

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra botaniky



Rozšíření, hostitelský okruh a škodlivost plísně okurkové v České republice v letech 2010–2015

Mgr. Kateřina Machová

Diplomová práce

předložená

na Katedře botaniky

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Učitelství biologie pro střední školy – Učitelství geologie a ochrany

životního prostředí pro střední školy

Vedoucí práce prof. Ing. Aleš Lebeda, DrSc.

Olomouc 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením pracovníků KB PŘF UP s použitím odborné literatury, které jsem řádně citovala a uvádím je na konci v seznamu literatury.

V Olomouci dne

.....
podpis

MACHOVÁ K. 2016. Rozšíření, hostitelský okruh a škodlivost plísně okurkové v České republice v letech 2010-2015. [Diplomová práce]. Olomouc: Katedra botaniky PřF UP v Olomouci, 83 s., 4 přílohy, česky.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá rozšířením, hostitelským okruhem a škodlivostí plísně okurkové (plísně dýňovitých, původce *Pseudoperonospora cubensis*) ve vybraných regionech České republiky v letech 2010 až 2015. Práce navazuje na předchozí sledování z let 2001 až 2009 realizovaná týmem prof. A. Lebedy na Katedře botaniky PřF UP v Olomouci. V rámci mnou hodnocených let byly získány údaje ze 130 lokalit. Výsledky práce dokumentují vysokou variabilitu patogenu ve sledovaných parametrech. Prevalence onemocnění se pohybovala od 61 % do 82 % a, podobně jako intenzita choroby, se v jednotlivých letech i v rámci různých hostitelských druhů lišila. Celkově byla četnost výskytu choroby v letech 2010–2015 nižší, než v předchozích letech. Samostatně byl hodnocen druh *Cucumis sativus* a druhy rodu *Cucurbita*. V případě druhu *C. sativus* prevalence *P. cubensis* odpovídala situaci do roku 2009, zatím co u hostitelských rostlin rodu *Cucurbita* byl ve srovnání s dřívějším obdobím (do roku 2009) pozorován nárůst prevalence choroby. Napadení *P. cubensis* na dalších druzích tykvovitých zelenin bylo ve sledovaném období pozorováno ojediněle, což odpovídá situaci v populaci *P. cubensis* do roku 2009. Plíseň vykazovala určitou prostorovou variabilitu v rámci historických regionů České republiky. Statistický test prokázal existenci rozdílu v závažnosti napadení i mezi první a druhou polovinou sledované sezóny v rámci jednoho roku.

Klíčová slova: Česká republika, intenzita napadení, plíseň dýňovitých, prevalence onemocnění, *Pseudoperonospora cubensis*, tykvovité

MACHOVÁ K. 2016. Distribution, Host Range and Disease Severity of *Pseudoperonospora cubensis* on Cucurbits in the Czech Republic in 2010-2015. [Diploma thesis]. Olomouc: Department of Botany, Faculty of Science UP in Olomouc, 83 pp., 4 attachments, in Czech

Abstract

Diploma thesis is focused on study and monitoring of distribution, host range and disease severity of cucurbit downy mildew, causal agent *Pseudoperonospora cubensis*, in some regions of the Czech Republic in 2010-2015. Recent work is related to the previous monitoring in the years 2001-2009 realized by the team of professor A. Lebeda, Department of Botany, Palacký University Olomouc. Data analyzed in this thesis were collected by members of prof. A. Lebedas team from about 130 localities. The obtained results documents high variability of the disease in monitored parameters. Prevalence of the disease ranged between 61 % to 82 % and the disease severity was changing even among the different host species. Generally, the prevalence of the disease in 2010-2015 was lower in comparison to previous monitored period (2001-2009). Separately were evaluated species *Cucumis sativus* and different host species from genus *Cucurbita*. Prevalence of *P. cubensis* on the species *C. sativus* corresponded with the situation until 2009 while the prevalence on the genus *Cucurbita* was higher. Infection of *P. cubensis* on other species of cucurbits was observed rarely during 2010-2015. That corresponds with the situation in *P. cubensis* population and disease occurrence until 2009. Disease expressed certain variability among the historical regions. Statistical evaluation proved the difference in the disease severity of the first and the second half of the monitored season.

Key words: cucurbit downy mildew, *Pseudoperonospora cubensis*, cucurbits, disease prevalence, disease severity, Czech Republic

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíle práce.....	13
3	Literární rešerše.....	14
	3.1 Plíseň dýňovitých – obecná charakteristika	14
	3.1.1 Infekční cyklus.....	15
	3.1.2 Ekologické aspekty infekčního cyklu	16
	3.1.3 Oospory – sexuální reprodukce a přezimování patogenu	19
	3.1.4 Hostitelský okruh plísně dýňovitých a charakteristika hostitelských druhů.....	19
	3.2 Rozšíření plísně dýňovitých ve světě.....	35
	3.3 Současná situace.....	36
	3.4 Plíseň dýňovitých v ČR.....	37
	3.4.1 Patogenní struktura populace plísně dýňovitých v České republice v letech 2001-2010	39
4	Materiál a metody.....	41
5	Výsledky.....	45
	5.1 Rok 2010	45
	5.2 Rok 2011	47
	5.3 Rok 2012	49
	5.4 Rok 2013	51
	5.5 Rok 2014	53
	5.6 Rok 2015	55
	5.7 Celkový přehled vývoje napadení plísní dýňovitých na zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015.....	57
	5.8 <i>Cucumis sativus</i>	60
	5.9 Rod <i>Cucurbita</i>	62
6	Diskuze.....	64
7	Závěr	71
8	Literatura.....	72
9	Přílohy	80

Seznam obrázků

Obrázek 1 Morfologie <i>Pseudoperonospora cubensis</i>	16
Obrázek 2 Napadení druhu <i>Cucumis sativus</i> plísní dýňovitých: A - napadený porost, B - svrchní strana napadeného listu, C - spodní strana napadeného listu.....	23
Obrázek 3 Napadení druhu <i>Cucumis melo</i> plísní dýňovitých: A - napadený porost, B - spodní strana napadeného listu.....	24
Obrázek 4 Napadení druhu <i>Cucurbita pepo</i> plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana napadeného listu.....	26
Obrázek 5 Napadení druhu <i>Cucurbita maxima</i> plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana napadeného listu.....	27
Obrázek 6 Napadení druhu <i>Cucurbita moschata</i> plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní napadeného strana listu.....	29
Obrázek 7 Napadení druhu <i>Citrullus lanatus</i> plísní dýňovitých: A – napadený porost, B- svrchní napadeného strana listu, C - spodní strana napadeného listu.....	31
Obrázek 8 Napadení druhu <i>Lagenaria siceraria</i> plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana listu.....	33
Obrázek 9 První výskyt <i>P. cubensis</i> na druhu <i>Cucurbita moschata</i> v České republice na lokalitě Kojetín na Olomoucku.....	38
Obrázek 10 Mapa lokalit monitorovaných v letech 2010-2015.....	44
Obrázek 11 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2010.....	45
Obrázek 12 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae zaznamenaných na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2010.....	46
Obrázek 13 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2011.....	47
Obrázek 14 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2011.....	48
Obrázek 15 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2012.....	49
Obrázek 16 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2012.....	50

Obrázek 17 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2013	51
Obrázek 18 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2013.....	52
Obrázek 19 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2014	53
Obrázek 20 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2014.....	54
Obrázek 21 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2015	55
Obrázek 22 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2015.....	56
Obrázek 23 Četnost výskytu plísně dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách ČR v letech 2010-2015	58
Obrázek 24 Intenzita napadení plísní dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010–2015	59
Obrázek 25 Četnost výskytu plísně dýňovitých na porostech okurky seté (<i>Cucumis sativus</i>) na sledovaných lokalitách ČR v letech 2010-2015	60
Obrázek 26 Intenzita napadení plísní dýňovitých na okurce seté (<i>Cucumis sativus</i>) na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015.....	61
Obrázek 27 Intenzita napadení plísní dýňovitých na hostitelských druzích rodu <i>Cucurbita</i> na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015	63

Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnocení škodlivosti plísně dýňovitých dle procenta pokryvnosti listů symptomy.....	41
Tabulka 2 Kraje navštívené v období 2010-2015	42
Tabulka 3 Množství navštívených krajů, okresů, suma navštívených lokalit a lokalit s druhem <i>C. sativus</i> v letech 2010-2015.....	42
Tabulka 4 Počty monitorovaných lokalit jednotlivých druhů v letech 2010-2015.....	43
Tabulka 5 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2010	46
Tabulka 6 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2011	47
Tabulka 7 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2012	49
Tabulka 8 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2013	51
Tabulka 9 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2014	53
Tabulka 10 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2015 ..	55
Tabulka 11 Četnost výskytu onemocnění plísní dýňovitých v letech 2010-2015 v rámci historických regionů České republiky	57
Tabulka 12 Detailní přehled počtu lokalit s výskytem či absencí plísně dýňovitých v letech 2010-2015 v rámci historických regionů České republiky	57
Tabulka 13 Počet sledovaných lokalit, prevalence a zastoupení jednotlivých stupňů napadení hostitelských druhů rodu <i>Cucurbita</i> v letech 2010-2015	62

Seznam příloh

1. Tabulka 14 Genetická diverzita plísně dýňovitých	80
2. Tabulka 15 Počty monitorovaných lokalit jednotlivých druhů v letech 2001-2009	81
3. Obrázek 28 Intenzita napadení plísní dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2001–2009.....	82
4. Historická klimatická data	
a. Tabulka 16 Průměrné teploty v České republice v měsících červen- září od roku 2001 do roku 2015.....	83
b. Tabulka 17 Průměrné množství srážek v České republice v měsících červen-září od roku 2001 do roku 2015.....	83

Poděkování

Ráda bych poděkovala RNDr. Boženě Sedlákové, Ph.D. za konzultace, odborné rady a ochotu pomoci při psaní této práce. Za poskytnutí tématu a vedení děkuji vedoucímu práce Prof. Ing. Aleši Lebedovi, DrSc..

Velice děkuji přátelům, kteří mě při psaní podporovali, a rodičům za trpělivost, pomoc a podporu při studiu.

1 ÚVOD

Plíseň dýňovitých (dříve plíseň okurková), která je způsobena oomycetou *Pseudoperonospora cubensis*, patří v České republice i ve světě mezi nejvýznamnější choroby tykvovitých rostlin. V České republice se od 80. let minulého století vyskytuje s různou intenzitou prakticky každoročně. Je rozšířená ve většině oblastí významných pro produkci tykvovité zeleniny (Lebeda a Cohen, 2011).

Nejčastějším hostitelem plísně dýňovitých je okurka setá (*Cucumis sativus*). Odtud byl patrně odvozen původní název plísně dýňovitých – plíseň okurková (užívaný např. v práci prof. Lebedy, 1990). Plíseň se ale vyskytuje i na dalších zástupcích čeledi tykvovitých. Kúdela a kol. (2013) už uvádějí nový český název, plíseň dýňovitých, odvozený podle alternativního názvu čeledě Cucurbitaceae - dýňovité.

Plíseň může být symptomaticky, intenzitou napadení a celkovou škodlivostí velmi proměnlivá (Lebeda a Cohen, 2011). Právě značná proměnlivost plísně a jejích projevů komplikuje sledování a ochranu proti infekci v napadených porostech. Plíseň dýňovitých patří mezi jedny z nejpodrobněji prostudovaných zástupců čeledi Peronosporomycetes. I přesto však v některých oblastech produkce tykvovité zeleniny klíčové informace o patogenu a jeho chování stále chybí (Lebeda et al., 2011).

Ze studií provedených v posledních letech je patrné, že se patogen stále vyvíjí. Přibývají noví hostitelé, objevují se nové patotypy a rasy (Lebeda a Cohen, 2011; Lebeda et al., 2013; Cohen et al., 2015). S ohledem na diverzitu patogenu a jeho celkový potenciál působit značné ekonomické škody, je sledování rozšíření i škodlivosti plísně dýňovitých více než žádoucí.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo:

- V rámci literární rešerše shrnout dosavadní poznatky o rozšíření, hostitelském okruhu a škodlivosti plísně dýňovitých s podrobnějším zaměřením na situaci v rámci České republiky.
- V praktické části zpracovat přehlednou prezentaci dat o rozšíření, hostitelském okruhu a škodlivosti plísně dýňovitých v České republice v letech 2010–2015.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Plíseň dýňovitých – obecná charakteristika

Plíseň dýňovitých, *Pseudoperonospora cubensis* [(Berkeley & M. A. Curtis) Rostovzev] byla poprvé vědecky zaznamenána v devatenáctém století. V roce 1868 ji objevili Berkeley a Curtis na herbářových položkách pocházejících z Kuby (Lebeda a Cohen, 2011). V roce 1904 pak byla plíseň identifikována na živé rostlině v botanické zahradě v Moskvě (Skalický, 1961 in Lebeda a Cohen 2011).

Taxonomicky se *Pseudoperonospora cubensis* řadí do říše Straminipila; oddělení Oomycota; třídy Oomycetes; řádu Peronosporales; čeledi Peronosporaceae a rodu *Pseudoperonospora*; (Savory et al., 2011). Nejbližším příbuzným druhem *P. cubensis* je *Pseudoperonospora humuli*. Podle některých studií se pravděpodobně jedná o konspicivický druh *P. cubensis* (Choi et al., 2005).

Symptomy infekce se na hostitelské rostlině projevují především na listech. Typickým symptomem infekce jsou žilnatinou ohraničené nebo i neohraničené chlorotické léze na svrchní straně listu, které postupně tmavnou, až nekrotizují (Savory et al., 2011). Primární léze mají velikost mezi 3–10 mm. S rozvojem infekce se tyto léze spojují a pokrývají větší souvislé plochy až celý list (Lebeda a Cohen, 2011).

Symptomy se mohou velikostí, tvarem a vývojem u různých hostitelů lišit. Mohou se lišit jak na úrovni druhů, tak na úrovni genotypů (Lebeda a Cohen, 2011; Savory et al., 2011). Například na hostitelském rodu *Luffa* se objevují nepravidelné žilkami ohraničené léze. Na druhu *Cucumis melo* (cukrovém melounu) a druhu *Citrullus lanatus* (vodním melounu) bývají žilky neohraničené (Lebeda a Cohen, 2011). Symptomy mohou být také ovlivněné počasím. V extrémně humidním prostředí se objevují léze výrazně nasáklé vodou (Lebeda a Cohen, 2011). Naopak za velmi horkého a suchého počasí se rychleji objeví nekróza (Cohen a Rotem, 1971b in Savory et al. 2011).

V reprodukčním období provází symptomy na svrchní straně listů také symptomy na spodní straně listu (Choi et al., 2005). Produkce sporangií se zde projevuje jako šedohnědé až tmavě fialové skvrny, velikostí a barvou závislé na množství a stáří sporangií. Sporangia časem tmavnou (Colluci a Holmes, 2010). Kromě listů byla sporangia výjimečně zaznamenána i na stoncích, řapících listů, úponcích a stopkách silně infikovaného druhu *C. melo* (Lebeda a Cohen, 2011). Plíseň dýňovitých nevykazuje symptomy systémové infekce (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011).

3.1.1 Infekční cyklus

Plíseň dýňovitých se rozmnožuje jak asexuálně, tak sexuálně (Cohen a Rubin, 2012). V případě asexuální reprodukce produkuje patogen sporangiofory na spodní straně listů (Obr. 1 a, f) (Lebeda a Cohen, 2011).

Ze sporangioforů se uvolňují sporangia (Obr. 1 b). Sporangia jsou šířena nejčastěji větrem. Po přistání na povrchu hostitelské rostliny vyklíčí za vhodných vlhkostních a teplotních podmínek ze sporangií 5-15 dvoubičkatých zoospor (Obr. 1 c) (Colluci a Holmes, 2010; Savory et al., 2011). Zoospory aktivně plavou ke stomatálním otvorům. Zde se zahnízdí, vyklíčí a pronikají dále do rostliny (Obr. 1 g) (Colluci a Holmes, 2010).

Oomycety jsou mezi mikroparazity rostlin unikátní tím, že dokáží porušit celistvý povrch hostitelské rostliny, Následná infekce se pak rychle rozvíjí (Soanes et al., 2007). Plíseň dýňovitých během procesu infekce neprodukuje žádné toxiny (Švábová a Lebeda, 2005) Produkuje pouze enzymy potřebné pro tuto primární penetraci (Lebeda et al., 2001).

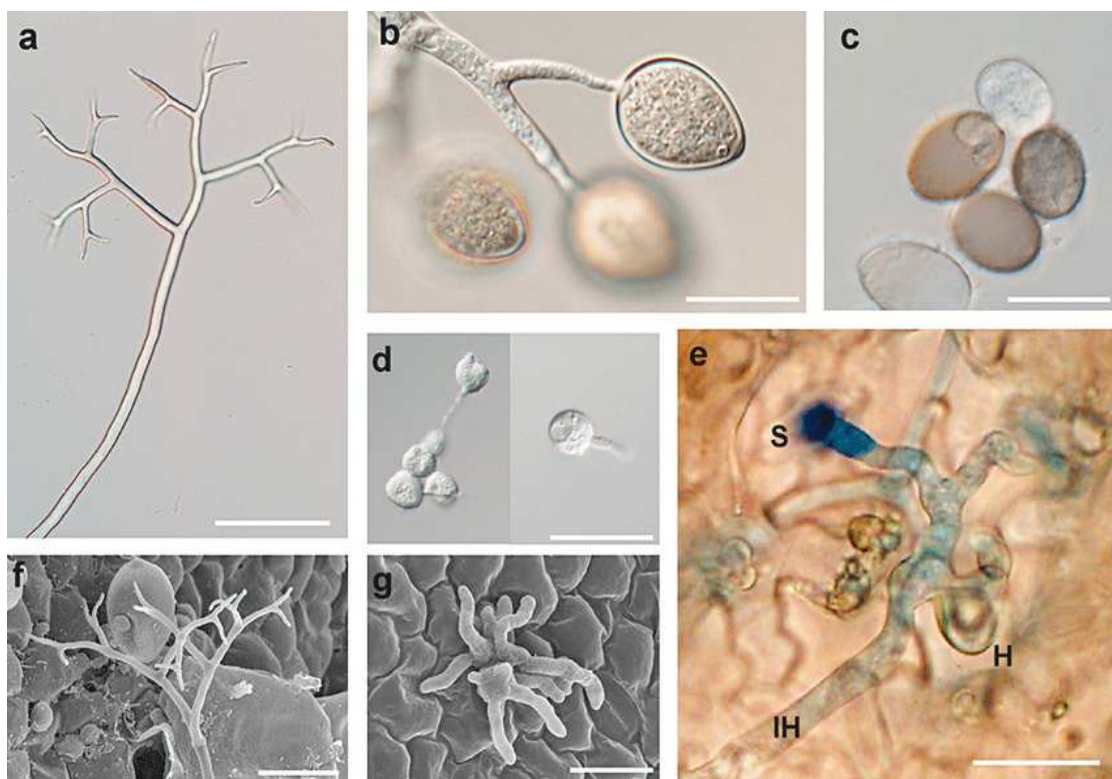
Z cysty v infikované rostlině vyklíčí klíčící hyfa (Obr. 1 d). Ta se následně vyvíjí v appressorium a penetrační hyfu, která kolonizuje intercelulární prostory mezofylu a palisádového pletiva (Colluci a Holmes, 2010). U rezistentních rostlin proces kolonizace zformováním penetrační hyfy končí. V případě nerezistentních hostitelů penetrační hyfy dále provází haustoria. Ta prorůstají do buněk hostitele a zajišťují patogenu výměnu živin s hostitelským organismem, (Obr. 1 e) (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011).

S rozvojem infekce dochází v rostlině k řadě potenciálně škodlivých fyziologických a metabolických změn. Zásadní a výrazná je zejména změna v obsahu a distribuci vody v rostlině. Ta je následkem poškození listové kutikuly (Bassanezi et al., 2002), semipermeabilní buněčné membrány a inhibice mechanismů otevírání a zavírání stomat (Felle et al., 2004). Inhibice mechanismu otevírání a zavírání stomat může následně vést k redukci transpirace (Chaerle a Straeten, 2001 in Oerke et al. 2006), zhoršení funkce částí xylému a nakonec k defoliaci rostliny (Bassanezi et al., 2002).

Nižší obsah vody se v postiženém pletivu objevuje již do dvou dnů po inokulaci. Ke krátkodobému zvýšení obsahu vody dochází po objevení chlorotických lézí, které jsou projevem katabolické reakce chloroplastů. Související ztráta elektrolytů v napadeném pletivu snižuje jeho osmotický tlak. Určitou část vody také spotřebuje samotný parazit (Oerke et al., 2006).

Na povrchu listů se následkem výše popsaných negativních změn nejprve objeví již popisované typické léze (např. Obr. 2). Tyto léze se pak dále rozšiřují. V závislosti na podmínkách prostředí mohou nekrotizovat, jejich barva se mění ze žluté na hnědou až černou. V několika dnech může dojít k destrukci celého listu (Spencer, 1981 in Oerke et al. 2006). Časná nekróza na napadených listech je typickou reakcí rezistentních rostlin. Rychlou nekrotizací napadených částí se rostlina brání dalšímu šíření patogenu (Cohen et al., 1981 in Lebeda a Cohen 2011).

Na chlorotických lézích určitého stáří, nikoli na nekrotických, se za příznivých vlhkostních podmínek po několika dnech objeví sporulace. Infekční cyklus parazita se opakuje (Lebeda a Cohen, 2011).



Obrázek 1 Morfologie *Pseudoperonospor*y *cubensis*. (a) Sporangiofor (měřítko, 50 µm). (b) Sporangia na distálním konci sporangioforu. (c) Klíčící sporangia (d) Vlevo: zoospory. Vpravo: zoospora s klíční hyfou (e) Intracelulární růst: H, haustorium; IH, intracelulární hyfa; S, stomata. (f) Sporangiofor pod elektronovým mikroskopem (měřítko, 20 µm). (g) Větší množství sporangiofor pronikajících stomatálním otvorem (bměřítka, 20 µm). Měřítka 25 µm, s výjimkou zvláště popsaných (Savory et al., 2011)

3.1.2 Ekologické aspekty infekčního cyklu

Načasování celého infekčního cyklu závisí na více environmentálních faktorech. Pro uvolnění spor je důležitá teplota. Podle studie Cohena (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011) by se měla pohybovat v rozmezí od 9° C do 30° C. Pro uvolnění spor může

být také nápomocné střídavé vysychání a zvyšování vlhkosti vzduchu typické v ranních hodinách (Colluci a Holmes, 2010).

Spory plísně dýňovitých se na delší vzdálenosti šíří vzduchem (Grabowsky, 2016). Jejich koncentrace v ovzduší je jedním z určujících faktorů načasování začátku onemocnění (Cohen, 1977). Další způsoby šíření mohou být: transport s rostlinným odpadem, tekoucí vodou nebo na náčiní, technice a rukou ošetřujících pracovníků (Grabowsky, 2016). Poměrně novým objevem byl výskyt sporangii se sporami plísně na ovoci, semenech a v jednom případě i na embryu infikovaných rostlin (Cohen et al., 2014).

