí čekankové, plíseň salátovou a lociku kompasovou do systému, dopiš jejich latinské názvy.

Padlí čekankové	Plíseň salátová	Locika kompasová
Ř. Fungi	Ř. SAR	Ř. rostliny
Odd. Ascomycota	Podř. Stramenopila	Podř. cévnaté rostliny
Pododd. Pezizomycotina	Odd. Oomycota	Odd. krytosemenné
Tř. Leotiomyces	Podod. Oomycetes	Tř. dvouděložné
řád Erysiphales	Tř. Peronosporales	Řád hvězdicotvaré (Asterales)
Rod <i>Golovinomyces</i>	Podtř. Peronosporaceae	Čeleď hvězdicovité (Asteraceae)
	Rod <i>Bremia</i>	Rod <i>Lactuca</i>
<i>Golovinomyces</i> <i>cichoracearum</i>	<i>Bremia lactucae</i>	<i>Lactuca serriola</i>

**Úkol č 2:** Stručně charakterizuj lociku kompasovou.

**Lodyha:** Vzpřímená, tuhá a plná lodyha. Nejčastěji bělavě zbarvená, popřípadě v rozmezí červené a fialové barvy.

**Listy:** Listy jsou u báze soustředěny v přízemní růžici, kracovité a osténkaté. Na lodyze jsou kopinaté, uspořádané ve dvou rovinách v severojižním směru.

**Květ:** Koruna je jazykovitá a žlutě zbarvená.



**Plod:** Plodem je dlouhá obvejčitá nažka o velikosti 3mm.

**Úkol č. 3:** Vysvětli pojmy r-stratég, obligátní parazit a rezistence.

**r-stratég:** Jsou to rostliny s velkou a rychlou reprodukční schopností. Dokáží rychle klíčit a tím přispívají k rychlému zvýšení biomasy. Dokáží rychle expandovat na nová stanoviště a využívat volně přístupné zdroje. Tato stanoviště jsou buď nově vytvořená, nebo disturbovaná. R-stratégové vkládají do rozmnožování velké množství energie. Na stanovištích, která obývají, nedochází k velké konkurenci, proto si mohou dovolit vkládat energii spíše do rozmnožování než do velkého vzrůstu.

**obligátní parazit:** Je to druh parazitismu, kdy parazit není schopen žít, nebo se rozmnožovat bez svého hostitele.

**rezistence:** Jedná se o schopnost organismů odolávat patogenům. Rezistenci můžou ovlivňovat okolní podmínky či stáří rostliny.

**Úkol č. 4:** Jaký má význam studium lociky kompasové a jejich patogenů.

Locika kompasové je planě rostoucí příbuzný druh kulturně pěstovaného salátu setého. Locika slouží jako zdroj či dárce genů rezistence. Hlavní úlohou těchto genů je předat funkci odolnosti či schopnost vzdorovat patogenům či škůdcům. Hlavním cílem je tedy vyšlechtit odolný salát setý metodou hybridizace.



**Úkol č. 5:** Napiš, který patogen je na obrázku na listech lociky kompasové.

1)



2)



1) Plíseň salátová

2) Padlí čekankové

**Úkol č. 6:** Napiš, co je to patosystém a rozdíly mezi planými a kulturními patosystémy.

Patosystémy jsou definované jako specifický subsystém ekosystému, který zahrnuje parazitické vztahy. Plané patosystémy nejsou ovlivněny činností člověka a rostou volně všude kolem nás. Mohou se lišit velikostí populace, hustotou, prostorovým rozložením a v genetické variabilitě hostitelské populace.