Další šíření patogenu závisí také na environmentálních faktorech. Svou roli ale hrají také časové a vzdálenostní parametry a závažnost onemocnění na zdrojové ploše (Neufeld et al., 2013).

Z časového hlediska nastává vrchol šíření spor okolo osmé hodiny ráno. Začíná s úsvitem, kdy se zvedají teploty a snižuje se RH (relativní vlhkost vzduchu), a pokračuje zhruba do čtvrté hodiny odpoledne (Lebeda a Cohen, 2011). Neufeld et al. (2013) pozorovali diurnální vzorec v uvolňování spor. Maximum nastávalo okolo 9. hodiny ráno. Množství uvolněných spor podle této studie rostlo se závažností onemocnění pouze do určité hodnoty a poté opět klesalo. Nejnižší produkce spor tedy měla souvislost s nejnižšími a nejvyššími hodnotami napadení.

Z dalších faktorů vykazovala korelaci s koncentrací spor rychlost větru a výška nad napadenou rostlinou, která sloužila jako zdroj inokula. Nejvíce spor opouštělo sporangiofory při rychlostech větru vyšších než $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a nejvyšší koncentrace spor byla zaznamenána zhruba půl metru nad napadenou rostlinou (Neufeld et al., 2013).

Přežití spor po úspěšné infekci rostliny je limitováno na 1–16 dní (Cohen a Rotem, 1971b in Savory et al. 2011). Je ovlivněno teplotou, relativní vlhkostí vzduchu (Lebeda a Cohen, 2011) a zejména solární radiací (Kanetis et al., 2010). Nejvíce spor se na hostitelské rostlině objevuje v noci (Cohen a Eyal, 1977 in Lebeda a Cohen 2011), pokud je RH >90% po alespoň 6 hodin (Zitter et al., 1996 v Oerke et al. 2006). Příliš krátké trvání příznivých vlhkostních podmínek má negativní vliv na úspěšnost infekce. Může vést k úplnému vysušení sporangii. Většina sporangii pak není schopna vyklíčit (Cohen a Rotem, 1971a).

Inkubační doba, tedy doba mezi kontaktem inokula s hostitelskou rostlinou a projevením prvních symptomů, se v závislosti na zmíněných podmínkách pohybuje v rozmezí 4–12 dní (Lebeda, 1986 in Lebeda a Cohen 2011). Cohen a Eyal (1977

v Lebeda a Cohen 2011) uvádí mírně odlišnou dobu, závislou na koncentraci primárního inokula. Podle jejich pozorování se první symptomy objevují do 3–4 dnů při vysoké koncentraci inokula (1000 sporangií na cm² listu) a po 7 až více dnech při nízké koncentraci (10 sporangií na cm²). Cohen (1977) uvádí koncentraci 10 sporangií na cm² za příznivých podmínek jako minimální koncentraci k vypuknutí infekce.

Pro klíčení spor je určující délka přítomnosti volné vody v kombinaci s teplotou (Arauz et al., 2010). Minimální doba trvání příznivých vlhkostních podmínek, v tomto případě přítomnosti volné vody na listu rostliny, jsou dvě hodiny (Cohen, 1977). Starší studie uváděly ideální teplotu příznivou pro klíčení spor a infekci mezi 15–20° C (Cohen, 1977). Podle novějších studií může být teplota v rozmezí až 30–35° C (Neufield a Oijambo, 2013; Arauz et al., 2010).

Klíčení spor je dále závislé na citlivosti či naopak rezistenci hostitele. V závislosti na tomto faktoru se úspěšně vyklíčí sporangia objevují na hostitelských rostlinách s různou četností (Cohen, 1976 in Lebeda a Cohen 2011).

Příznivější světelné podmínky během inkubační doby podporují růst penetrační hyfy a haustorií. To se následně projeví větší velikostí lézí na listech (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011). Studie provedená na základě takzvaného „risk treshold modelu“ uvádí, že druh *Cucumis sativus* byl infikován a vykazoval symptomy do 7 dní po kontaktu s inokulem při teplotě mezi 5–30° C a periodách s příznivými vlhkostními poměry od 1–5 h (Neufield a Oijambo, 2012). Podle polního experimentu provedeného v Indii byly příznivými iniciačními podmínkami pro šíření a rozvoj onemocnění plísni dýňovitých: vyšší vlhkost (RH>94%), průměrná teplota mezi 24–30° C a doba trvání příznivých vlhkostních podmínek ne kratší než 8 hodin (Ghosh et al., 2015).

Dalšími faktory, určujícími povahu a intenzitu interakce parazita s hostitelem, jsou: rychlost růstu listů hostitele, fyziologický věk hostitele, rychlost nekrotizace lézí (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011) a genotyp hostitele (Lebeda, 1990).

Následnou kolonizaci pletiv hostitelské rostliny a projev symptomů nejvíce ovlivňuje teplota vzduchu. Nižší teploty zpožďují projevy symptomů, naopak vyšší teploty celý proces urychlují. Teplota tedy má vliv na celkovou závažnost onemocnění rostlin plísni dýňovitých (Arauz et al., 2010).

Sporangiofory se na infikované rostlině objevují během 5–7 dní při vlhkosti větší než 90 % (Lebeda a Cohen, 2011). Rozvoji parazita naopak neprospívá suché teplé počasí. Suché podmínky podporují nekrotizaci hostitelské tkáně, se kterou hyne i sám

parazit (Cohen, 1981 in Lebeda a Cohen 2011). Plíseň dýňovitých je polycyklický druh (Savory et al., 2011). Nový infekční cyklus parazita začíná do 7–14 dní (Kranz, 2003).

3.1.3 Oospory – sexuální reprodukce a přezimování patogenu

Sexuální reprodukce je u patogenu vzácná (Lebeda a Cohen, 2011; Neufeld et al., 2013). Spočívá v produkci oospor. Úspěšná reprodukce patogenu pomocí oospor však byla zatím pozorována pouze v laboratorních podmínkách. Bylo zjištěno, že některé patotypy nejsou sexuální reprodukce schopné ani v prodloužených inkubačních podmínkách. Naopak při zkřížení některých patotypů k produkci oospor docházelo (Cohen a Rubin, 2012).

Patogen nepřežívá ve formě aktivního mycelia v oblastech, kde zimní teploty klesají pod bod mrazu. Je tedy stále otázkou, kde, jak a jestli vůbec patogen v těchto oblastech přezimuje. V severních šířkách může být šíření infekce způsobeno transportem spor z jižnějších regionů (Lebeda a Cohen, 2011). Tuto teorii podporuje i fakt, že *P. cubensis* v České republice napadá i ve střední Evropě nepůvodní druhy, jako jsou *Citrullus lanatus* a *Lagenaria siceraria* (Lebeda a Widrlechner, 2003).

Druhou z uvažovaných možností je přezimování patogenu právě ve formě oospor. Studie zaměřená na přezimování oospor byla provedena v Číně. Vitální oospory byly nalezeny na devíti z deseti sledovaných lokalit (Zhang et al., 2012).

Další možností, jak patogen přežívá nebo se znovu rozšiřuje do chladnějších oblastí, je pak přezimování patogenu v aktivní formě na víceleté hostitelské rostlině z čeledi Cucurbitaceae. Jediným víceletým hostitelem v chladnějších oblastech výskytu patogenu, je *Bryonia dioica*. Podle laboratorních pokusů je *P. cubensis* schopná *B. dioicu* infikovat. V polních podmínkách však plíseň na tomto hostiteli nikdy nalezena nebyla (Lebeda a Widrlechner, 2003).

Uvažovanou možností, odkud se patogen rozšiřuje, jsou také skleníkové kultury (Zhang et al., 2012).

3.1.4 Hostitelský okruh plísně dýňovitých a charakteristika hostitelských druhů

Zástupci čeledě Peronosporaceae mají obecně se svými hostiteli komplikovaný vztah. Mohou se výrazně lišit ve své specifitě k určitému okruhu hostitelů. Některé druhy mohou mít pouze jediný hostitelský druh, některé několik druhů až rodů (Lebeda a Widrlechner, 2013).

Plíseň dýňovitých je obligátně biotrofní parazit (Savory et al., 2011) a je vysoce hostitelsky specializovaná. Napadá výhradně rostliny z čeledi Cucurbitaceae (Lebeda a Widrlechner, 2003). Hostitelský okruh plísně dýňovitých tvoří více než 60 druhů rostlin z této čeledi, vyskytujících se ve více než 70 zemích světa (Lebeda a Cohen, 2011). Mezi hostitele patří jak druhy hospodářsky využívané, tak několik druhů planě rostoucích rostlin (Lebeda a Widrlechner, 2003).

3.1.4.1 Charakteristika významných hostitelských druhů

Čeď Cucurbitaceae zahrnuje 90 rodů a přes 700 druhů, rostoucích různě po světě. Těžiště výskytu čeledi Cucurbitaceae je v Paleotropické floristické oblasti. Distribuce druhů je výrazně limitovaná chladem. Většina rostlin čeledi totiž nesnáší teploty pod bodem mrazu. Lidé využívali tykvovité rostliny k obživě už před asi 7 tisíci lety. Jednalo se o základní potraviny prvních novověkých kolonizátorů Ameriky. Rostliny mají také velký potenciál pro farmaceutický průmysl (Lim, 2012).

Zástupci čeledě Cucurbitaceae jsou převážně popínavé, liánovité nebo plazivé jednoleté rostliny. Mají typické spirálovitě stočené a poměrně dlouhé úponky. Ty jsou patrně přeměněnými mladými větvemi nebo stonky. Listy bývají silně ochlupené, ozubené, s dlanitou žilnatinou. Květy jsou jednopohlavné a nacházejí se buď na jedné rostlině nebo separátně. Jsou nejčastěji pětičetné, bílé nebo žluté. Zejména u kultivovaných druhů je běžné opylení včelami. Plodem je převážně suchá bobule, která obsahuje větší množství plochých semen. Ta se rozšiřují anemo nebo zoochoricky (Cucurbitaceae, Encyklopédia Britannica, 2015).

Nejvíce hostitelských druhů plísně dýňovitých z čeledi Cucurbitaceae patří k rodu *Cucumis*. Ze třiceti hostitelských druhů tohoto rodu patří dva druhy, *Cucumis melo* a *Cucumis sativus*, mezi hospodářsky využívané rostliny (Lebeda et al., 2007). Další významní hostitelé patří do rodů *Cucurbita*, *Citrullus*, *Lagenaria*, *Benincasa* a *Luffa* (Lebeda a Widrlechner, 2003).

3.1.4.1.1 *Cucumis* spp.

Rod *Cucumis* spp. zahrnuje dva hospodářsky významné hostitelské druhy, *Cucumis sativus* a *Cucumis melo*. Oba druhy pravděpodobně pochází z Asie, přestože mají mnoho planě rostoucích příbuzných druhů v Austrálii, Africe a na pobřeží Indického oceánu (Sebastian et al., 2010).

Druh *Cucumis sativus*, okurka, je z výživového hlediska čtvrtou nejdůležitější zeleninou, která se ve světě pěstuje (zdroj: FAOSTAT, 2016). Okurka se rozšířila před zhruba 3 tisíci lety z Indie, odkud byla dovezena do Řecka, Itálie a později do Číny. Jedná se o teplomilný světlo milný druh preferující hlubší, na živiny bohaté půdy. V chladnějších oblastech bývá pěstována ve sklenících. Optimální teploty pro tento druh se pohybují okolo 30° C, minimální teploty pak okolo 15° C (Lim, 2012). Rostlina je jednoletá, popínavá, silně ochlupená. Listy jsou 5-7úhelníkovité, mohou být až dlanitě laločnaté. Rostliny jsou dvoudomé se sytými žlutými květy. Plody jsou elipsoidní, protáhlé až kulovité. Konzumují se plody i listy (zdroj: Ecocrop, 2013).

V České republice je okurka setá nejhojněji pěstovaným zástupcem tykvovitých. Například v roce 2012 bylo u nás vypěstováno 7,175 tun okurek (zdroj: FAOSTAT, 2016). V roce 2015 zaujímal pěstební plocha okurek „nakládaček“ 273 ha a okurky tvořily 12 % z celkové exportované zemědělské produkce (zdroj: „Zelená zpráva“, 2015).

Symptomy plísňe se na okurce projevují nejvýrazněji ze všech jejích hostitelů (Obr. 2) (Neufield a Ojiambo, 2012). První symptomy se na rostlině projevují zejména za vlhkého počasí. Jedná se o vodou nasáklé léze v místě kontaktu s inokulem, které se nachází na spodní straně listu. Tyto symptomy jsou viditelné asi čtyři dny, dokud se nezačnou tvořit haustoria. Pak se začnou objevovat žilnatinou ohraničené žlutavé léze na svrchní straně listu. Tato fáze patrně koresponduje s prorůstáním hyf parazita do mezofylu rostliny. Žluté léze se pak mohou měnit na nekrotické, až nakonec může odumřít celý list. Obdobné symptomy jako na okurce seté se projevují u druhu *C. pepo* a jeho odrůdy cukety (Colluci a Homes, 2012).

Druh *Cucumis sativus* je poměrně geneticky homogenní a variabilita v interakci hostitel – parazit je tedy nízká (Lebeda a Widrlechner, 2003; Lebeda a Urban, 2004). Jsou známy i kultivary okurek s vysokou polní rezistencí vůči *P. cubensis* (Shetty et al., 2002). Byl identifikován recesivně dědičný gen označovaný *dm-1*, který se na resistenci podílí (Call a Wehner, 2010).





Obrázek 2 Napadení druhu *Cucumis sativus* plísní dýňovitých: A - napadený porost, B - svrchní strana napadeného listu, C - spodní strana napadeného listu

Druhý hostitelský druh *P. cubensis* patřící do rodu *Cucumis*, *Cucumis melo* L. neboli cukrový meloun, je plazivá, měkce chlupatá rostlina se žlutými pětičetnými květy. Má jednoduché úponky. Listy jsou střídavé, 5-15 cm široké, hranaté nebo slabě 5-7 laločnaté. Ovoce je různé, vejčité až kulaté. Konzumuje se dužnina plodu, mohou se jíst také listy nebo smažená semena (Lim, 2012).

Druh *Cucumis melo* (Obr. 3) je na rozdíl od *C. sativus* geneticky, molekulárně i morfologicky velmi variabilní (Lebeda, 2007). Interakce druhu s patogenem ve formě rasově specifické rezistence je poměrně dobře prozkoumaná (Thomas et al., 1987; Lebeda, 1991). Cukrový meloun (*C. melo*) se využívá při šlechtění odolných kultivarů druhu *C. sativus* prostřednictvím intraspecifické hybridizace (Lebeda et al., 1991). V České republice byla rezistence druhu *C. melo* vůči *P. cubensis* podrobněji studována v nedávné práci prof. Lebedy a kol. (Lebeda et al., 2016). Studie potvrdila rasově specifickou rezistenci *C. melo* vůči *P. cubensis*. Ze 115 vzorků bylo 67 velmi citlivých a pouze 2 byly vůči infekci *P. cubensis* částečně rezistentní.



Obrázek 3 Napadení druhu *Cucumis melo* plísní dýňovitých: A - napadený porost, B - spodní strana napadeného listu

3.1.4.1.2 *Cucurbita*

Rod *Cucurbita* patří mezi velmi variabilní rody čeledi. Patří k němu 22 planě rostoucích a pět kultivovaných druhů. Centrem šíření nových druhů byla zejména Amerika, kde zástupci rodu *Cucurbita* patřily mezi vůbec první kultivované rostliny. Pěstovanými zástupci rodu jsou druhy jednoleté (*C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*) i vytrvalé (*C. ficifolia*).

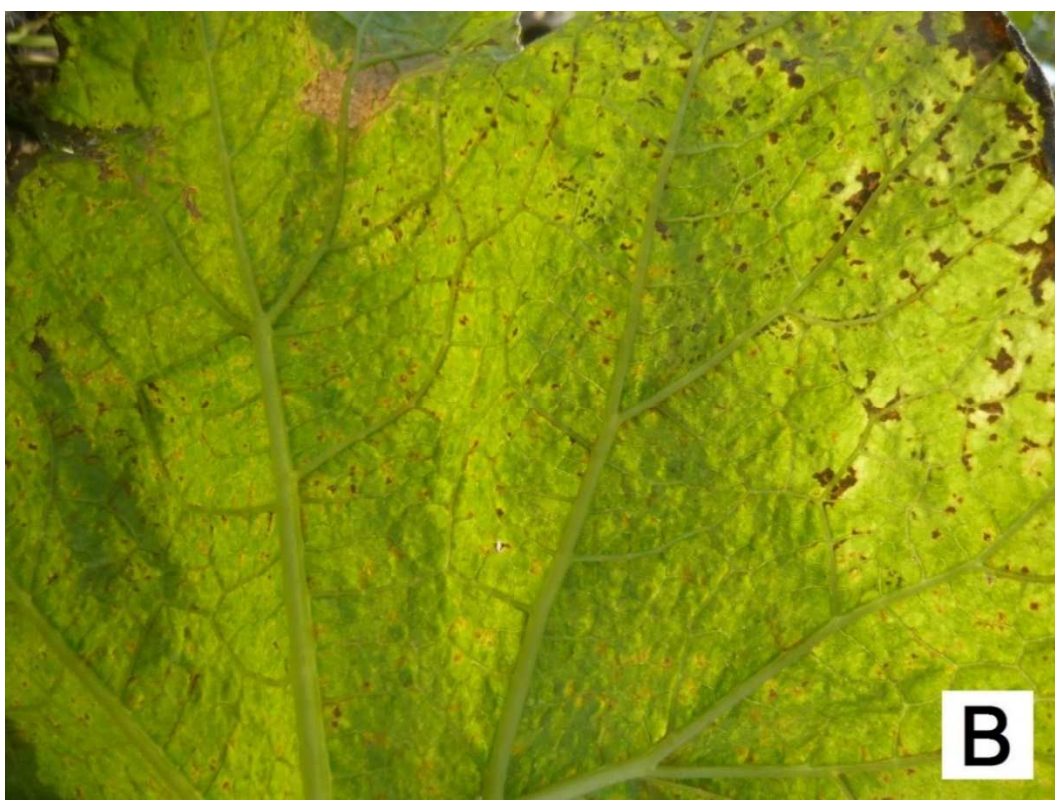
Hospodářsky nejvyužívanějším druhem, který je hostitelem plísně, je *Cucurbita pepo*, tykev obecná (dýně, Obr. 4), která pochází z Mexika, kde se pěstovala už před 7 tisíci lety (zdroj: Ecocrop, 2013). Do Evropy se spolu s ostatními hospodářsky významnými druhy rodu rozšířila v 16. století. Cuketa, oblíbená odrůda druhu *C. pepo*, vznikla pravděpodobně spontánní mutací šířící se z Itálie v 19. století (Lim, 2012).

Tykev obecná je jednoletá rostlina, pěstovaná spíše v subtemperátních oblastech, s teplotním optimem mezi 16° a 25° C. Preferuje sušší úživné půdy s vyšším podílem organické hmoty. Rostlina má velmi tuhé stonky často s pětiúhelníkovým průřezem. Úponky i listy mohou mít více tvarů. Květy na jedné rostlině mohou být samčí i samičí, pětičetné, většinou světle žluté barvy (Lim, 2012). Ovoce je velmi variabilní co do tvaru a velikosti. Obecně je ale protáhlé, s pětiúhelníkovým průřezem. Konzumují se plody a semena (zdroj: Ecocrop, 2013).





Obrázek 4 Napadení druhu *Cucurbita pepo* plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana napadeného listu



Obrázek 5 Napadení druhu *Cucurbita maxima* plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana napadeného listu

Cucurbita maxima, tykev velkoplodá (Obr. 5) zvaná také obrovská, pochází z Jižní Ameriky, kde byla pěstována už před 4 tisíci lety. Dnes patří mezi nejpěstovanější druhy tykví. Je to jednoletá plazivá rostlina s až 3 metrovou délkou stonků. Lodyhy jsou plstnatě ochlupené, listy velké střídavé a pětiúhelníkovité. Květy jsou 30–50 cm velké a sytě žluté. Variabilita plodů je obdobně jako u *C. pepo* velmi vysoká. Patří mezi vůbec největší plody v říši rostlin, které mohou váhou přesáhnout i 1 tunu (Vobořil, 2014a). U tohoto druhu se konzumuje nezralé ovoce. Naopak zralé ovoce se používá spíše pro pečení a přípravu džemů. Jedí se také semena, která obsahují velké množství oleje (Ecocrop, 2013).

Nejstarší archeologické důkazy o pěstování druhu *Cucurbita moschata*, dýně muškátové (Obr. 6), pochází z Mexika a jsou datovány do období zhruba před 5–6 tisíci lety. Původně pochází z vlhkých tropických nížin. Jedná se o liánovitě rostoucí, jednodomou, jednoletou rostlinu. Listy jsou přibližně 20x30 cm velké, široce oválné až srdčité, mohou mít 3–5 slabě vyvinutých laloků a slabě vroubkovaný okraj. Ani listy ani stonky nejsou výrazně ochlupené. Stonky mají mírně hranatý průřez. Rostlina má úžlabní květy na několikacentimetrových stopkách. Květy jsou pětičetné zvonkovitého tvaru. Plody jsou opět variabilní co do tvaru a velikosti. Hospodářsky využitelná jsou především semena s vysokým obsahem oleje. Jedlé jsou ale i nezralé plody, výhonky a květy. (Vobořil, 2012; Ecocrop, 2013).





Obrázek 6 Napadení druhu *Cucurbita moschata* plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní napadeného strana listu

Cucurbita ficifolia pochází pravděpodobně z výše položených oblastí Mexika, kde se pěstovala asi před 3 tisíci lety. Je to jednoletá rostlina až krátkověká trvalka, popínává, se zdřevnatějícími stonky, ze kterých vybíhají až 10 m dlouhé oddenky. Povrch rostliny je jemně chlupatý, listy laločnaté 20–30 cm velké, na zubatých okrajích s výraznými okrouhlými zářezy. Rostliny jsou dvoudomé se žlutými až oranžovými úžlabními květy. Plody jsou málo variabilní ve srovnání s jinými rostlinami rodu, globulární až cylindrické, 15-50 cm dlouhé, na povrchu většinou bíle pruhované. Využitelné jsou mladé výhonky, listy, plody a květy. Dužnina je využitelná pro výrobu alkoholických nápojů (Lim, 2012).

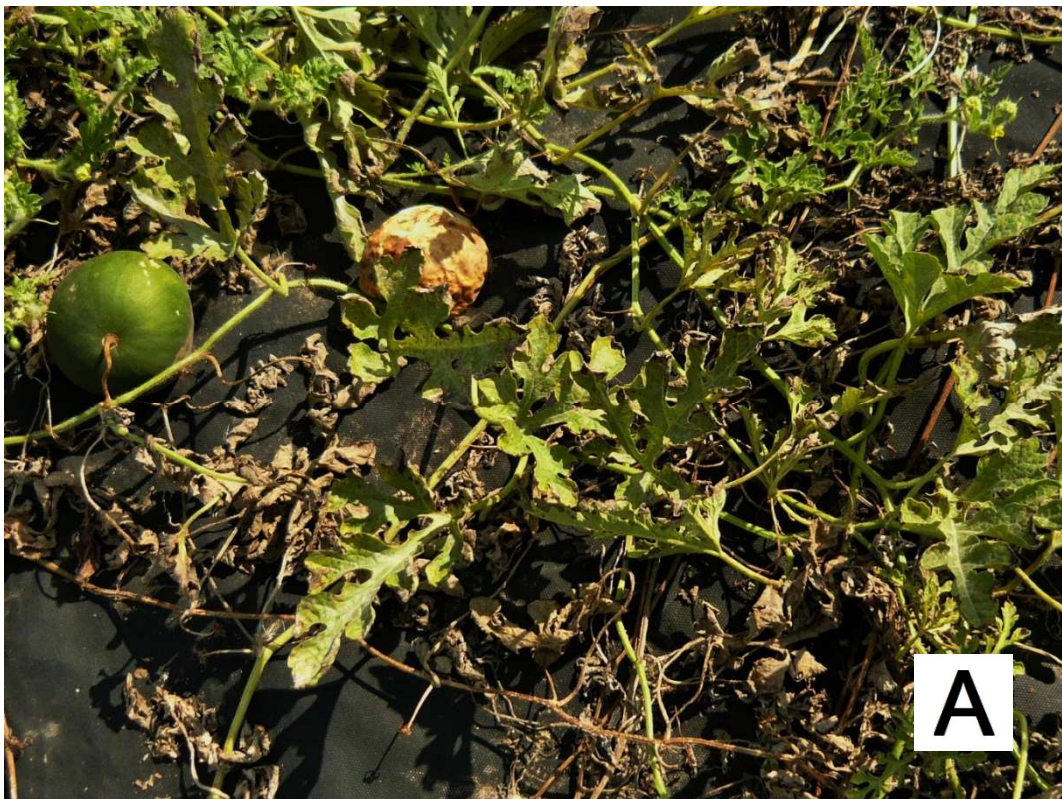
Mezi druhy rodu *Cucurbita* se často objevuje rasově specifická rezistence (Lebeda a Widrechner, 2003). Různá míra citlivosti nebo naopak rezistence byla pozorována mezi jednotlivými morfotypy druhu *C. pepo* (Paris, 2001).

Specifické reakce k různým patotypům plísně dýňovitých byly pozorovány i u dalších kultivovaných druhů rodu *Cucurbita*, u druhů *C. maxima* a *C. moschata* a variabilní reakce byly pozorovány i mezi planě rostoucími druhy rodu *Cucurbita* (Lebeda a Widrechner, 2003).

3.1.4.1.3 *Citrullus*

Rod *Citrullus* má mezi hostiteli plísňě dýňovitých jediného kultivovaného zástupce, a tím je druh *Citrullus lanatus*. Druh *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (Obr. 7), česky nazývaný dýně kavon, lubenice obecná nebo také vodní meloun, pochází ze savan a pouští tropické a jižní Afriky. Mezi využívané plodiny patřil už před více než 4000 lety. Do Evropy se dostal s maurskou invazí do Španělska v 10. století. (Eliáš, 2007) Do Ameriky se pak rozšířil velmi záhy po příplutí Kryštofa Kolumba, v 15. století (Lim, 2012). V České republice se pěstuje jen v nejj jižnějších oblastech (Eliáš, 2007)

Rostlina preferuje hluboké půdy v teplých, sušších temperátních oblastech do 2000 m. n. m.. Jedná se o jednoletou rostlinu s až 10 metrovými poléhavými stonky a zakroucenými úponky. Listy rostou střídavě a mají vejcovitý až trojúhelníkovitý tvar. Na jedné rostlině se vyskytují samčí i samičí květy. Květy jsou 1–2,5 cm dlouhé, světle zelené (Eliáš, 2007). Ovoce se výrazněji liší mezi planě rostoucími a kultivovanými druhy. Druhé zmiňované druhy mají ovoce větší, kulaté nebo oválné, až 30x60 cm velké, žluté až zelené, pruhované nebo jednobarevné (zdroj: Ecocrop, 2013).





Obrázek 7 Napadení druhu *Citrullus lanatus* plísní dýňovitých: A – napadený porost, B- svrchní napadeného strana listu, C - spodní strana napadeného listu
* bílý povlak na listech porostu je známkou infekce padlí tykvovitých

3.1.4.1.4 *Lagenaria siceraria*, *Luffa acutangula* a *L. cylindrica*

Zbývající tři hostitelské rody jsou mezi pěstovanými druhy zastoupeny většinou jedním hostitelem. Rod *Lagenaria* má celkově osm zástupců. Z těchto zástupců je jediným pěstovaným druhem *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., zvaná kalabasa (Paltí a Cohen, 1980).

Lagenaria siceraria, zvaná kalabasa (Obr. 8), je původem z tropické Afriky a jižní až jihovýchodní Asie. Je nejdéle pěstovanou plodinou z řad tykvovitých. Archeologické nálezy se datují do doby před 10 tisíci lety. Uvádí se dvě domestikáční centra právě v Africe a Asii. V Americe se kalabasa objevila s Paleoindiány coby jediný domestikovaný druh rostliny (Vobořil, 2012). Je to liánovitá rostlina s velmi silnými úponky. Listy jsou velké, trojúhelníkovité až srdčité, se sametově chlupatým povrchem. Různopohlavné květy jsou velké, čistě bílé. Ovoce má velmi tvrdé, většinou hladké, voskovité oplodí. Je oválné, tvarované jako lahev nebo kyjovitě zahnuté a může být až metr dlouhé. K jídlu se využívají nezralé plody, zralé ovoce se využívá pro výrobu různých nádob (zdroj: Ecocrop, 2013).





Obrázek 8 Napadení druhu *Lagenaria siceraria* plísní dýňovitých: A – napadený porost, B - spodní strana listu

* bílý povlak na listech porostu je známkou infekce padlí tykvovitých

Rod *Luffa* má sedm zástupců a pochází z Indie (Vobořil, 2014). K pěstovaným druhům patří *Luffa acutangula*, luffa (tivuk) ostrohranná a *Luffa aegyptica/cylindrica*, luffa (tivuk) válcovitá. *Luffa acutangula* je jednodomá, úponkatá, popínavá rostlina s tenkou hranatou lodyhou. Na lodyze vyrůstají střídavě řapíkaté, 5-7 laločnaté listy. Květy jsou pětičetné, samčí v chudokvětém květenství, samičí jednotlivě. *Luffa cylindrica* je jednodomá liánovitá rostlina s 4hranným stonkem. Na stonku jsou až 10 cm dlouhé úponky. Listy jsou větší, 25x25 cm široké. Mají hrubý povrch a jsou dlanitě laločnaté. Květy jsou jednopohlavné, úžlabní v 15-20kvěťých hroznech. Vlákna stonku jsou využitelná pro výrobu žíněk. Z obou druhů se konzumuje ovoce i mladé listy (zdroj: Ecocrop, 2013).

Benincasa hispida je poměrně robustní popínavá rostlina. Má tlustý, několik metrů dlouhý stonk, 10-20 cm dlouhé listy a velké vejcovité, elipsovité nebo kulaté tmavě zelené ovoce. Konzumuje se nezralé i zralé ovoce, semena, mladé výhonky a listy se používají jako zelenina. Pěstuje se do výšek po 1500 m v teplých oblastech (zdroj: Ecocrop, 2013).

V případě rodů *Lagenaria*, *Luffa* i *Benincasa* existuje znalost o interakci mezi hostitelem a patogenem velmi málo (Lebeda a Widrlechner, 2003). Variabilní reakce byla pozorována mezi kultivary druhu *Citrullus lanatus* (Lebeda et al., 2006; Thomas et al., 1987). Mezi rody *Benincasa*, *Luffa* a *Lagenaria* byla variabilita také pozorována (Lebeda a Widrlechner, 2003; Lebeda et al., 2006). U *B. hispida* byla prokázána patotypově specifická rezistence, druhy *Luffa acutangula* a *L. cylindrica* vykazují známky rasově specifické rezistence (Lebeda a Widrlechner, 2003).

3.1.4.2 Genetická variabilita plísně dýňovitých

Patogen reaguje odlišně s různými hostiteli v závislosti na příslušnosti k různým patotypům a rasám. Rasy patogenu se liší v reakci (virulenci či avirulenci) k různým hostitelským druhům (Cohen et al., 2015). Patotypy se rozlišují na základě studia kompatibilní/inkompatibilní reakce v rámci hostitelských druhů a jejich genotypů (Lebeda a Widrlechner, 2003).

V souvislosti s patotypy se u patogenu uvádí různý stupeň virulence, tedy počet faktorů virulence schopných překonat rezistenci různého počtu genotypů hostitelů. V případě, že je tedy patogen testován na standardním počtu 12 genotypů, je nejvyšším faktorem virulence 12. V rámci tohoto souboru se rozlišuje nízký stupeň virulence (VF 1-4), střední (VF 5-8) a vysoký (9-12) (Lebeda a Widrlechner, 2003). Lebeda a Urban (2007) identifikovali na různých hostitelských druzích plísně dýňovitých přes 40 různých patotypů. Lebeda a kol. (2013) v novější studii identifikovali v rámci české populace plísně dýňovitých 67 patotypů.

Hostitelská a rasová specifita patogenu je celkově velmi variabilní, což potvrdily recentní molekulární studie (Sarris et al., 2009; Runge et al., 2011; Quesada-Ocampo, 2012; Kitner et al., 2015), viz tab. 14 v příloze č. 1. Hostitelský okruh i epidemiologické charakteristiky mohou být v různých zemích odlišné, vždy však pouze v rámci hostitelské čeledě (Shetty et al., 2002; Lebeda a Cohen, 2011).

Například v Izraeli byly od časných 80. let hostiteli *P. cubensis* pouze druhy *C. sativus* a *C. melo* (Cohen, 1981; Palti et al. 1980 in Lebeda a Hübschová, 2010). V roce 2002 se do Izraele pravděpodobně dostal nový patotyp z jižní nebo centrální Evropy a patogen se rozšířil na *C. pepo* subsp. *pepo* a *C. moschata* (Cohen et al., 2003). Rozdílnost izolátů z Izraele od izolátů z Turecka, které mají poměrně uniformní genetické

pozadí, by mohla indikovat nedávnou migraci patotypů nebo častější sexuální reprodukci plísně dýňovitých v Izraeli (Cohen a Rubin, 2012).

V Číně a obdobně i v Indii je hostitelským druhem plísně *Luffa acutangula* (Cohen et al., 2003). Zdejší populace plísně jsou navíc pravděpodobně jiným patotypem, než populace z Izraele, které jsou s druhem *Luffa acutangula* inkompatibilní.

3.2 Rozšíření plísně dýňovitých ve světě

V současnosti se plíseň dýňovitých vyskytuje téměř na všech kontinentech. Daří se jí převážně v teplých temperátních, subtropických až tropických oblastech a to jak na polních, tak na skleníkových kulturách. Nejvíce prospívá a je tedy nejvíce nebezpečná v teplých humidních regionech (Colluci a Holmes, 2010).

Plíseň se od roku 1868, kdy byla objevena, poměrně rychle šířila. První zpráva z amerického kontinentu pochází ještě z téhož roku (Halsted, 1889 v Holmes et al. 2015). V roce 1888 už byla zaznamenána v Japonsku (Spencer 1981 in Akai 1974). Po Spojených Státech Amerických se ale plíseň začala masově šířit až po roce 2004, kdy nová rasa plísně překonala rezistenci místních kultivarů tykvovitých plodin (Holmes et al., 2015).

Do Evropy se plíseň dýňovitých dostala pravděpodobně přes Rusko (Rostowzew, 1903 in Cohen et al. 2015) z Japonska a Indonésie (Zimmermann, 1909 in Cohen et al. 2012). V roce 1904 se objevila v Rakousku a Maďarsku, 1952 v bývalé Jugoslávii, v Rusku 1963, v Bulharsku, Rumunsku, Švýcarsku, Nizozemí, Německu, Řecku, Francii a Spojeném Království v roce 1970 (Lebeda, 1990). V první polovině 20. století se jednalo o opakovaný, ale spíše sporadický výskyt (Lebeda a Cohen, 2011).

V roce 1984 propukla na území Evropy první velká epidemie a další silná epidemie následovala v roce 1989 (Lebeda, 1990; Lebeda a Cohen, 2011). Sporangia plísně dýňovitých se tehdy vzdušnými proudy rozšířila z Polska i na území Skandinávie, do Finska (Tahoven, 1985), Norska (Sundheim a Hodneborg, 1987 in Cohen et al. 2015) a Švédska (Forsberg, 1986). Předpokládalo se, že se patogen do centrální Evropy rozšířil z Maďarska a jižní Evropy (Lebeda, 1990).

V roce 1984 vypukla epidemie na jižním Slovensku (Zacha et al., 1985 v Cohen et al. 2015), Moravě a v regionech v okolí Prahy (Lebeda, 1986 in Cohen et al. 2011). Proběhla ale s nízkými škodami na úrodě, patrně díky pozdnímu nástupu choroby (Lebeda, 1986; Zacha et al., 1985 v Cohen et al. 2015). Následující rok už škody na úrodě

dosáhly 80-90 % (Lebeda, 1991), kdy bylo už na začátku srpna epidemií ovlivněno celé Československo. Obdobné epidemie následovaly v letech 1986, 1988, 1989 (Lebeda, 1991).

3.3 Současná situace

Plíseň dýňovitých se řadí vzhledem ke svému potenciálu působit značné finanční ztráty zemědělské produkci tykvovité zeleniny mezi nejnebezpečnější patogeny těchto plodin (Savory et al., 2011). V Evropě může způsobovat až 80% ztráty a například ve Spojených Státech Amerických je plíseň schopna zlikvidovat 50-100 % produkce (Holmes et al., 2015; Savory et al., 2011). Ztráta olistění rostlin má ekonomické dopady v podobě snížení objemu produkce plodů, jejich nižší kvality a posunutí času sklizně (Palti a Cohen, 1980 in Lebeda a Hübschová 2010; Colucci et al., 2006).

Plíseň dýňovitých prošla během posledních desetiletí zásadními změnami v epidemiologii a genetické variabilitě (Cohen et al., 2015). Závažnost onemocnění roste, objevují se nové genotypy, patotypy, rasy a párovací typy patogenu. Zvyšuje se frekvence a závažnost výskytu choroby (Holmes et al., 2006; Lebeda a Cohen, 2010). Rozšiřuje se i hostitelský okruh plísně dýňovitých (Runge a Thines, 2009; Lebeda a Widrlechner, 2003; Lebeda a Cohen, 2011).

Nové genotypy plísně se objevily například na Dálném východu, v centrální Africe, v Americe (Cohen et al., 2015; Colluci a Holmes, 2010). V roce 2002 se objevil nový patotyp v Izraeli (Cohen et al., 2003). V roce 2010 se v Izraeli objevil nový párovací typ A2, který se následně, v roce 2013, objevil i v Rusku a Číně. Oba párovací typy A1 a A2 byly hlášeny v roce 2012 z Vietnamu, Kenyi a Angoly a v září 2014 byly rozlišeny v Indii, Francii, v říjnu pak i v Německu (Cohen et al., 2014).

Evoluční faktory, zodpovědné za zvyšování populační diverzity plísně a naopak selhání rezistence hostitele a efektivity fungicidů, nejsou zatím dobře prozkoumány (Lebeda

a Widrlechner, 2003; Savory et al., 2011). Významnými faktory, napomáhajícími současným změnám v populaci plísně, ale mohou být například migrace a sexuální rozmnožování, tedy rekombinace rodičovských genotypů (Cohen et al., 2011). McDonald a Linde (2002) zastávají názor, že smíšený párovací systém v kombinaci se šířením vzduchem představují nejvyšší evoluční potenciál plísně dýňovitých. Podle autorů se evoluční potenciál odráží i v populační struktuře plísně. Populace s vyšším

evolučním potenciálem mají podle autorů větší šanci obejít genetickou rezistenci hostitelských rostlin.

K rychlému šíření plísně po celém světě přispívá i schopnost plísně dýňovitých šířit se do nového prostředí pomocí semen, ovoce a díky globálnímu obchodu s těmito komoditami. Na rozšíření plísně do nových regionů a na nové hostitele mohou mít vliv i klimatické změny (Garrett et al., 2006). Je možné, že ke znovuobjevení plísně v roce 2002 v Izraeli (Cohen et al., 2003), 2004 v USA (Holmes et al., 2006) a 2009 v Evropě (Lebeda et al., 2011) došlo pravděpodobně díky rozšíření nových kmenů plísně ze západní Asie, nejdříve do Evropy a poté do USA (Runge et al., 2011).

Celkově je výskyt plísně dýňovitých ve střední Evropě poměrně nepředvídatelný. Epidemie mohou být dlouhé a velmi destruktivní (Lebeda, 1986 in Lebeda a Cohen 2011). S výjimkou České republiky, kde je výskyt plísně dýňovitých poměrně dobře a dlouhodobě mapován (např. Lebeda, 1986 in Lebeda a Cohen 2011; Lebeda a Hübschová 2010; Lebeda et al. 2011; Lebeda et al. 2013), však o výskytu plísně chybí podrobnější informace (Lebeda a Hübschová, 2010).

3.4 Plíseň dýňovitých v ČR

V současnosti patří plíseň dýňovitých v České republice k hlavním onemocněním tykvovité zeleniny. Nejčastěji jsou u nás vysazovány druhy *C. sativus* (okurka setá), *C. pepo* (tykev obecná) a *C. maxima* (tykev velkoplodá). V mnohem menší míře se pěstují také druhy *C. melo* (melouny), *C. lanatus* (vodní melouny) a velmi sporadicky druhy *C. ficifolia* (tykev fíkolistá), *C. moschata* (tykev muškátová) a *L. siceraria* (kalabasa) (Lebeda et al., 2011).

Plíseň dýňovitých se u nás vyskytuje nejčastěji na druhu *C. sativus* a to výhradně na listech. Zde tvoří typické žluté žilnatinou ohraničené léze. Nejdříve napadá mladé listy, poté se teprve infekce šíří na listy ostatní. Na druhu *C. melo* byla plíseň v České republice poprvé zjištěna v roce 1984 a poté opětovně také v roce 1985 (Křístková et al., 2007). Recentně byla na druhu *C. melo* zaznamenána pouze na dvou lokalitách a to v roce 2003 v Oplocanech u Olomouce a v letech 2004 a 2009 v Olomouci-Holicích. Na druhu *C. lanatus* se plíseň vyskytla v letech 1985 a 1997, ale pouze ojediněle (Lebeda et al., 2007). Na druhu *C. moschata* byla poprvé zaznamenána teprve v roce 2009 na lokalitě Kojetín na Olomoucku (Obr. 9) (Pavelková et al., 2011). Na druhu *C. maxima* byla sporangia plísně mikroskopicky zaznamenána už v roce 1996. Obdobně byla sporangia pod

mikroskopem pozorována i na tykvi obecné v roce 2000. Příležitostně se plíseň objevuje i na planě rostoucích hostitelích, mezi které patří posed bílý, *Bryonia alba* a štětinec laločnatý, *Echinocystis lobata* (Lebeda a Hübschová, 2010).



Obrázek 9 První výskyt *P. cubensis* na druhu *Cucurbita moschata* v České republice na lokalitě Kojetín na Olomoucku (Pavelková et al. 2011)

Od roku 2001 je prováděno systematické sledování výskytu plísně dýňovitých na území České republiky týmem prof. Lebedy z Katedry botaniky PřF UP v Olomouci (např. Lebeda a Urban, 2007; Lebeda et al. 2007; Lebeda et al. 2011). Průzkum je prováděn obvykle třikrát během vegetační sezóny. V období od poloviny července do konce srpna až začátku října jsou navštěvována hlavní centra produkce tykvovitých plodin a rovněž i některé okrajové pěstební oblasti Čech, Moravy i Slezska. Ročně je takto prozkoumáno okolo 60-130 lokalit a jsou zaznamenávána hlavní epidemiologická data (viz kapitola 4).

První výskyt *P. cubensis* na sledovaných hostitelských druzích tykvovitých zelenin byl obvykle zaznamenán v nížinných oblastech v Moravy začátkem července. K rozšíření na celé území pak docházelo ve druhé polovině července. Mírné rozdíly ve výskytu plísně byly patrné mezi Čechami a Moravou. Zejména mezi léty 2004 a 2006

byla prevalence onemocnění v Čechách vyšší, než na Moravě. Rozdíly byly patrné i v závažnosti onemocnění (Lebeda et al., 2011), viz tab. 15, příloha č. 2.

Mezi lety 2001–2002 se přirozená infekce plísní dýňovitých objevila pouze na druhu *C. sativus*. Napadení druhu *C. sativus* tímto patogenem bylo silné až velmi silné (stupeň 3-4, viz metodika). Ve stupni 3-4 se nacházelo 63,2 % v roce 2001, 64,6 % v roce 2002. Středně infikováno (stupněm 2) bylo jen 25,5 % sledovaných porostů. Naopak slabá až velmi slabá (stupeň 0-1) byla zaznamenána jen u 11,3 % porostů v roce 2001 a 2,6 % v roce 2002.

V roce 2003 a 2004 byla infekce kromě druhu *C. sativus* zaznamenána na druhu *C. melo*. V obou případech šlo o jedinou lokalitu. V období od roku 2005 do roku 2007 byla infekce zaznamenána opět pouze na druhu *C. sativus*. Napadeno bylo více než 70 % lokalit

a převážně se jednalo o silné až velmi silné napadení (stupeň 3-4). V roce 2006 došlo k mírnému poklesu četnosti výskytu patogenu na porostech tykvovitých zelenin. Možnou příčinou této skutečnosti mohlo být suché léto (Lebeda a Hübschová, 2010).

Na jiných hostitelských druzích, než druh *C. sativus*, byla plíseň znovu zaznamenána v roce 2009. Šlo o jedinou lokalitu druhu *C. moschata* a jedinou lokalitu druhu *C. melo* (Lebeda et al., 2011).

Celkově nejnižší prevalence *P. cubensis* od roku 2001 do roku 2009 byla zaznamenána v roce 2004, kdy dosahovala 66 %. Naopak v letech 2001, 2002, 2003 a 2009 byla prevalence až 99 %. Slabě napadené porosty (stupeň 0-1) se v letech 2004–2006 vyskytovaly spíše sporadicky (Lebeda et al., 2011).

3.4.1 Patogenní struktura populace plísně dýňovitých v České republice v letech 2001-2010

Od roku 2001 do roku 2010 bylo získáno 398 izolátů *P. cubensis* (Lebeda et al., 2013) z hostitelských druhů *C. sativus*, *C. melo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. pepo*, *C. lanatus* a *L. cylindrica*, u kterých byla testována patogenní variabilita (detekovány patotypy) na diferenčním souboru 12 genotypů čeledi Cucurbitaceae podle Lebedy a Widrlecherna (2003). Celkem bylo identifikováno 67 patotypů. Slabě virulentních bylo 1 %, středně 24 % a vysoce 75 % patotypů.

Nejcitlivější se k *P. cubensis* ukázal druh *C. sativus*. Rody *Cucurbita* a *Lagenaria* vykazovaly rasově specifickou rezistenci. Na *L. cylindrica* byla pozorována velká variabilita v citlivosti nebo rezistenci. Největší frekvence záznamů rezistentní reakce byla

pozorována na *C. lanatus*. Výjimkou byly roky 2003, 2007 a 2008, ve kterých druh vykazoval kompatibilní reakci s více než 40 % izolátů. V roce 2010 vykazoval kompatibilní reakci se 74 % izolátů. U druhu *L. cylindrica* byly zaznamenány jen dvě citlivé reakce a pět na druhu *L. siceraria*. Naopak často se jako náchylné jeví druhy *C. pepo* a *C. lanatus* (Lebeda et al., 2011).

V roce 2001, 2003, 2004, 2008 a 2010 byl na území České republiky zaznamenán i takzvaný superpatotyp s označením 15.15.15, který je schopen napadat všechny diferenciační genotypy pro detekci *P. cubensis*. Většina izolátů byla detekována jako vysoce virulentní. V roce 2007 měly tyto izoláty výraznou převahu. Naopak v roce 2001 byly zjištěny pouze slabě virulentní patotypy (Lebeda et al., 2013). Takto široké spektrum patotypů *P. cubensis*, jaké bylo zjištěno v České republice, dosud nebylo hlášeno z žádné jiné země (Thomas et al., 1987; Cohen et al., 2003). Ukazuje se tedy, že patogenní struktura české populace *P. cubensis* je velmi variabilní a měnící se v čase a prostoru, ale je i výrazně odlišná ve srovnání s ostatními zeměmi světa.

4 MATERIÁL A METODY

Pracovníci oddělení fytopatologie každoročně pořádají dva až tři výjezdy do oblastí, kde se nejvíce pěstují tykvovitě plodiny. V rámci výjezdu se navštěvují předem vytipované lokality, případně lokality sledované každoročně. Lokality jsou navštíveny jednou, velmi ojediněle vícekrát během sezóny.

Na lokalitě se do sběrových protokolů zaznamenávají časové a zeměpisné údaje, druh hostitelské rostliny, presence/absence patogenu, místo, kde se daná plodina pěstuje (rozlišuje se zejména mezi polní, skleníkovou kulturou a porostem na drátěné konstrukci), místo výskytu symptomů, závažnost onemocnění, aplikace ochranných prostředků a presence/absence jiných patogenů.

Škodlivost plísně, respektive závažnost onemocnění, je hodnoceno na pětibodové škále od 0 do 4 dle procenta pokrytí listů symptomy onemocnění (Tab. 1) (Lebeda a Křístková, 1994). Pro každý druh a následně pro celkové hodnocení se z každé lokality počítala průměrná hodnota napadení. Druh *C. sativus* a rod *Cucurbita* byly hodnoceny i samostatně.

Výzkum byl podpořen z grantových projektů IGA 2014-2016 Univerzity Palackého v Olomouci (viz Literatura).

Pro otestování, neexistuje-li rozdíl mezi závažnostmi onemocnění v první a ve druhé polovině sezóny, jsem použila Kolmogorov-Smirnovův test ve statistickém programu NCSS. První část sezóny byla počítána do 15. srpna (včetně).

Tabulka 1 Hodnocení škodlivosti plísně dýňovitých dle procenta pokryvnosti listů symptomy (dle Lebeda a Křístková, 1994)

Stupeň napadení	% pokrytí symptomy
0 – absence symptomů	0
1 - slabé napadení	≤ 25
2 – středně silné napadení	$> 25 \leq 50$
3 – silné napadení	$> 50 \leq 75$
4 – velmi silné napadení	> 75

V rámci výjezdů bylo v letech 2010–2015 navštíveno 7 krajů z toho 4 moravské a 3 české (Tab. 2, Obr. 10). Množství navštívených okresů v rámci těchto krajů se každý rok pohybovalo okolo 20 a množství navštívených lokalit od 68 do 96 (Tab. 3). Nejvíce lokalit

i okresů bylo navštíveno v roce 2010 a nejméně v roce 2013. První sledování probíhaly převážně od poloviny července a poslední do poloviny října.

Monitorování proběhlo v letech 2010-2015 na více než 130 lokalitách. Okolo 50 z nich bylo navštíveno pouze jednou za celé období sledování. Některé lokality byly navštívené vícekrát v sezóně. V rámci lokalit bylo sledováno přes 1,200 porostů. Jednalo se nejen o malé zahrady, ale i velkoprodukční pole.

Sledovány byly porosty druhů *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Cucumis sativus*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita pepo* a *Lagenaria siceraria* (Tab. 4). S výjimkou let 2010 a 2014 byly v letech 2010-2015 sledovány lokality se všemi vyjmenovanými druhy. V roce 2010 nebyl sledován druh *L. siceraria* a v roce 2014 druh *C. ficifolia*. Nejvíce lokalit bylo každý rok sledováno pro druh *C. sativus*.

Tabulka 2 Kraje navštívené v období 2010-2015

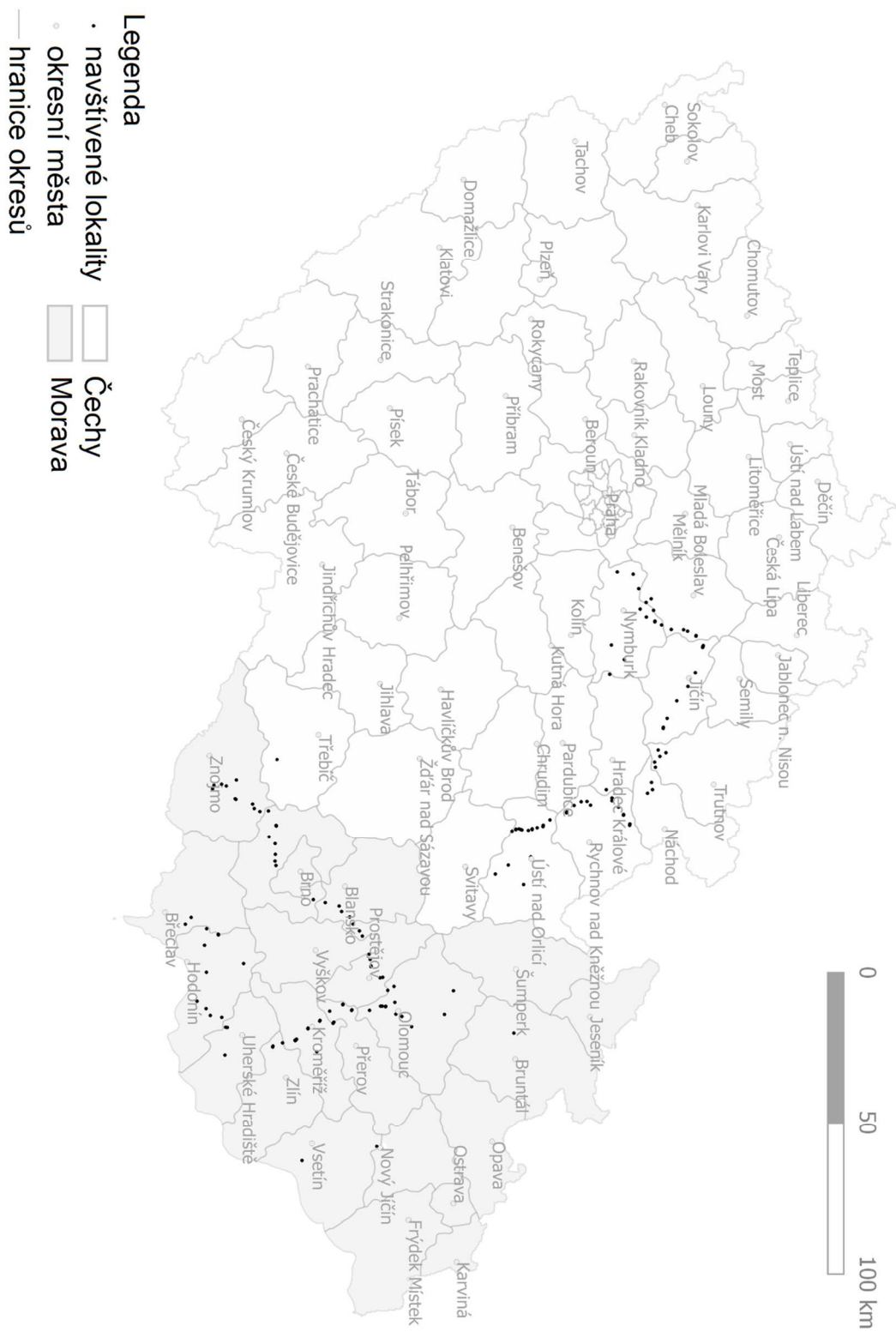
Moravské kraje	České kraje
Jihomoravský	Královehradecký
Moravskoslezský	Pardubický
Olomoucký	Středočeský
Zlínský	

Tabulka 3 Množství navštívených krajů, okresů, suma navštívených lokalit a lokalit s druhem *C. sativus* v letech 2010-2015

Rok	Kraje				Lokality	
	Σ	Čechy	Morava	Okresy	Σ	Lokality s <i>C. sativus</i>
2010	7	3	4	21	92	82
2011	7	3	4	20	82	69
2012	7	3	4	17	76	51
2013	7	3	4	21	70	56
2014	7	3	4	21	76	62
2015	7	3	4	16	66	58

Tabulka 4 Počty monitorovaných lokalit jednotlivých druhů v letech 2010-2015

Rok, počet sledovaných lokalit/počet lokalit s výskytem <i>P. cubensis</i>						
Hostitelská rostlina	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<i>Citrullus lanatus</i>	5/1	10/2	7/2	7/0	4/1	7/1
<i>Cucumis melo</i>	3/0	2/1	2/1	3/3	1/1	3/1
<i>Cucumis sativus</i>	74/66	68/66	55/52	48/24	49/49	46/23
<i>Cucurbita ficifolia</i>	1/1	1/0	2/2	1/0	0/0	1/1
<i>Cucurbita maxima</i>	36/4	27/9	34/8	26/2	26/19	29/0
<i>Cucurbita moschata</i>	2/2	2/0	2/2	3/0	3/1	1/1
<i>Cucurbita pepo</i>	66/10	58/10	44/9	47/3	45/11	47/2
<i>Lagenaria siceraria</i>	0/0	3/2	1/0	1/1	1/1	1/1
Celkem	95/78	83/58	74/45	68/20	73/51	69/15



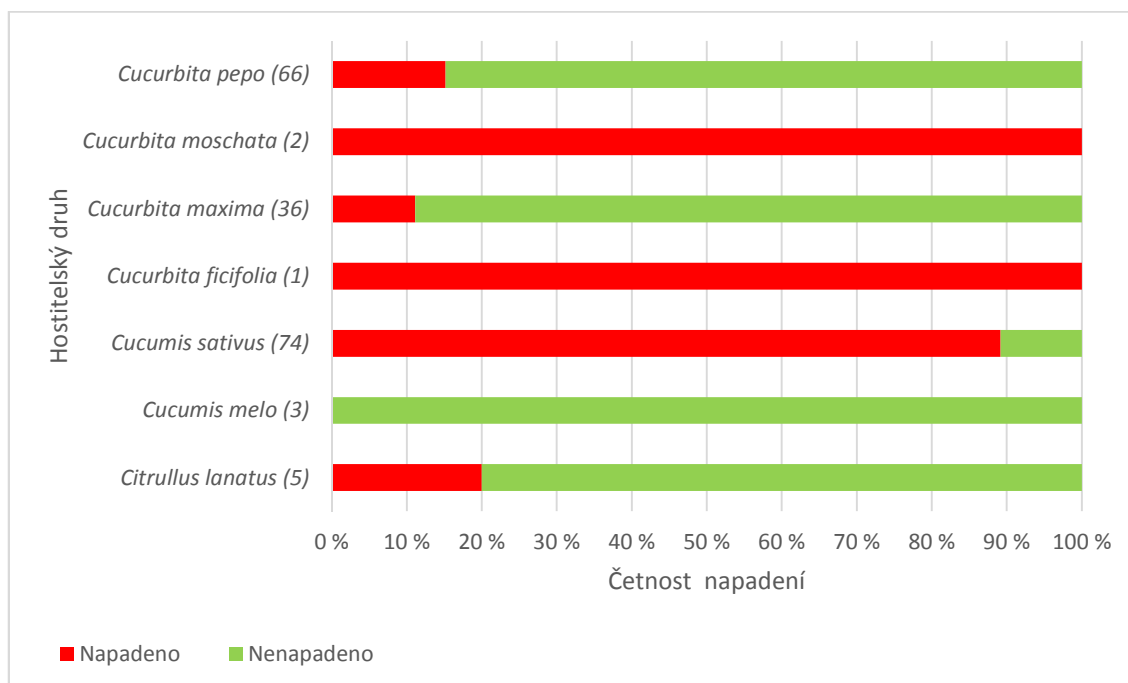
Obrázek 10 Mapa lokalit monitorovaných v letech 2010-2015

5 VÝSLEDKY

Níže jsou prezentována data získaná na monitorovaných lokalitách v letech 2010-2015. V jednotlivých letech jsou uvedeny souhrnné grafy s četností napadených lokalit pro sledované druhy, tabulka s celkovým zastoupením lokalit v daných stupních napadení a graf zobrazující četnost napadení v daných stupních u jednotlivých druhů. Není-li uvedeno jinak, v závorce za názvem druhu jsou vždy v grafech uvedeny počty navštívených lokalit daného druhu.

5.1 Rok 2010

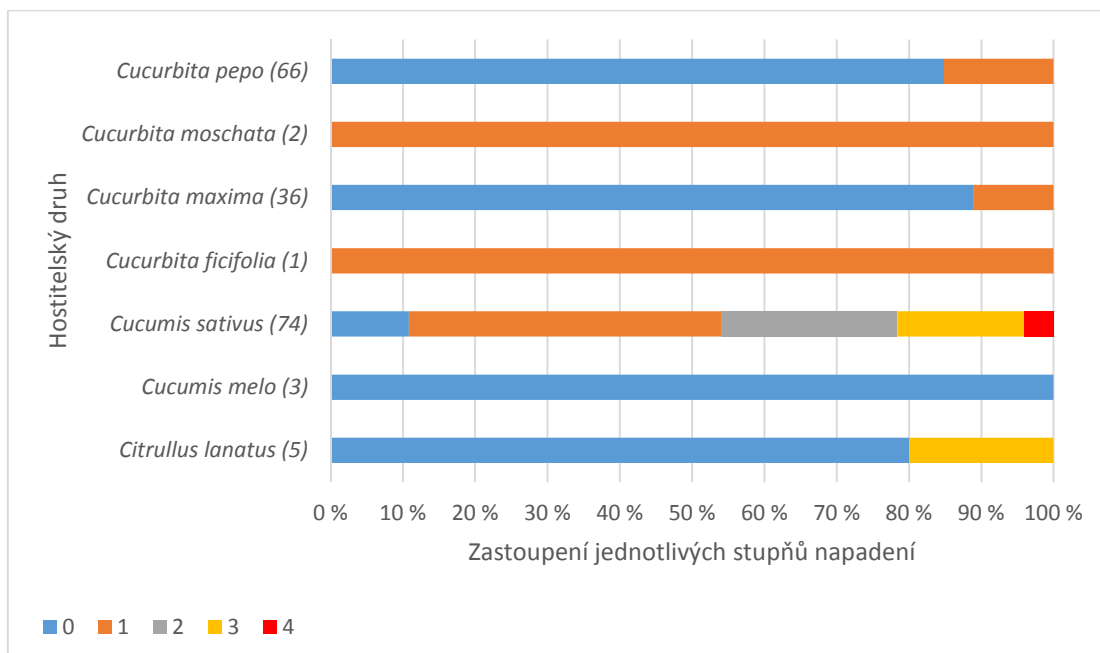
V roce 2010 bylo sledováno 96 lokalit a 204 porostů. První výjezd proběhl 12. července a poslední 13. října. Na lokalitách byl nejčastěji zastoupen druh *C. sativus* (74 lokalit), po něm následovaly druhy *C. pepo* (66) a *C. maxima* (36) (Obr. 11). Napadení se projevilo na 82 % navštívených lokalit. Více než polovina lokalit (51 %) vykazovala stupeň napadení 1 (Tab. 5). Nejméně lokalit (1 %) bylo napadeno ve stupni 4. Z hlediska druhů se jednalo o 4 % lokalit druhu *C. sativus*. Stupeň 3 byl zastoupen z 12 % a v rámci druhů pouze na 1 lokalitě druhu *C. lanatus* a na 18 % druhu *C. sativus* (Tab. 5, Obr. 12).



Obrázek 11 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2010

Tabulka 5 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2010

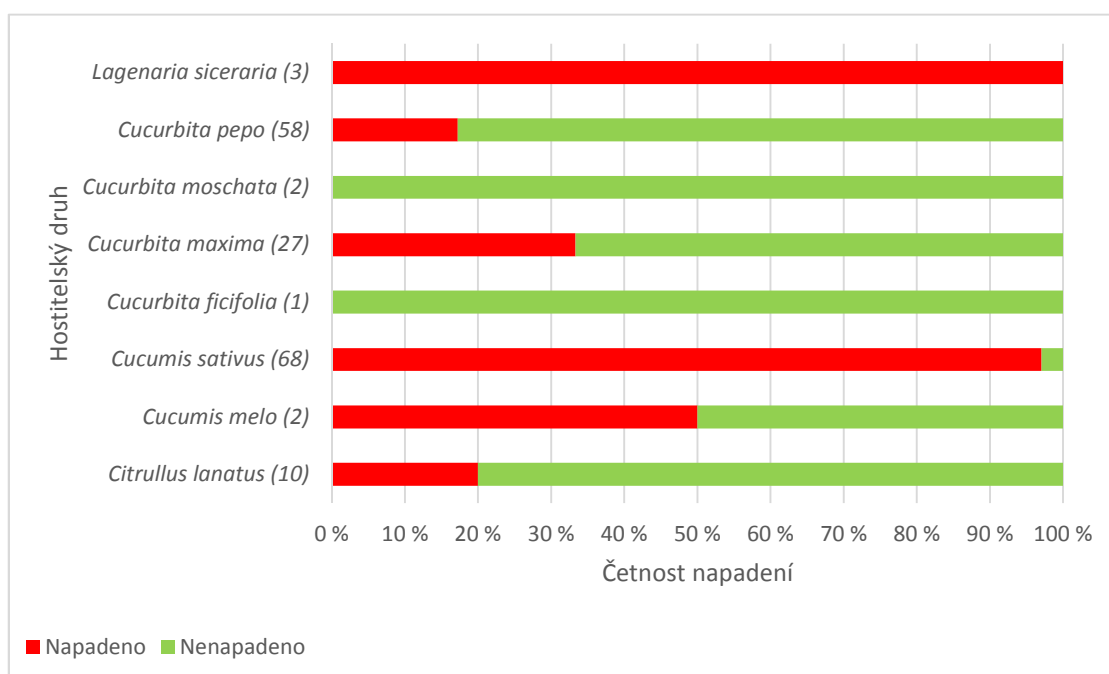
stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	18	50	19	12	1



Obrázek 12 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae zaznamenaných na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2010

5.2 Rok 2011

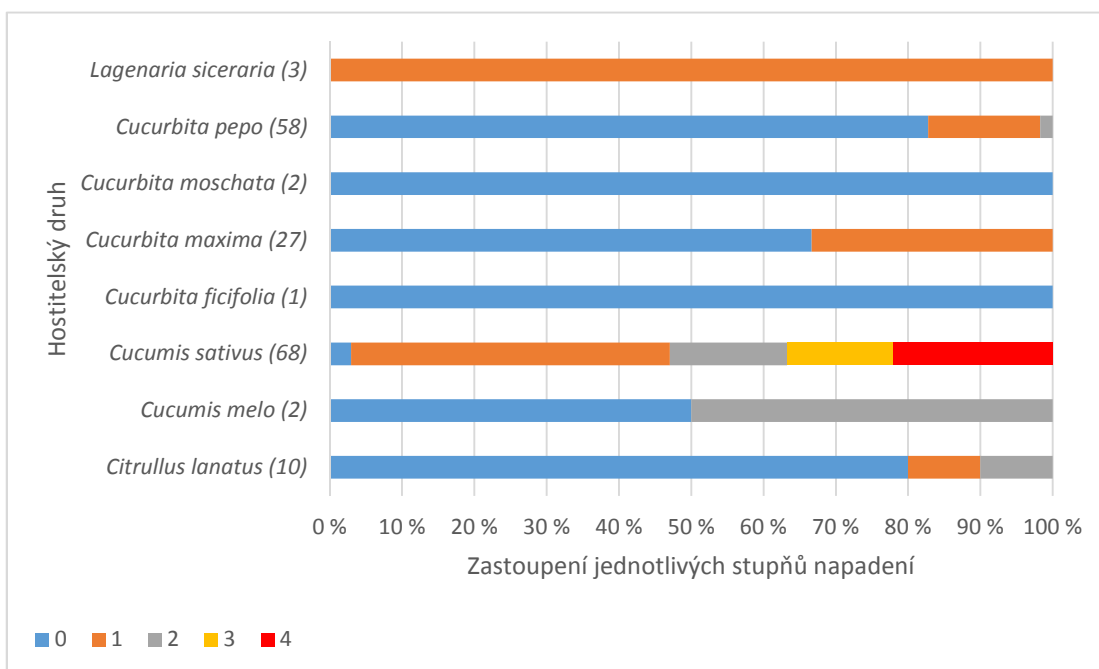
V roce 2011 bylo sledováno 83 lokalit a 264 porostů. První výjezd proběhl 11. července a poslední 25. září. Napadení bylo pozorováno na 70 % lokalit. Nejvíce porostů bylo napadeno ve stupni 1 (49 %, Tab. 6). Stupeň 4 se nevyskytl na žádné lokalitě, vyskytl se pouze u druhu *C. sativus* (Obr. 14). Jednalo se o 15 lokalit respektive o 22 % hodnocených lokalit druhu. Stupeň 3, který byl v celkovém hodnocení zastoupený na 6 % lokalit se také vyskytl pouze u druhu *C. sativus* na 15 % lokalit. Větší počet lokalit byl v tomto roce hodnocen i pro druh *C. lanatus* (Obr. 13). Z 20 % napadených lokalit byla polovina napadena ve stupni 1 a druhá ve stupni 2 (Obr. 14).



Obrázek 13 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2011

Tabulka 6 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2011

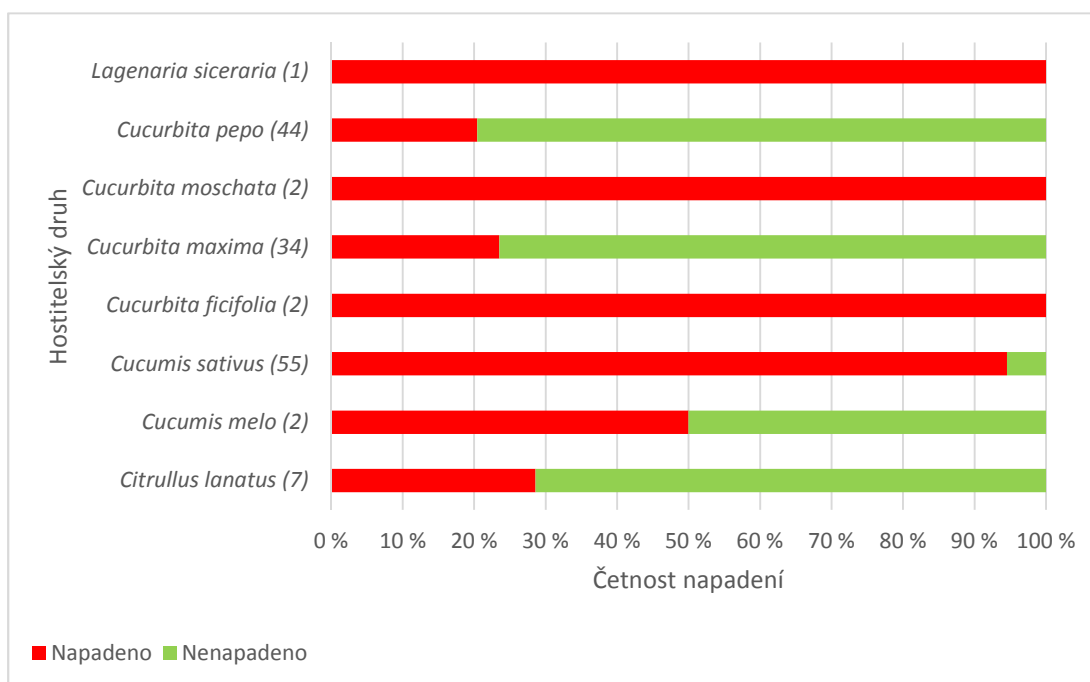
stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	30	49	14	6	0



Obrázek 14 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2011

5.3 Rok 2012

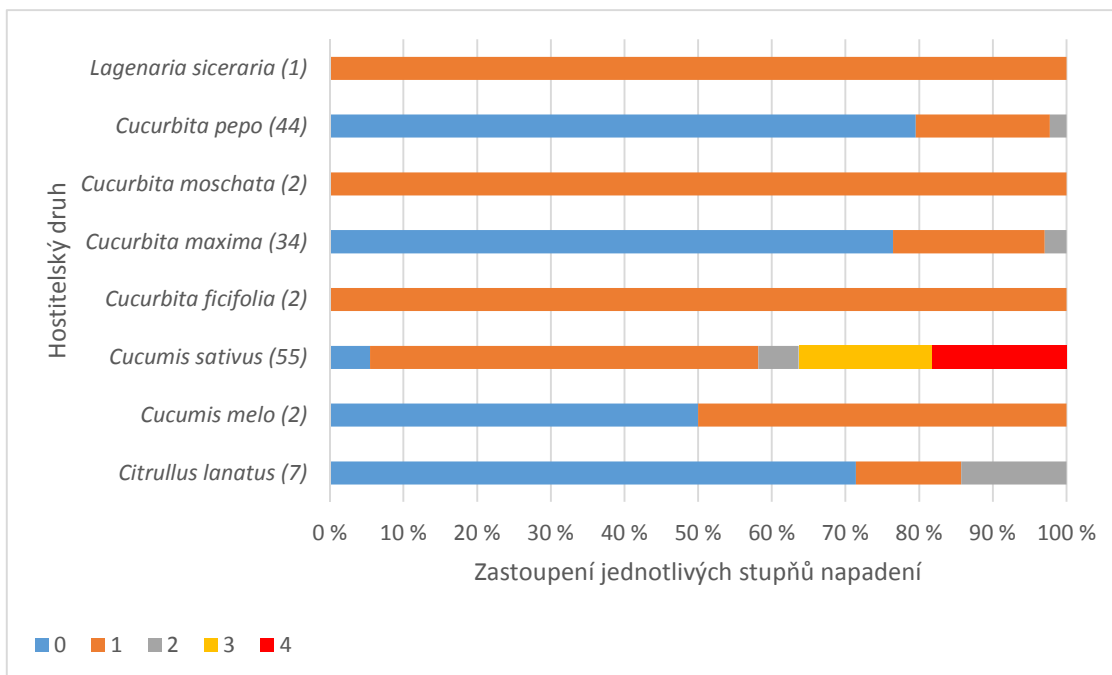
V roce 2012 bylo sledováno 74 lokalit a 216 porostů. První výjezd proběhl 11. července a poslední 8. října. Napadení bylo pozorováno na 61 % lokalit. Nejvíce lokalit bylo napadeno ve stupni 1 (49 %, Tab. 7). Stupeň 4 byl v celkovém hodnocení dosažen na 1 % lokalit. Z hlediska druhu se jednalo o 18 % lokalit druhu *C. sativus* (Obr. 16). Obdobně se i stupeň 3, v celkovém hodnocení zastoupen ze 3 %, vyskytoval z hlediska druhu pouze na 18 % lokalit druhu *C. sativus*. Druh *C. lanatus* měl ze 7 lokalit po 14 % ve stupni 1 i 2 (Obr. 15, Obr. 16).



Obrázek 15 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2012

Tabulka 7 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2012

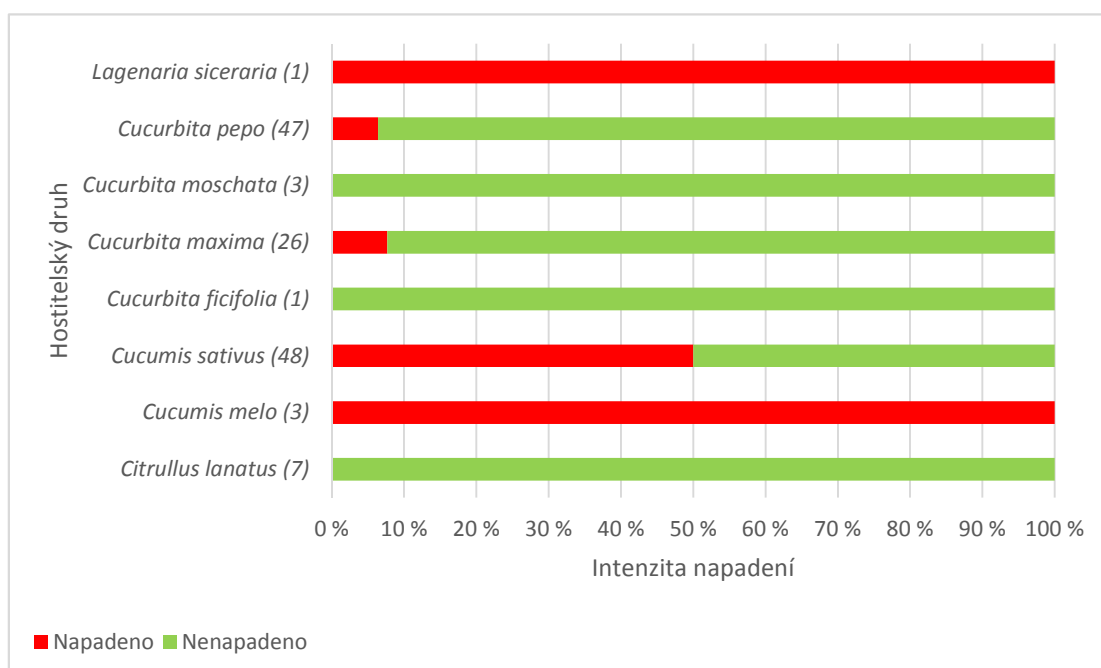
stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	39	49	8	3	1



Obrázek 16 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2012

5.4 Rok 2013

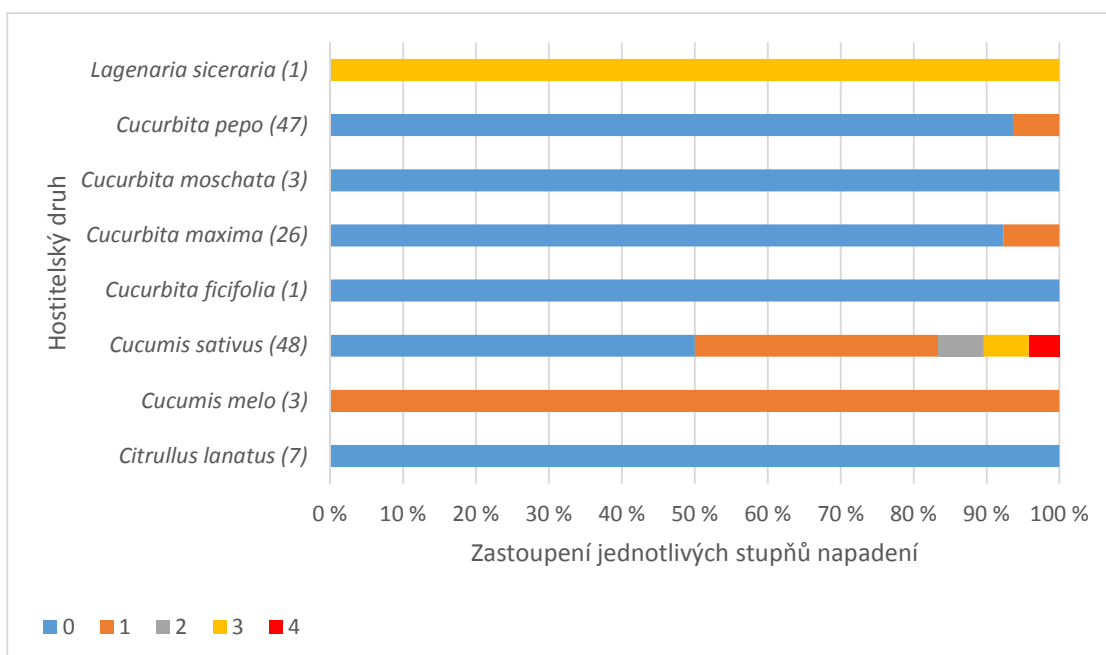
V roce 2013 bylo sledováno 68 lokalit s 196 porosty. První výjezd proběhl 23. července a poslední 22. října. Napadení bylo zaznamenáno 29 % sledovaných lokalit (Tab. 8). Z napadených lokalit byla většina postižena stupněm 1 (26 %). Stupeň 2 byl zaznamenán pouze na 3 % lokalit. Vyšší stupně napadení se vyskytly pouze u jednotlivých druhů: stupeň 3 na jediné hodnocené lokalitě druhu *L. siceraria*, stupeň 4 na 2 % lokalit druhu *C. sativus* (Obr. 18). Žádná ze 7 hodnocených lokalit druhu *C. lanatus* nevykazovala napadení *P. cubensis* (Obr. 17).



Obrázek 17 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2013

Tabulka 8 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2013

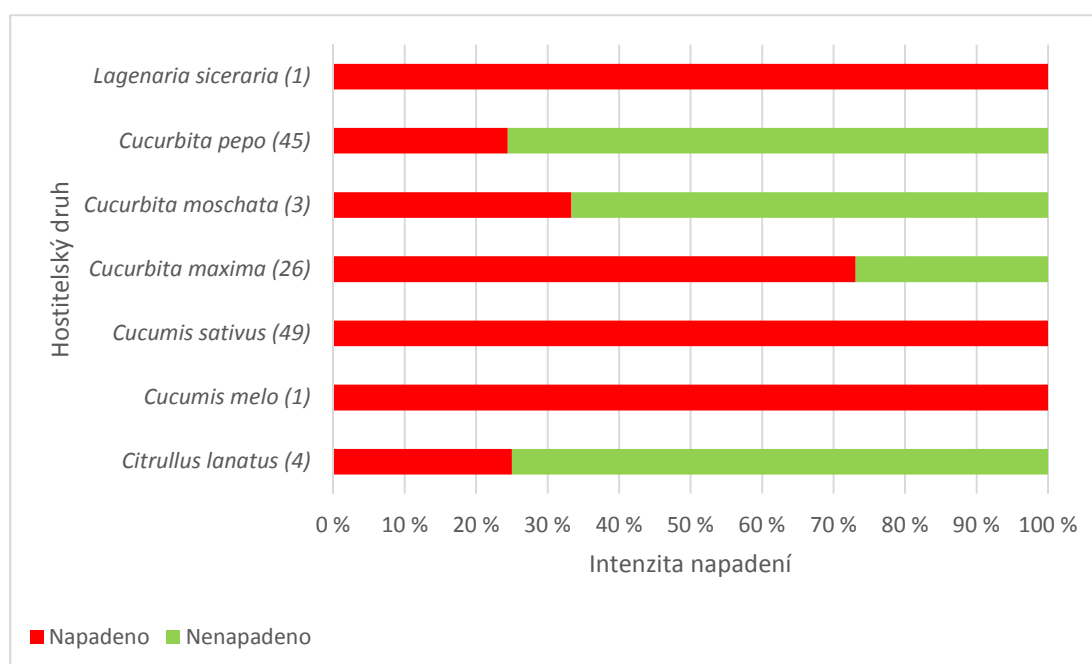
stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	71	26	3	0	0



Obrázek 18 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2013

5.5 Rok 2014

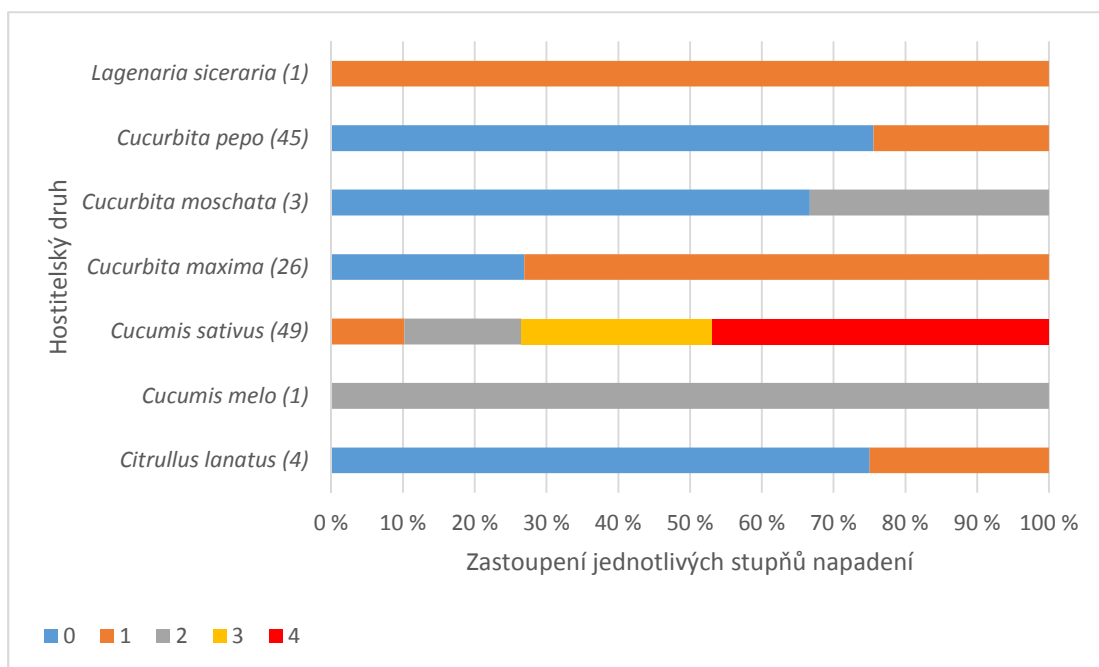
V roce 2014 bylo navštíveno 73 lokalit a 189 porostů. První výjezd proběhl 22. července a poslední 13. října. Napadení se projevilo na 70 % lokalit (Tab. 9). Nejvíce lokalit bylo napadeno ve stupni 1. Stupeň 4 se vyskytl na 7 % z celkového počtu lokalit, v rámci druhů se jednalo o 47 % lokalit druhu *C. sativus* (Obr. 20). Tento druh byl také jediný, u kterého se vyskytl stupeň napadení 3 a to na 27 % lokalitách. Stupeň 2 se kromě 16 % lokalit druhu *C. sativus* vyskytl pouze na 1 ze 3 lokalit druhu *C. moschata* a 1 lokalitě druhu *C. melo* (Obr. 19, Obr. 20).



Obrázek 19 Četnost výskytu plísňe dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2014

Tabulka 9 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2014

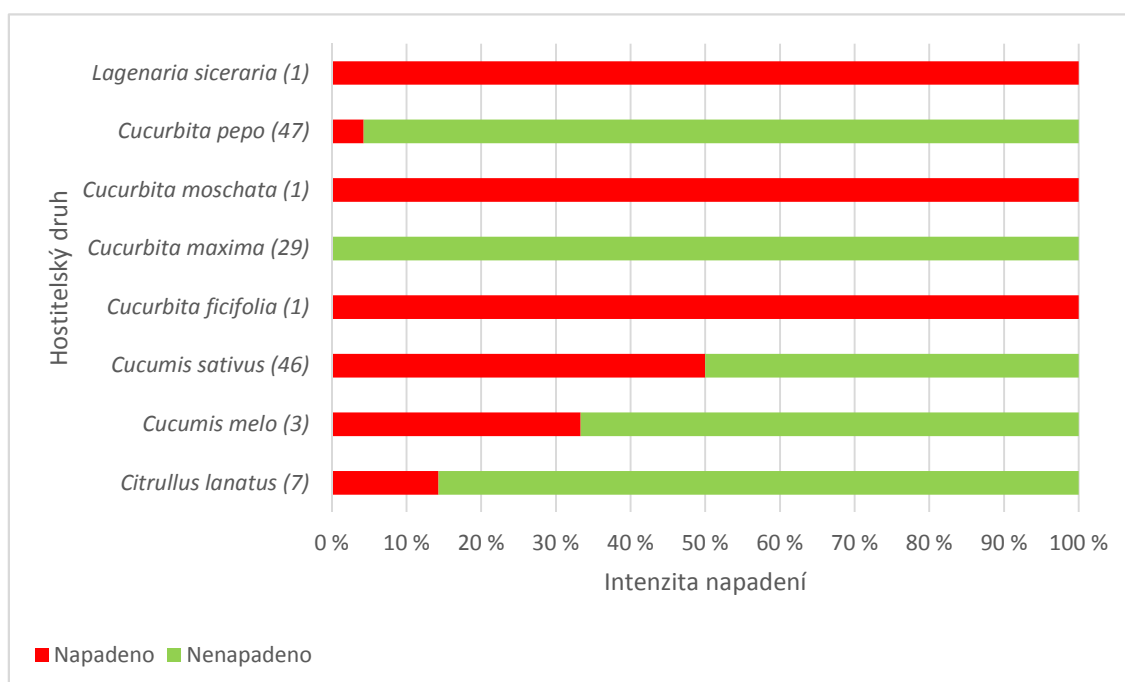
stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	30	33	22	8	7



Obrázek 20 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2014

5.6 Rok 2015

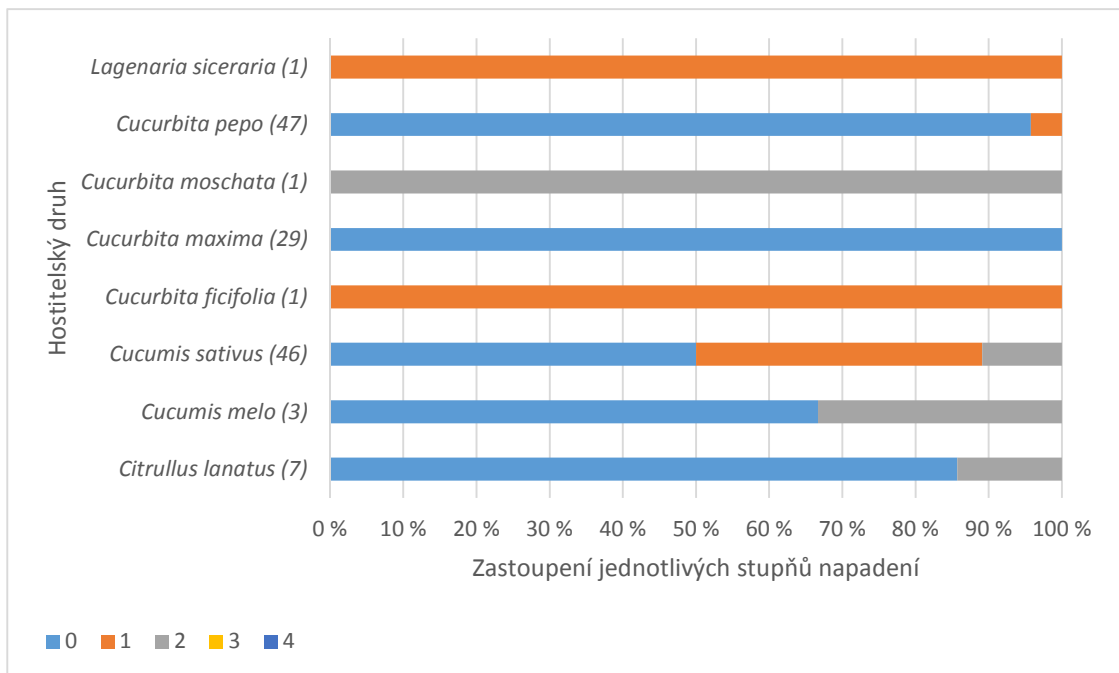
V roce 2015 bylo navštíveno 69 lokalit se 166 porosty. První výjezd proběhl 10. srpna a poslední 6. října. Napadení se projevilo na 22 % lokalit (Tab. 10). Lokality se stupněm napadení 1 tvořily 20 % sledovaných lokalit. Stupeň 2 byl zastoupen pouze na 1 % lokalit a byl nejvyšším stupněm dosaženým v celkovém hodnocení i v rámci hodnocení druhů. U druhů s větším počtem záznamů se projevilo pouze na 11 % lokalit *C. sativus*. Ve stupni dva bylo dále napadeno vždy po jedné lokalitě druhů *C. melo* a *C. moschata* a *C. lanatus* (Obr. 21, Obr. 22).



Obrázek 21 Četnost výskytu plísně dýňovitých na jednotlivých zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na navštívených lokalitách ČR v roce 2015

Tabulka 10 Frekvence lokalit s výskytem jednotlivých stupňů napadení v roce 2015

stupeň napadení	0	1	2	3	4
frekvence lokalit (%)	78	20	1	0	0



Obrázek 22 Intenzita napadení plísní dýňovitých u jednotlivých druhů čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v roce 2015

5.7 Celkový přehled vývoje napadení plísni dýňovitých na zaznamenaných druzích čeledi Cucurbitaceae na monitorovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015

Prevalence (četnost výskytu choroby) onemocnění plísni dýňovitých se v rámci historických regionů České republiky v některých letech výrazněji lišila (Tab. 11). Lišil se i poměr počtu lokalit s porosty napadenými a nenapadenými plísní (Tab. 12). V roce 2013 byla prevalence na Moravě výrazně vyšší, než v Čechách (36 % ku 19 %). Naopak v roce 2015 byla prevalence v Čechách téměř dvojnásobná (30 % ku 17 %).

V roce 2010 bylo v Čechách více lokalit s napadenými porosty v poměru k nenapadeným než na Moravě. V roce 2012 byl naopak zaznamenán trend opačný a v roce 2015 měly znovu výraznou početní převahu lokality bez příznaků infekce *P. cubensis* nad lokalitami se zaznamenanou infekcí na Moravě. Ve zbývajících letech byl poměr lokalit s porosty *P. cubensis* napadenými a nenapadenými obdobný.

Tabulka 11 Četnost výskytu onemocnění plísni dýňovitých v letech 2010-2015 v rámci historických regionů České republiky

Region	Rok/četnost napadených lokalit (%)					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Čechy	86	72	52	19	67	30
Morava	78	69	67	36	72	17

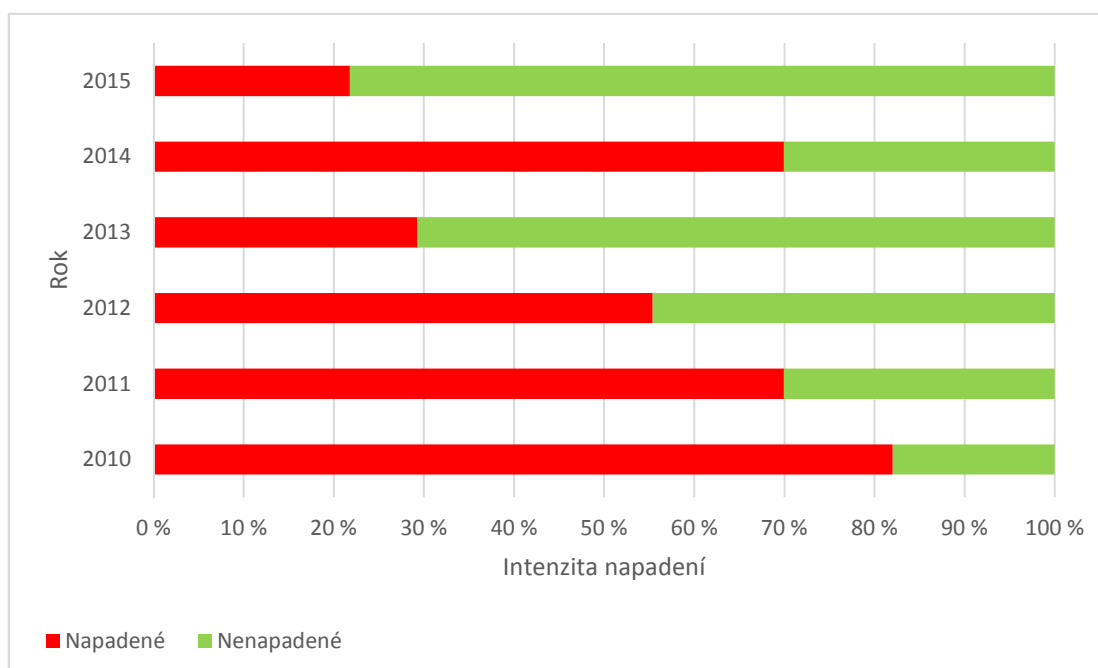
Tabulka 12 Detailní přehled počtu lokalit s výskytem či absencí plísně dýňovitých v letech 2010-2015 v rámci historických regionů České republiky

Rok	Čechy		Morava		Σ	
	Napaden	Nenapaden	Napaden	Nenapaden	Napaden	Nenapaden
	é	é	é	é	é	é
2010	38	6	40	11	79	17
2011	23	9	35	16	58	25
2012	16	15	29	14	45	29
2013	5	21	15	27	20	48
2014	18	9	33	13	51	22
2015	7	16	8	38	15	54

Z hlediska prevalence plísně dýňovitých v celém sledovaném období (2010-2015) se ukázal jako nejsilnější rok 2010, kdy byla četnost výskytu *P. cubensis* na monitorovaných porostech tykvovitých plodin nejvyšší (dosáhla 82 %), o něco nižší

(70 %) byla v roce 2011 a 2014 (Obr. 23). V roce 2013 a 2015 byla situace úplně opačná. Výraznou početní převahu měly lokality bez infekce *P. cubensis*.

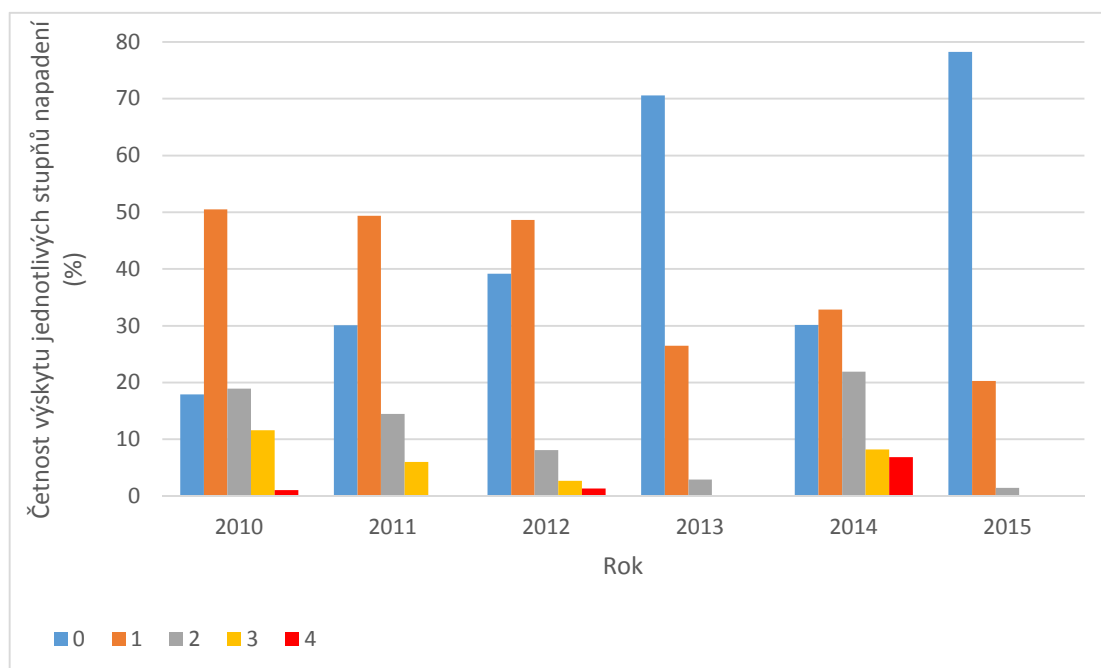
Z výsledků hodnocení prevalence napadení *P. cubensis* ve sledovaném období se ukázalo, že v letech 2010-2013 došlo k poklesu četnosti *P. cubensis* na monitorovaných porostech navštívených lokalit. Výjimkou byl rok 2014, kdy naopak došlo k výraznému nárůstu počtu lokalit se zjištěným výskytem *P. cubensis*. Rok 2015 pak znovu navázal na předchozí trend poklesu intenzity napadení do roku 2013.



Obrázek 23 Četnost výskytu plísně dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách ČR v letech 2010-2015

Intenzita napadení porostů tykvovitých zelenin plísní dýňovitých se v letech 2010-2015 na monitorovaných lokalitách České republiky lišila (Obr. 24). Do roku 2012 byla na sledovaných porostech nejčastěji zaznamenána pouze slabá infekce (stupeň 1, 50 % lokalit), ale v tomto tříletém období byl rovněž pozorován nárůst počtu lokalit s porosty tykvovitých zelenin bez příznaků infekce plísní dýňovitých (stupeň 0, 18-39 % lokalit). V roce 2013 byla většina monitorovaných lokalit bez infekce *P. cubensis* (71 % lokalit) a 26 % lokalit pouze slabě napadeno (stupeň 1). Naopak středně, silně až velmi silně infikované porosty *P. cubensis* (stupeň 2-4) nebyly v tomto roce vůbec zaznamenány. Obdobná situace jako v roce 2013 byla v české populaci *P. cubensis* zjištěna také v roce 2015. Rozdílný z pohledu intenzity napadení se ukázal rok 2014. Žádný ze stupňů napadení, hodnocených pomocí 5-ti bodové stupnice podle Lebedy a Křístkové (1994), v tomto roce neměl, na rozdíl od zbývajících let, v rámci

hodnocených porostů výraznou převahu. Stupně 0 (bez infekce), 1 (slabé napadení) a 2 (střední) byly zaznamenány s frekvencí 30 %, 33 % a 22 %. Ostatní hodnotící stupně napadení (3 a 4) nepřekročily 8% hranici četnosti. Výsledky hodnocení intenzity napadení však ukázaly, že se středně silně až silně napadené porosty tykvovitých zelenin (stupeň 3 a 4) vyskytovaly s nízkou četností (stupeň 3: 0–12 %; stupeň 4: 0–7 %) v celém monitorovaném období.



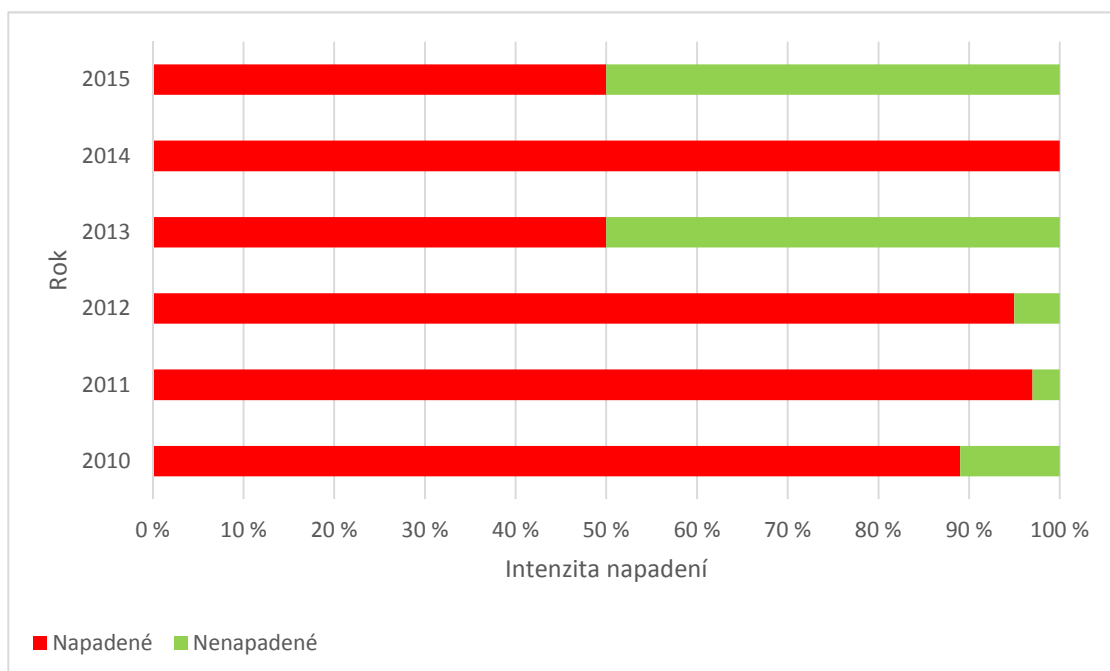
Obrázek 24 Intenzita napadení plísní dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010–2015

* podle Lebedy a Křístkové (1994)

Statistický test prokázal existenci rozdílu mezi první a druhou částí sezóny ($n_1=707$, $n_2=527$, $D_{mn}= 0,21$, $p>0,05$). Střední hodnota napadení (median) v první části sezóny byla 1, ve druhé 2.

5.8 *Cucumis sativus*

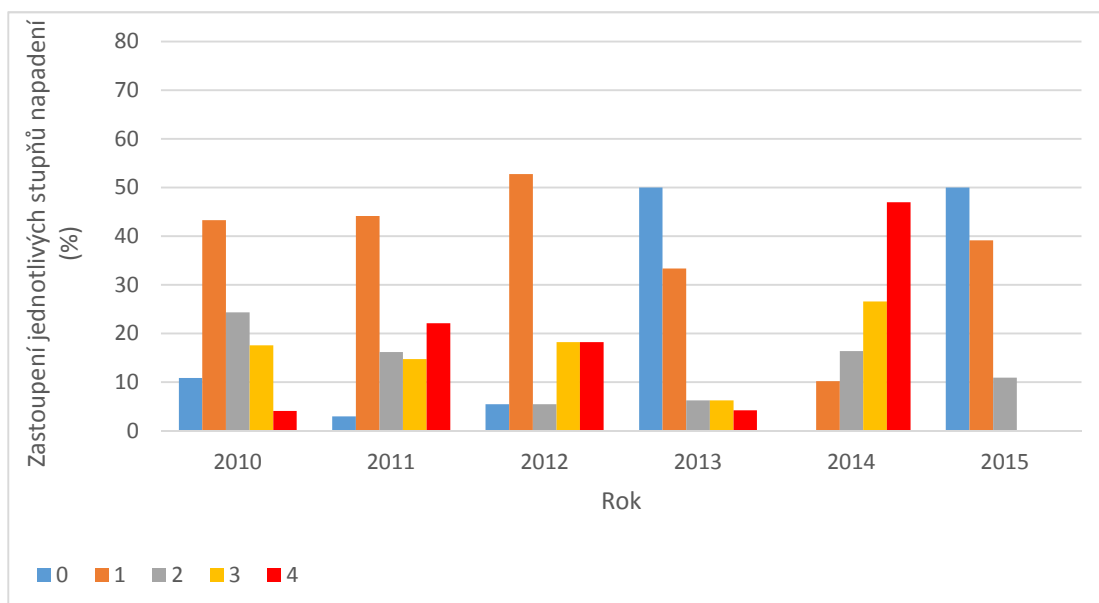
Porosty druhu *C. sativus* byly přítomny na většině navštívených lokalit, jejichž počet se pohyboval v rozmezí od 74 (v roce 2010) do 46 lokalit (2015). Četnost výskytu *P. cubensis* na tomto hostitelském druhu byla v celém monitorovaném období poměrně vysoká (Obr. 25) a ve srovnání se zbývajícími monitorovanými druhy byla četnost napadení na lokalitách druhu *C. sativus* vždy nejvyšší. V roce 2014 dosáhla 100% hranici a v letech 2010-2012 byla rovněž vysoká (89–95 %). Určitý pokles četnosti výskytu *P. cubensis* na *C. sativus* byl pozorován v roce 2013 a 2015, kdy bylo napadeno pouze 50 % monitorovaných lokalit.



Obrázek 25 Četnost výskytu plísně dýňovitých na porostech okurky seté (*Cucumis sativus*) na sledovaných lokalitách ČR v letech 2010-2015

Intenzita napadení porostů okurky seté (*Cucumis sativus*) plísní dýňovitých se v letech 2010-2015 na monitorovaných lokalitách České republiky lišila (Obr. 26). Do roku 2012 mělo na sledovaných lokalitách výraznou převahu slabé napadení (stupeň 1). V roce 2013 a 2015 bylo na sledovaných lokalitách s porosty *C. sativus* nejčastěji pozorováno buď slabé napadení (stupeň 1) nebo nebyla infekce na *C. sativus* zaznamenána vůbec (hodnocena stupněm 0). Zcela odlišná od ostatních let v rámci monitorovaného období mezi lety 2010-2015 byla situace v české populaci *P. cubensis* v roce 2014, kdy naopak téměř polovina hodnocených porostů *P. cubensis* byla infikována velmi silně (stupeň 4, 47 % porostů).

Četnost napadení druhu *C. sativus* plísní dýňovitých nejevila v celém monitorovací období z hlediska prevalence ani z hlediska frekvence výskytu jednotlivých stupňů napadení žádný výrazný trend.



Obrázek 26 Intenzita napadení plísní dýňovitých na okurce seté (*Cucumis sativus*) na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015

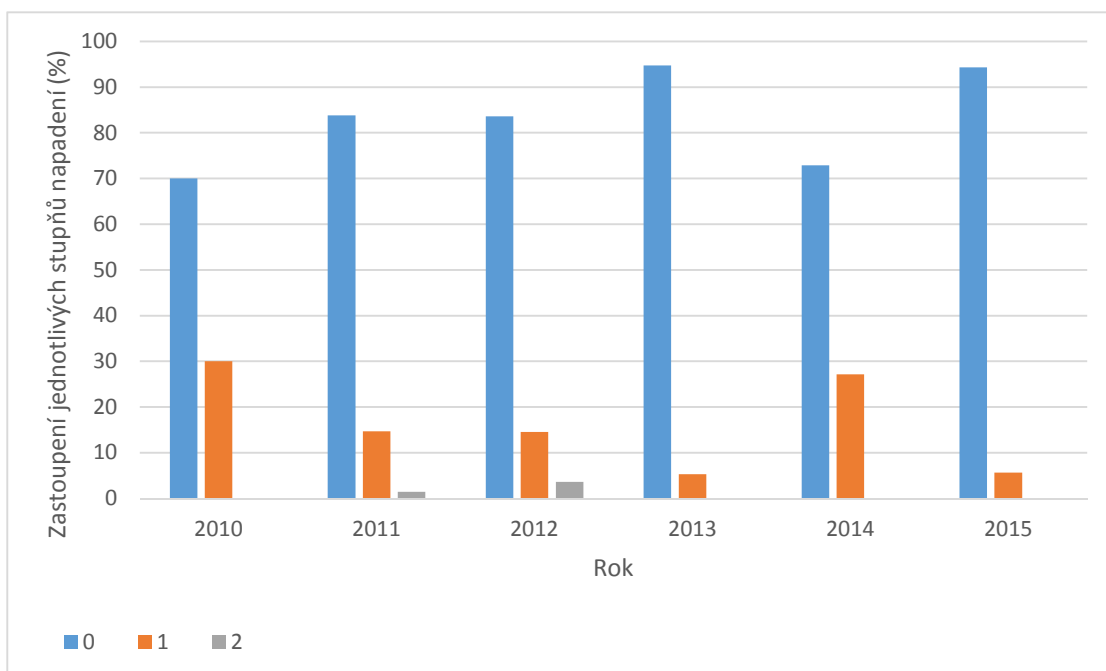
5.9 Rod *Cucurbita*

Porosty hostitelských druhů, patřících do rodu *Cucurbita* (*C. pepo*, *C. maxima*, *C. moschata*, *C. ficifolia*), byly každoročně přítomny na více než 40 lokalitách, které byly monitorovány z hlediska četnosti výskytu a intenzity napadení *P. cubensis*. V rámci jednotlivých let se počet monitorovaných lokalit těchto druhů pohyboval v rozmezí 43-68 lokalit (Tab. 13).

Četnost výskytu *P. cubensis* na družících rodu *Cucurbita* se v jednotlivých letech výrazně lišila (Tab. 13). Nízká intenzita napadení se projevila v roce 2013 (5 % lokalit) a 2015 (6 %). V roce 2010 a 2014 se intenzita napadení naopak zvýšila. V roce 2010 se napadení projevilo na 30 % lokalit a v roce 2014 na 27 %. Většina sledovaných lokalit s porosty hostitelských rostlin, patřících do rodu *Cucurbita*, však byla vždy bez infekce *P. cubensis* (70-95 % porostů). Pokud se infekce vyskytla, jednalo se převážně pouze o slabé napadení (stupeň 1), vzácně středně silné (stupeň 2). Na žádném z monitorovaných porostů tykví nebyla zaznamenána silnější infekce *P. cubensis* (stupeň 3–4, Obr. 27).

Tabulka 13 Počet sledovaných lokalit, prevalence a zastoupení jednotlivých stupňů napadení hostitelských druhů rodu *Cucurbita* v letech 2010-2015

rok	počet lokalit	prevalence (%)	stupeň napadení/frekvence lokalit v jednotlivých stupních napadení (%)		
			0	1	2
2010	43	30	70	30	0
2011	68	16	84	15	1
2012	55	18	84	15	4
2013	57	5	95	5	0
2014	59	27	73	27	0
2015	53	6	94	6	0



Obrázek 27 Intenzita napadení plísňí dýňovitých na hostitelských druzích rodu *Cucurbita* na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2010-2015

6 DISKUZE

V experimentální části předložené diplomové práce jsou zpracována data o výskytu a škodlivosti plísně dýňovitých, která mi byla poskytnuta pracovníky oddělení fytopatologie Katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a která byla získána při sběrových expedicích v průběhu vegetačních sezón let 2010-2015 z monitorovaných oblastí České republiky. Diplomová práce tak navazovala na předchozí výzkum v této oblasti, který je na Katedře botaniky realizován již od roku 2001 (Lebeda et al., 2011). Výsledky zpracované v této DP za období 2010-2015 opětovně potvrdily závěry z let předchozích (2001-2009), že v české populaci *P. cubensis* existuje velká časo-prostorová variabilita z hlediska četnosti výskytu *P. cubensis* (prevalenci) na hostitelských rostlinách čeledi Cucurbitaceae a rovněž i v intenzitě napadení.

Četnost výskytu *P. cubensis* (prevalence) na hostitelských rostlinách čeledi Cucurbitaceae se v hodnoceném období pohybovala v rozmezí od 22 % do 82 %. V předchozích letech, od roku 2001 do roku 2009, dosahovala nejnižší četnosti 66 % (Lebeda et al., 2011). V obou zájmových obdobích se vyskytly roky s výrazně nižší frekvencí výskytu *P. cubensis* na monitorovaných porostech. Od roku 2001 se jednalo o roky 2004 (66 %) a 2006 (70 %) (Lebeda et al., 2011). Hned na úvod je ale potřeba zdůraznit, že se jednalo o data získaná převážně z druhu *C. sativus*. V mnou hodnoceném období let 2010–2015 byla četnost výskytu *P. cubensis* nízká v roce 2013 (29 %) a 2015 (22 %). Porovnání dat o průměrné teplotě, množství srážek a relativní vlhkosti vzduchu v mnou hodnocených i předchozích letech by mohlo tuto variabilitu vysvětlovat, viz tab. 16 a tab. 17, příloha č. 4 a, b.

Průměrná teplota v červenci je v České republice 16,9° C (zdroj: ČHMÚ). V hodnocených letech (2010-2015) byla průměrná teplota s výjimkou roku 2011 (kdy byla průměrná teplota 16,4° C) vždy vyšší a v průměru se pohybovala okolo 18,6° C. V roce 2013 byla průměrná teplota 19,4° C a v roce 2015 20,2° C.

Teplota v roce 2013 nebyla ve srovnání s dalšími roky hodnoceného období výjimečná. V roce 2014, kdy byla prevalence onemocnění naopak výrazně vyšší, dosáhla průměrná teplota 19,2° C, tedy hodnoty obdobné roku 2013. Podobné srovnání lze vysledovat i v předchozích letech. V roce 2004 byla průměrná teplota 17° C a byla nejnižší průměrnou červencovou teplotou daného období. Bylo by tedy možné přisuzovat nízkou četnost výskytu (prevalenci) *P. cubensis* na porostech tykvovitých zelenin

v porovnání s ostatními roky v tomto období právě teplotě. V roce 2011, kdy dosahovala prevalence v mnou hodnoceném období druhé nejvyšší hodnoty, však byla průměrná teplota ještě o více než půl stupně nižší, a to 16,4° C (data o teplotách z ČHMÚ).

Průměrný úhrn srážek je v České republice v červenci 79 mm (zdroj: ČHMÚ). Průměrný úhrn srážek byl od roku 2010 v červenci 91,33 mm. V roce 2013 byl dlouhodobý normál srážek za červenec 34 mm a v roce 2015 36 mm. Zároveň byla v daných letech v tomto měsíci ve srovnání s průměrem snižena relativní vlhkost vzduchu (zdroj: ČHMÚ). Na rozdíl od teploty byly hodnoty průměrného úhrnu srážek i relativní vlhkosti vzduchu těchto dvou let v rámci sledovaného období jedinečné. Obdobně nízké ve srovnání se zbývajícími roky byly i hodnoty v roce 2006. Pro rok 2004 nejsou na stránkách ČHMÚ uvedené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Průměrný úhrn srážek v červenci byl ale v tomto roce také výrazně nižší.

S výjimkou roku 2015 teploty i srážky byly v letech s nízkou prevalencí v srpnu a září různě proměnlivé. Většinou se však hodnoty výrazně nelišily v porovnání se zbývajícími roky nebo dosahovaly stejných či vyšších hodnot, než v letech s vysokou prevalencí *P. cubensis*.

Studiemi vztahu teploty a relativní vlhkosti vzduchu zejména pro klíčení oospor se zabývalo vícero autorů (Cohen a Rubin, 2012; Neufeld a Oijambo, 2012; Arauz et al., 2010). Výsledky těchto studií se však lišily. Optimální teplota pro *P. cubensis* byla v těchto studiích uváděna v rozmezí 10-25° C. V Malaisii byla optimální teplota pro vypuknutí epidemie 25–30 ° C a RH více než 95 % (Salaty et al., 2010). Pokud však není zajištěna dostatečná vlhkost při klíčení spor, tak mají teplota a zbývající proměnné pouze omezený vliv (Arauz et al., 2010). Podle studie vede navíc delší přítomnost volné vody na listech k závažnějším infekcím i v jinak méně optimálních podmínkách z hlediska teploty a koncentrace inokula. Celkově všechny výše zmíněné studie potvrzují mnou pozorovaný jev, kdy měla prevalence infekce *P. cubensis* nejužší souvislost s množstvím srážek a relativní vlhkostí vzduchu v počáteční fázi šíření infekce, tedy v červenci.

Srpen a září roku 2015 patřily, stejně jako červenec 2015, k nejteplejším měsícům celého období. Z hlediska celkového vývoje průměrných teplot od roku 2001 byl tento rok výjimečný. Podobné hodnoty prevalence v letech 2013 a 2015 jsou tedy překvapivé. Bylo by možné očekávat, že bude prevalence *P. cubensis* v roce 2015 v porovnání s rokem 2013 ještě výrazně nižší. Počty sledovaných lokalit v obou letech byly obdobné, stejně jako spektrum hostitelských rostlin na monitorovaných lokalitách. Z hlediska teplot nebyl rok 2013 výjimečný. Na rozdíl od roku 2015 nepatřily srpen a září roku 2013

k nejsušším měsícům. Hodnota průměrného úhrnu srážek byla obdobná ostatním letem. Shodně s rokem 2015 byl však červenec roku 2013 mimořádně suchý. Opět se tedy potvrzuje předpoklad, že nejvýznamnějším vliv na prevalenci *P. cubensis* má množství srážek v červenci.

Rok 2010 byl podle hodnot prevalence *P. cubensis* nejpříznivější. Z klimatického hlediska se odlišuje mírně vyšší teplotou v červenci a vyšším úhrnem srážek v srpnu.

Ve srovnání s hodnotami prevalence z předchozích let (2001-2009) byly hodnoty porovnávány v této diplomové práci celkově nižší. Obecný trend výše diskutovaných povětrnostních charakteristik se v obou zájmových obdobích nelišil. Jedním z možných vysvětlení může být již také zmiňovaná skutečnost, že v předchozím období pochází získaná data převážně z druhu *C. sativus*. Porovnáme-li hodnoty prevalence *P. cubensis* z předchozího období pouze s hodnotami druhu *C. sativus*, rozpětí hodnot se téměř shoduje. V letech z hlediska prevalence *P. cubensis* nejslabších byly mé hodnoty prevalence 50 % (2013). V předchozím období byla nejnižší hodnota 66 % (2006). V obou datových souborech se vyšší hodnoty prevalence *P. cubensis* pohybovaly nad 90% hranicí.

Vyšší intenzita napadení plísní dýňovitých z hlediska výskytu vyšších stupňů napadení (stupně 3 a 4, silně až velmi silně napadené porosty tykvovitých zelenin druhem *P. cubensis*), byla zaznamenána v letech 2010, 2011 a 2014. V roce 2010 byla silná až velmi silná infekce (stupeň 3-4) zaznamenána na 13 % porostů, v roce 2014 15 % a v roce 2011 6 %. Ve všech uvedených letech byla zároveň relativně vysoká i celková prevalence *P. cubensis* na monitorovaných lokalitách. Uvažujeme-li jako příčinu úspěšnosti plísně příznivější počáteční klimatické podmínky, mohlo by pozorování odpovídat poznatkům Cohena a Arauze (Cohen, 1977; Arauz, 2010). Podle jejich práce se zdá, že kombinace faktorů významných pro počátek infekce následně ovlivňuje i stupeň a rozsah onemocnění.

Podle Arauze (Arauz et al., 2010) hraje po propuknutí infekce rozhodující úlohu teplota. Nižší teploty mohou zpozdit projev symptomů, naopak vyšší mohou celý infekční proces urychlit.

Další, v rámci diskuze dosud nezmíněnou veličinou, která by mohla souviset s rozdíly ve sledovaných charakteristikách v jednotlivých letech jak z hlediska prevalence *P. cubensis* tak i intenzity napadení, je sluneční záření. Delší vystavení spor slunečnímu záření snižuje klíčivost spor a tím tak následně snižuje závažnost onemocnění

(Kanetis et al., 2010). Množství slunečního záření v jednotlivých letech tedy patrně také přispělo k variabilitě získaných dat.

Jako nejvýznamnější biotický faktor rozvoje onemocnění na hostitelském druhu je vnímána koncentrace sporangií (Cohen, 1977). Tato veličina však v rámci výzkumu sledována dosud nebyla. Podle Cohena a Rotema (1971a) byla pro rozvoj onemocnění významnější, než teplota, blízkost zdroje. Ani o této skutečnosti neexistují dostupné záznamy.

Celkově se počátek onemocnění zdá být více závislý na makroklimatických jevech (Holmes et al., 2015), následný rozvoj onemocnění pak mohou výrazně ovlivňovat podmínky mikrostanoviště (Lebeda et al., 2011).

Patogen prošel v nedávné době výraznými změnami u nás i ve světě. V Izraeli se v roce 2002 objevil nový patotyp patogenu (Cohen et al., 2003). Ve Spojených Státech se v roce 2004 patrně objevila nový patotyp nebo rasa (v těchto termínech nejsou práce jednotné) schopná překonat resistenci tamních kultivarů tykvovitých (Holmes et al., 2015). V roce 2010 byl objeven nový párovací typ A2 schopný sexuální reprodukce. Zdá se, že se častěji vyskytuje na rodu *Cucurbita*, zatím co původní párovací typ A1 byl častěji sledován na rodu *Cucumis* (Cohen et al., 2015).

Vzhledem k výše popsané situaci ve světové populaci plísňě dýňovitých by bylo možné hledat příčiny rozdílů v četnosti výskytu a intenzitě napadení *P. cubensis* také pomocí studia patogenní struktury a virulence české populace *P. cubensis*, zejména počtu determinovaných množství patotypů tohoto patogenu. Pro mnou hodnocené období však zatím nebyla podrobnější data o patotypech a virulenci *P. cubensis* souhrnně zpracována a publikována. Vzájemné srovnání je možné za předchozím sledované období, viz přílohy č. 2 a 3.

V České republice bylo v období od roku 2001 do roku 2010 determinováno celkem 67 různých patotypů na diferenčním souboru 12 genotypů čeledi Cucurbitaceae navrženého Lebedou a Wiederlechnerem (2003). Počet a typy patotypů *P. cubensis* se v jednotlivých letech lišily. Například v roce 2001 bylo zjištěno 13 patotypů, v roce 2007 pouze 5. Především v letech 2008 a 2010 se u nás objevil patotyp schopný napadat všechny u nás pěstované hostitelské druhy (Lebeda et al., 2013).

V letech 2001–2010 byly nejvyšší stupně virulence v populacích *P. cubensis* zaznamenány v roce 2007 a 2010. O málo nižší byla virulence v roce 2003 a 2004. Největší počet patotypů byl zaznamenán v roce 2001. Vysoká virulence ani množství patotypů však na první pohled nekorespondují s nejvyššími zaznamenanými hodnotami

prevalence ani závažnosti choroby. Žádný přímý vztah mezi patotypy a závažností onemocnění neprokázal ani Lebeda a kol. (2016). Vztah těchto veličin tedy bude pravděpodobně složitější a bude potřeba další, detailnější studie.

Významná změna z hlediska výskytu plísně a hostitelského okruhu nastala v České republice v roce 2009, kdy se plíseň dýňovitých poprvé objevila na druhu *C. moschata* (Pavelková et al., 2011). Zároveň před rokem 2009 byl výskyt infekce na jiných u nás pěstovaných druzích, než je *C. sativus*, poměrně vzácný (Lebeda et al., 2011). Od roku 2009 se však plíseň na těchto druzích vyskytuje každoročně.

Pro větší počet získaných dat z hostitelských rostlin rodu *Cucurbita* v rámci monitorování prevalence a intenzity napadení byl v této DP podrobněji zpracován také rod *Cucurbita*. Prevalence onemocnění byla hned v prvním hodnoceném roce vysoká. Ze 43 lokalit se napadení, pouze na stupni 1 (slabé napadení), projevilo na 30 % z nich (13 lokalit). Napadení se s výjimkou roku 2014, kdy druh *C. ficifolia* nebyl vůbec hodnocen, a roku 2015, kdy bylo napadení na druhu *C. maxima* nulové, vyskytovalo na monitorovaných hostitelských druzích každoročně. Četnost napadení (u druhů *C. pepo* a *C. maxima*) byla obvykle pod 30% s nízkou závažností (stupeň 1–2 celkově i v rámci jednotlivých druhů).

Tyto záznamy jsou ve výrazném protikladu s rokem 2009, kdy byla poprvé zjištěna infekce *P. cubensis* na druhu *C. moschata* (tykvi muškátové) patřícím do rodu *Cucurbita*. Jednalo se však pouze o tuto jedinou zaznamenanou lokalitu a intenzita napadení porostu byla nízká (stupeň 1). Šlo zároveň i o jediný záznam *P. cubensis* na monitorovaném hostitelském druhu rodu *Cucurbita* v období od roku 2001–2009.

Zbývající dva hostitelské druhy *P. cubensis*, *C. melo* a *L. siceraria* nebyly v žádném roce monitorovány na více než 10 lokalitách. Tato skutečnost patrně odráží menší oblíbenost, ale zejména vyšší náročnost na pěstování těchto zástupců čeledi Cucurbitaceae. Z takto malého množství záznamů nelze usuzovat na významnější souvislosti. Přesto lze říci, že pokud byly tyto druhy monitorovány, plíseň se vyskytovala alespoň na 1 lokalitě. Výjimkou byl pouze rok 2013, ve kterém nebylo zaznamenáno napadení na žádné ze 7 lokalit druhu *C. lanatus*. Přestože se tyto záznamy mohou zdát méně významné, opět jsou v kontrastu se situací před rokem 2009, kdy se plíseň na daných druzích vůbec nevyskytla. Vzhledem k poměrně vysokému procentu virulentních izolátů *P. cubensis* citlivých vůči druhu *C. melo* (Lebeda et al., 2016) je navíc možné, že by napadení v případě většího množství monitorovaných lokalit dosáhlo srovnatelných hodnot, jako u druhu *C. sativus*.

V novější studii Kitnera a kol. (2016) byla změna v genetické struktuře populace patogenu po roce 2009 skutečně potvrzena. Izoláty z jiných hostitelských druhů, než *C. sativus*, a/nebo z let následujících po roku 2009, patřily převážně do odlišného shluku, v rámci kterého patrně došlo k nárůstu četnosti výskytu onemocnění *P. cubensis*. Navíc je podle této studie vysoce pravděpodobné, že v české populaci *P. cubensis* došlo po roce 2009 v shluku k sexuálnímu rozmnožování nebo mutaci. Náhlá změna v četnosti onemocnění u jiných hostitelských druhů, než *C. sativus*, zaznamenaná v rámci hodnoceného období (2010-2015), s těmito závěry koresponduje.

Napadení druhu *C. sativus* bylo ve srovnání s předchozími lety v průměru nižší. Vyskytly se ale i roky s vysokou prevalencí a data celkově nevykazovala žádný patrný trend. Na základě získaných dat tedy není možné vysledovat žádnou zásadní změnu četnosti napadení druhu *C. sativus* po roce 2009 obdobnou celkovým změnám a změnám na jiných hostitelských druzích.

Ve srovnání s hodnotami napadení *P. cubensis* na hostitelských druzích z rodu *Cucurbita* vykazovala závažnost onemocnění *P. cubensis* na druhu *C. sativus* vyšší variabilitu, prevalence i závažnost měly vyšší hodnoty. Druh *C. sativus* (okurka setá) je v České republice plodinou s dlouhou tradicí pěstování. Zároveň je hostitelským druhem plísně už od počátku výskytu závažnějších epidemií (Lebeda, 1986). S ohledem na delší interakci *P. cubensis* s druhem *C. sativus*, a s ohledem na množství pěstovaných porostů a tím i potenciálně lepší podmínky pro uchycení plísně, mohlo dojít ke zlepšování adaptace plísně na daného hostitele a ke zvýšení variability vzájemných vztahů. Větší množství patotypů a ras potvrdila i studie Lebedy a Cohena (2011) a novější studie Lebedy a kol. (2013).

Statistický test prokázal mezi první a druhou částí sezóny signifikantní rozdíl. Toto zjištění bylo v souladu s předpokladem, že v průběhu sezóny dochází k rozvoji onemocnění na již napadených porostech a tím zejména ke zvýšení závažnosti onemocnění. Střední hodnota napadení ve druhé části sezóny, po 15. červenci, byla o stupeň vyšší, než v první části sezóny. Datum sběru dat tedy mohlo mít na celkové výsledky monitoringu zkreslující vliv.

Pokud by bylo ve druhé polovině některého sledovaného roku navštíveno více lokalit, mohly by se výsledné hodnoty zdát závažnější. Zároveň by to mohlo komplikovat interpretaci také z hlediska druhového složení sledovaných populací. Pokud byl některý hostitelský druh zastoupený ve druhé polovině sezóny více, mohlo opět dojít k nadhodnocení závažnosti onemocnění na daném druhu.

V celkovém součtu byly počty záznamů z první a druhé části sezóny téměř shodné. Při pohledu na jednotlivé roky se však objevují výraznější rozdíly. Ve většině monitorovaných let převažovaly záznamy z první poloviny sezóny. V roce 2010, kdy byla četnost onemocnění nejvyšší, tomu bylo naopak. V roce 2014, kdy se objevilo větší procento lokalit napadených stupni 3 a 4, se počty lokalit monitorovaných v první a ve druhé části sezóny blížily.

Datum návštěvy monitorovaných lokalit je primárně podmíněno časovými a technickými možnostmi členů týmu prof. Lebedy. Podle sdělení Dr. B. Sedlákové však mají význam i předchozí pozorování napadení na lokalitách. Na některých lokalitách, například na lokalitě Olomouc–Holice, není možné napadení na širším spektru pěstovaných hostitelských druhů pozorovat dříve, než ve druhé části sezóny. Podle jejího sdělení se zdá, že plíseň nejprve napadá svého hlavního hostitele, tedy druh *C. sativus*. Napadení na zbývajících druzích se pak objevuje ve větší míře až po snížení dostupnosti nenapadených porostů *C. sativus*. Časovou souvislost četnosti výskytu a závažnosti onemocnění *P. cubensis* by bylo dobré zhodnotit podrobněji. Zajímavé by také bylo zhodnotit časovou souslednost napadení na jednotlivých lokalitách a tím prohloubit porozumění prostorové variabilitě patogenu a jeho epidemiologii.

7 ZÁVĚR

Předložená diplomová práce se podrobněji zabývala rozšířením, škodlivostí a hostitelským okruhem plísně dýňovitých (*P. cubensis*) v České republice v letech 2010-2015. Pracovala jsem ze souborem dat získaným týmem prof. Lebedy a měla možnost prezentované výsledky porovnat s daty pocházejícími z předchozího období let 2001-2009, získanými obdobným způsobem.

Prezentované výsledky sledovaných charakteristik monitoringu *P. cubensis* se v jednotlivých letech lišily. Tyto odlišnosti bylo možné vysvětlit zejména klimatickými podmínkami v daných letech, které často významně ovlivnily populaci *P. cubensis* v monitorovaném období. Zajímavým pozorovaným jevem, který by mohly částečně vysvětlovat studie uvedené v diskuzi, byla závislost četnosti výskytu onemocnění na množství srážek v počátečním období šíření infekce. Složitější se ukázalo vysvětlení souvislostí mezi četností napadení, klimatickými daty a závažností onemocnění. Vztahu těchto veličin by bylo vhodné věnovat větší pozornost v budoucím výzkumu této problematiky.

Výsledky studia *P. cubensis* se ve sledovaných veličinách lišily i od předchozího období (do roku 2010). Změna nastala zejména v hostitelském okruhu *P. cubensis*, respektive v četnosti napadených lokalit jiných druhů, než *C. sativus* tímto patogenem. Výsledky studií genetické struktury české populace *P. cubensis*, potvrdily změny v zastoupení jednotlivých patotypů i párovacích typů plísně, se kterými výsledky prezentované v této práci patrně úzce souvisí.

S ohledem na výsledky statistického porovnání, které potvrdilo existenci rozdílu mezi první a druhou částí sezóny, by bylo vhodné podrobněji porovnat časové a prostorové souvislosti výskytu a závažnosti napadení porostů plísní dýňovitých. Zároveň by se takto mohla ověřit předchozí pozorování a zjištěním pak přizpůsobit další monitoring výskytu a závažností *P. cubensis* na českém území.

8 LITERATURA

- ARAUZ, L. F., NEUFELD, K. N., LLOYD, A. L., OJIAMBO, P. S. (2010): Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness. *Journal of Phytopathology*. **100**: 959-967.
- BASSANEZI, R. B., AMORIM, L., BERGAMIN, F. A., BERGER, R. D. (2002): Gas exchange and emission of chlorophyll fluorescence during the monocycle of rust, angular leaf spot and anthracnose on bean leaves as a function of their trophic characteristics. *Journal of Phytopathology*. **150**: 37-47.
- CALL, A. D., WEHNER, T. C. (2010): Gene List 2010 for Cucumber. In: *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. [online]. [cit. 12.11.2016]. **33-34**: 69-103 (article 23). Dostupné z: <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/charleston-sc/vegetable-research/docs/cgc/cucurbit-genetics-cooperative-report-33-34-69-103-article-23-2010-2011/>
- COHEN, Y. (1976): Quantitation of resistance of cucumbers and cantaloups to *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytoparasitica*. **4**: 25-31. Citováno v: LEBEDA, A. COHEN, Y. 2011. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 157-192
- COHEN, Y. (1977): The combined effects of temperature, leaf wetness and inoculum concentration on infection of cucumbers with *Pseudoperonospora cubensis*. *Canadian Journal of Botany* **55**: 1478-1487.
- COHEN, Y. (1981): Downy mildew of cucurbits. Citováno v: LEBEDA, A. COHEN, Y. (2011) Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 157-192.
- COHEN, Y., ROTEM, J. (1971a): Dispersal and viability of sporangia of *Pseudoperonospora cubensis*. *Transactions of the British Mycological Society*. **57**: 67-74.
- COHEN, Y., ROTEM, J. (1971b): Rate of lesion development in relation to sporulating potential of *Pseudoperonospora cubensis* in cucumbers. *Phytopathology*: **61**: 265-268 Citováno v: SAVORY, E., A., GRANKE, L., L., QUESADA-OCAMPO, L., M., VARBANOVA, M., HAUSBECK, M., K., DAY, B. (2011): The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology*. **12**: 217-226.
- COHEN, Y., EYAL, H. (1977): Growth and differentiation of sporangia and sporangiophores of *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber cotyledons under

- various combinations of light and temperature. *Physiological Plant Pathology*. **10**: 93–103. Citováno v: LEBEDA, A., COHEN, Y. (2011): Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 157-192.
- COHEN, Y., MERON, I., MOR, N., ZURIEL, S. (2003): A new pathotype of *Pseudoperonospora cubensis* causing downy mildew in cucurbits in Israel. *Phytoparasitica*. **31**: 458-466
- COHEN, Y., RUBIN, A. E., GALPERIN, M. (2011): Formation and Infectivity of Oospores of *Pseudoperonospora cubensis*, the Causal Agent of Downy Mildew in Cucurbits. *Plant Disease*. **95**: 874
- COHEN, Y., RUBIN, A., E. (2012): Mating type and sexual reproduction of *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew agent of cucurbits. *European Journal of Plant Pathology*. **104**: 577-592
- COHEN, Y., RUBIN A, E., GALPERIN, M., PLOCH, S., RUNGE, F. (2014): Seed Transmission of *Pseudoperonospora cubensis*. *PLoS ONE*. **9**(10): e109766. doi:10.1371/ journal.pone.0109766. Dostupné také z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0109766>
- COHEN, Y., VAN DEN LANGENBERG, K. M., WEHNER, T. C., OJIAMBO, P. S., HAUSBECK, M. L., QUESADA-OCAMPO, L. M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2015): Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*. **105**: 998-1012.
- COLLUCI, S. J., HOLMES G., J. (2010): Downy Mildew of Cucurbits. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.
- Cucurbitaceae. In: Encyklopedia Britannica [on-line] Editors of Encyclopædia Britannica. (2015). [cit. 28.9.2016]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/plant/Cucurbitaceae>
- ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav), Historická data [online]. [cit. 15.11.2016]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>
- Ecocrop (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Ecocrop database) [online]. (2013) [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: <http://ecocrop.fao.org>
- ELIÁŠ, P. (2007): *Citrullus lanatus*. In: *Botany.cz* [online]. [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/citrullus-lanatus/>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistical Databases) [online]. (2016) [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

- FELLE, H., HERRMANN, A., HANSTEIN, S., HÜCKELHOVEN, R., KOGEL, K., H., (2004): Apoplastic pH signaling in barley leaves attacked by the powdery mildew fungus *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. **17**: 118–123.
- FORSBERG, A., S. (1986): Downy mildew-*Pseudoperonospora cubensis* in Swedish cucumber fields. *Växtskyddsnotiser*. **50**: 17–19.
- GARRETT, K, A., DENDY, S, P., FRANK, E, E., ROUSE, M, N., TRAVERS, S, E. (2006): Climate Change Effects on Plant Disease: Genomes to Ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*. **44**: 489-509.
- GHOSH, D., BHATTACHARYA, I., DUTTA, S., MAZUMDAR, D. (2015): Dependence of the weather on outbreak of cucumber downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in eastern India. *Journal of agrometeorology*. **17**: 43-50.
- GRABOWSKY, M. (2016): Downy mildew. In: *University of Minnesota: Extension* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.extension.umn.edu/garden/yard-garden/vegetables/diseases-of-cucurbits/downy-mildew/>
- HALSTED, B, D. (1889): *Peronospora* on cucumbers. *Bot. Gaz.* **14**: 152-153 Citováno v: HOLMES, G, J., OJIAMBO, P, S., HAUSBECK, M, K., QUESADA-OCAMPO, L., KEINATH, A, P. (2015): Resurgence of Cucurbit Downy Mildew in the United States: A Watershed Event for Research and Extension. *Plant Disease*. **99**: 428-441.
- HOLMES, G, J., WEHNER, T., THORNTON, A. (2006): An old enemy re-emerges. *American Vegetable Grower*. **54**: 14–15
- HOLMES, G, J., OJIAMBO, P, S., HAUSBECK, M, K., QUESADA-OCAMPO, L., KEINATH, A, P. (2015): Resurgence of Cucurbit Downy Mildew in the United States: A Watershed Event for Research and Extension. *Plant Disease*. **99**: 428-441.
- HORI, S. (1940): Reminiscences in plant medicine 50 years (I, 2). *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* **10**:72-75, 317-25 (In Japanese) Citováno v: AKAI, S. (1974) History of plant pathology in Japan. *Annual Review of Phytopathology* [online]. **12**:13-26. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.py.12.090174.000305>
- CHAERLE, L., VAN DER STRAETEN, D. (2001): Seeing is believing: imaging techniques to monitor plant health. *Biochimica et Biophysica Acta*. **1519**: 153–166. Citováno v: OERKE, E-C, VAN DEN LANGENBERG, K, M., WEHNER, T, C., OJIAMBO, P, S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L, M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H. GISI, U. (2006): Thermal imaging of cucumber leaves affected by

- downy mildew and environmental conditions: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Journal of Experimental Botany*. **57**: 2121-2132.
- CHOI, Y-J., HONG, S-B., SHIN, H-D., VARBANOVA, M., HAUSBECK, M, K., DAY, B. (2005): A re-consideration of *Pseudoperonospora cubensis* and *P. humuli* based on molecular and morphological data. *Mycological Research*. **109**: 841-848.
- KANETIS, L., HOLMES, G, J., OJIAMBO, P, S. (2010): Survival of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia exposed to solar radiation. *Plant Pathology*. **59**: 313-323.
- KITNER, M., LEBEDA, A., SHARMA, R., RUNGE, F., DVOŘÁK, P., TAHIR, A., CHOI, Y-J., SEDLÁKOVÁ, B., THINES, M. (2015): Coincidence of virulence shifts and population genetic changes of *Pseudoperonospora cubensis* in the Czech Republic. *Plant Pathology*. **64** (6): 1461-1470.
- KRANZ, J. (2003): Comparative epidemiology of plant diseases. Berlin: Springer.
- KŘÍSTKOVÁ, E., LEBEDA, A., SEDLÁKOVÁ, B. (2007): Temporal and spatial dynamics of powdery mildew species on Cucurbits in the Czech republic. *Acta Horticulturae*. **731**: 337-344.
- KŮDELA, V., BRAUNOVÁ, M. a kol. (2013): Česko-anglická rostlinolékařská terminologie - Czech-English plant health terminology. Academia, Praha, 874 s. ISBN 978-80-200-1550-1.
- LEBEDA, A. (1986): Plíseň okurková a její epidemický výskyt v roce 1985 (Cucurbit down mildew and its epidemic occurrence in 1985. *Zahradnictvo*. **11**:21-22
Citováno v: LEBEDA, A. COHEN, Y. (2011): Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 157-192.
- LEBEDA, A. (1990): Biologie a ekologie plísně okurkové. In: Lebeda, A. a kol. (eds.): Plíseň okurková (Cucurbit downy mildew). Československá vědecká společnost pro mykologii při ČSAV, Praha, pp. 13 – 45.
- LEBEDA, A. (1991): Resistance in muskmelons to Czechoslovak isolates of *Pseudoperonospora cubensis* from cucumbers. *Scientia Horticulturae*[online]. 255-260 [cit. 2015-11-03].
- LEBEDA, A., COHEN, Y. (2011): Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129** (2): 157-192.
- LEBEDA, A., HÜBSCHOVÁ, J. (2010): Distribution and Harmfulness of *Pseudoperonospora cubensis* on Cucurbits in the Czech Republic in 2005-2007. *Acta Horticulturae*. (ISHS). **871**: 251-258

- LEBEDA, A., KŘÍSTKOVÁ, E., ŠTĚPÁNKOVÁ, J., SEDLÁKOVÁ, B., WIDRLECHNER, M.-P. (2016): Response of Cucumis melo accessions to isolates of *Pseudoperonospora cubensis* with different levels of virulence. *Scientia Horticulturae*. **200**: 45-54.
- LEBEDA, A., LUHOVÁ, L., SEDLÁŘOVÁ, M., JANČOVÁ, D. (2001a): The role of enzymes in plant—fungal pathogens interactions. *Journal of Plant Diseases and Protection*. **108**: 89–111.
- LEBEDA, A., PAVELKOVÁ, J., URBAN, J., SEDLÁKOVÁ, B. (2011): Distribution, Host Range and Disease Severity of *Pseudoperonospora cubensis* on Cucurbits in the Czech Republic. *Journal of Phytopathology*. **159** (9): 589-596.
- LEBEDA, A., PAVELKOVÁ, J., SEDLÁKOVÁ, B., URBAN, J. (2013): Structure and temporal shifts in virulence of *Pseudoperonospora cubensis* populations in the Czech Republic. *Plant Pathology*. **62**: 336-345.
- LEBEDA, A., SEDLÁKOVÁ, B., KŘÍSTKOVÁ, E. (2007): Temporal changes in pathogenicity structure of cucurbit powdery mildew populations. *Acta Horticulturae*. **731**:381–388.
- LEBEDA, A., URBAN, J. (2007): Temporal changes in pathogenicity and fungicide resistance in *Pseudoperonospora cubensis* populations. *Acta Horticulturae***731**: 327–37.
- LEBEDA, A., WIDRLECHNER, P., M. (2003): A set of Cucurbitaceae taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes. *Journal of Plant Diseases and Protection*. **110**: 337–349.
- LIM, T. M. (2012): *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*: Volume 2, Fruits. 2012. Dordrecht: Springer. ISBN 978-94-007-1764-0
- MCDONALD, B. A., LINDE, C. (2002): The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*. **124**: 163-180.
- NEUFELD, K. N., ISARD, S. A., OJIAMBO, P. S. (2013): Relationship between disease severity and escape of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia from a cucumber canopy during downy mildew epidemics. *Plant Pathology*. **62**: 1366-1377.
- NEUFELD, K. N., OJIAMBO, P. S. (2012): Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease*. **96**: 345-353.
- OERKE, E. C., VAN DEN LANGENBERG, K. M., WEHNER, T. C., OJIAMBO, P. S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L. M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2006): Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Journal of Experimental Botany*. **57**: 2121-2132.

- PALTI, J., COHEN, Y. (1980): Downy mildew of cucurbits (*Pseudoperonospora cubensis*): the fungus and its hosts, distribution, epidemiology and control. *Phytoparasitica*. **8**, 109–147. Citováno v: LEBEDA, A., HÜBSCHOVÁ, J. (2010): Distribution and Harmfulness of *Pseudoperonospora cubensis* on Cucurbits in the Czech Republic in 2005-2007. *Acta Horticulturae*. (ISHS). **871**: 251-258
- PAVELKOVÁ, J., LEBEDA, A., SEDLÁKOVÁ, B. (2011): First report of *Pseudoperonospora cubensis* on *Cucurbita moschata* in the Czech Republic. *Plant Disease*. **95**: 878–9.
- QUESADA-OCAMPO, L. M., GRANKE, L. L., OLSEN, J., GUTTING, H. C., RUNGE, F., THINES, M., LEBEDA, A., HAUSBECK, M. K. (2012): The genetic structure of *Pseudoperonospora cubensis* populations. *Plant Disease*. **96** (10): 1459-1470
- ROSTOWZEW, S. J. (1903): Beitrage zur Kenntnis der Peronosporeen. *Flora*. **92**: 405-433. Citováno v: COHEN, Y., VAN DEN LANGENBERG, K. M., WEHNER, T. C., OJIAMBO, P. S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L. M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. 2015. Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*. **105** (7): 998-1012.
- RUNGE, F., CHOI, Y. J., THINES, M. (2011): Phylogenetic investigations in the genus *Pseudoperonospora* reveal overlooked species and cryptic diversity in the *P. cubensis* species cluster. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 3–14.
- SALATY, M., YUN, W. M., MEON, S., MASDEK, H. N. (2010): Host range evaluation and morphological characterization of *Pseudoperonospora cubensis*, the causal agent of cucurbit downy mildew in Malaysia. *African Journal of Biotechnology*. **9**: 4897-4903
- SARRIS, P. F., ABDELHALIM, M., KITNER, M., SKANDALIS, N., PANOPOULOS, N. J., DOULIS, A. G., LEBEDA, A. (2009): Molecular polymorphisms between populations of *Pseudoperonospora cubensis* from Greece and the Czech Republic and the phytopathological and phylogenetic implications. *Plant Pathology*. **58**: 933–43
- SAVORY, E. A., GRANKE, L. L., QUESADA-OCAMPO, L. M., VARBANOVA, M., HAUSBECK, M., K., DAY, B. (2011): The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology*. **12**: 217-226.
- SAVORY, E. A., ADHIKARI, B. N., HAMILTON, J. P., VAILLANCOURT, B., BUELL, C. R. (2012): RNA-Seq Analysis of the *Pseudoperonospora cubensis* transcriptome during cucumber (*Cucumis sativus* L.) infection. *PLoS One*. [online]. [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0035796>
- SEBASTIAN, P., SCHAEFER, H., TELFORD, I. R. H., RENNER, S. S. (2010): Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in

- Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. [online]. [cit. 2016-09-28]. **107(32)**: 14269-14273 DOI: 10.1073/pnas.1005338107. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1005338107>
- SHETTY, N, V., WEHNER, T, C., THOMAS, C, E., DORUCHOWSKI, R, W., SHETTY, K, P, V. (2002): Evidence for downy mildew races in cucumber tested in Asia, Europe, and North America. *Scientia Horticulturae*. **94**: 231-239.
- SKALICKÝ, V. (1961): Plíseň okurková—*Peronoplasmopara cubensis*. Citováno v: LEBEDA, A., COHEN, Y. (2011): Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)—biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. **129**: 157-192.
- SOANES, D, M., RICHARDS, T, A., TALBOT, N, J. (2007): Insights from sequencing fungal and oomycete genomes: what can we learn about plant disease and the evolution of pathogenicity?. *Plant Cell*. **19**: 3318-3326.
- SPENCER, D, M. (1981): The downy mildews. London: Academic Press . Citováno v: AKAI, -. (1974). History of Plant Pathology in Japan. *Annual Review of Phytopathology* [online]. **12**: 13-26 [cit. 2016-12-18].
- SPENCER, D, M. (1981): The downy mildews. London: Academic Press. Citováno v: OERKE, E, C., VAN DEN LANGENBERG, K, M., WEHNER, T, C., OJIAMBO, P, S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L, M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2006): Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Journal of Experimental Botany*. **57**: 2121-2132.
- SUNDHEIM, L., HODNEBORG, T. (1987): Agurk bladskimmel erfunden i Norge. *Gartneryket*. **30**: 701. Citováno v: COHEN, Y., VAN DEN LANGENBERG, K, M., WEHNER, T, C., OJIAMBO, P, S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L, M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2015): Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*. **105**: 998-1012.
- ŠVÁBOVÁ, L., LEBEDA, A. (2005): *In Vitro* Selection for Improved Plant Resistance to Toxin-Producing Pathogens. *Journal of Phytopatology*, **153**: 52-64
- TAHOVEN, R. (1985): Downy mildew of cucurbits found for the first time in Finland. *Växtskyddsnotiser*. **4**: 42-44.
- THOMAS C, E., INABA, T., COHEN, Y. (1987): Physiological specialization in *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytopathology* . **77**: 1621-4.
- VOBOŘIL, P. (2012): *Lagenaria siceraria*. In: Botany.cz [online]. 2012 [cit. 2016-10-05]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/lagenaria-siceraria/>

- VOBOŘIL, P. (2014a): Cucurbita maxima duchese. In: *Botany.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-09-29]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/cucurbita-maxima/>
- VOBOŘIL, P. (2014b): Cucurbita moschata. In: *Botany.cz* [online]. 2014 [cit. 2016-09-29]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/cucurbita-moschata/>
- ZACHA, V., JANÝŠKA, A., HOLMAN, B. (1985): Epifytícia plesne uhorkovej (*Pseudoperonospora cubensis*) (Berk. et Curt.) Rost.) v ČSSR v roku 1984. *Sborník ÚVTIZ-Ochrana rostlin* **21**: 226. Citováno v: COHEN, Y., VAN DEN LANGENBERG, K. M., WEHNER, T. C., OJIAMBO, P. S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L. M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2015): Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*. **105**: 998-1012.
- ZHANG, Y-J., PU, Z-J., QIN, Z. W., ZHOU, X-Y., LIU, D. ,DAI, L-T., WANG, W-B. (2012): A Study on the Overwintering of Cucumber Downy Mildew Oospores in China. *Journal of Phytopathology*. **160**: 469-474.
- ZIMMERMANN, H. (1909): Verzeichnis der Pilze aus der Umgebung von Eisgrub. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn*. **47**: 60-112. Citováno v: COHEN, Y., VAN DEN LANGENBERG, K- M., WEHNER, T- C., OJIAMBO, P- S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2015) Resurgence of *Pseudoperonospora cubensis*: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Phytopathology*. **105**: 998-1012.
- ZITTER, T. A., HOPKINS, D. L., THOMAS, C. E. (1996): Compendium of cucurbit diseases. St Paul, MN, USA: APS Press. Citováno v: OERKE, E. C., VAN DEN LANGENBERG, K. M., WEHNER, T. C., OJIAMBO, P. S., HAUSBECK, M., QUESADA-OCAMPO, L. M., LEBEDA, A., SIEROTZKI, H., GISI, U. (2006): Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions: The Causal Agent of Cucurbit Downy Mildew. *Journal of Experimental Botany*. **57**: 2121-2132.
- „Zelená zpráva“ Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2015. (2015): Ústav zemědělské ekonomiky a informací pod gescí Ministerstva zemědělství. [online] [cit. 2015-11-02] Dostupné na: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=817>

Tento výzkum je podporován granty QH 71229, MSM 6198959215, IGA Přf 2014 001, IGA Přf 2015 001, IGA 2016 - 001. Experimentální výsledky získané z této práce mohou být dále využity v odborném periodiku, jako publikace řešící tuto problematiku.

Tabulka 14 Genetická diverzita plísně dýňovitých (Quesada-Ocampo, 2012)

Category ^b	Isolates ^c	Diversity estimates ^a							
		Hd		π		θ_w		k	
		M	N	M	N	M	N	M	N
Continent									
Asia	11	0.16	0.32	0.001	0.001	0.17	1.26	0.16	0.84
Europe	95	0.37	0.44	0.002	0.001	0.29	1.20	0.40	1.14
North America	359	0.43	0.25	0.001	0.001	0.31	1.09	0.47	0.35
Country									
Canada	29	0.21	0.30	0.002	0.001	0.13	0.52	0.21	0.40
Czech Republic	56	0.27	0.48	0	0.001	0.33	1.21	0.28	1.46
Greece	14	0.47	0.31	0	0.001	0.31	0.26	0.47	0.35
Israel	10	0.18	0.25	0.002	0.001	0.18	0.68	0.18	0.54
Italy	8	0.34	0.26	0.001	0.001	0.39	0.96	0.34	0.72
United States	327	0.43	0.24	0	0.001	0.31	0.82	0.47	0.33
Country group									
United States	327	0.43	0.24	0.001	0.001	0.31	0.82	0.47	0.33
Other	138	0.36	0.40	0.001	0.002	0.27	1.29	0.39	1.01

^a Average values for mitochondrial (M) and nuclear (N) genes are presented. Hd, haplotype diversity; π , nucleotide diversity; θ_w , Watterson's theta estimator per gene from sequence; k, average number of nucleotide differences.

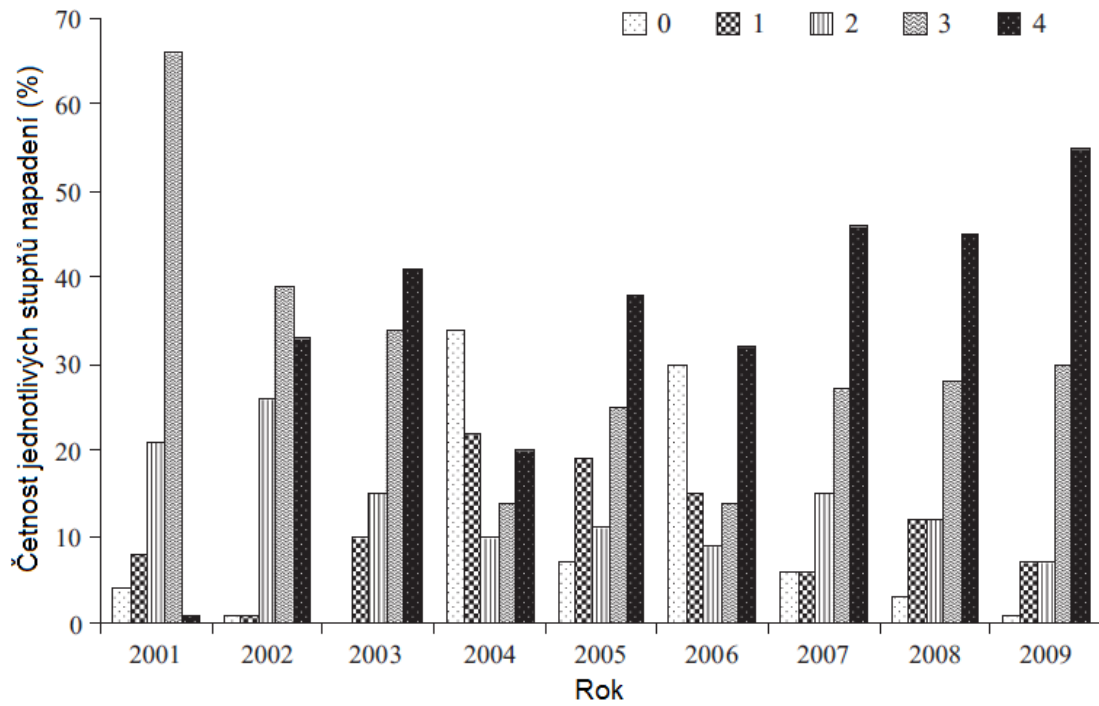
^b Categories with less than eight isolates were excluded from analyses and are not shown.

^c Number of isolates.

Tabulka 15 Počty monitorovaných lokalit jednotlivých druhů v letech 2001-2009 (Lebeda et al. 2011, upraveno)

Hostitelská rostlina	Rok, počet sledovaných lokalit/počet lokalit s infekcí <i>P. cubensis</i>								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<u><i>Citrullus lanatus</i></u>	0/0	2/0	3/0	7/0	5/0	4/0	12/0	2/0	4/0
<u><i>Cucumis melo</i></u>	0/0	0/0	7/0	2/0	2/0	1/0	1/0	1/0	2/0
<u><i>Cucumis sativus</i></u>	102/98	91/90	87/87	96/63	83/77	93/65	66/62	65/63	92/91
<u><i>Cucurbita ficifolia</i></u>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<u><i>Cucurbita maxima</i></u>	27/0	34/0	38/0	36/0	36/0	23/0	38/0	32/0	41/0
<u><i>Cucurbita moschata</i></u>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	1/0	2/0	3/0
<u><i>Cucurbita pepo</i></u>	71/0	91/0	68/0	100/0	60/0	82/0	69/0	49/0	77/0
<u><i>Lagenaria siceraria</i></u>	0/0	0/0	1/0	1/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Celkem	130/98	105/90	91/87	110/63	96/77	105/65	91/62	76/63	106/91

3.



Obrázek 28 Intenzita napadení plísní dýňovitých na porostech tykvovitých zelenin na sledovaných lokalitách České republiky v letech 2001–2009 (Lebeda et al. 2011, upraveno)

4. Historická klimatická data

a)

Tabulka 16 Průměrné teploty v České republice v měsících červen-září od roku 2001 do roku 2015 (ČHMÚ)

Rok	Měsíc			
	červen	červenec	srpen	září
2001	14,1	18	18,3	11,2
2002	17,5	18,7	18,6	11,9
2003	19,6	18,5	20,2	13,3
2004	15,2	17	18	12,7
2005	16,1	18	15,8	14,1
2006	16,9	21,4	15,1	15,5
2007	18,1	18,3	17,7	11,3
2008	17,4	17,9	17,5	12
2009	14,9	18,1	18,4	14,7
2010	16,6	20	17	11,3
2011	16,9	16,4	18	14,6
2012	16,9	18,2	18,2	13,3
2013	15,9	19,4	17,7	11,8
2014	16	19,2	15,7	14,1
2015	16,1	20,2	21,3	13,1

b)

Tabulka 17 Průměrné množství srážek v České republice v měsících červen-září od roku 2001 do roku 2015 (ČHMÚ)

Rok	Měsíc			
	červen	červenec	srpen	září
2001	79	119	91	108
2002	92	87	177	63
2003	40	82	31	31
2004	96	66	56	53
2005	57	132	96	51
2006	83	38	141	18
2007	78	86	71	117
2008	60	86	69	48
2009	113	111	57	22
2010	75	118	149	84
2011	82	145	69	48
2012	84	113	75	49
2013	146	34	85	74
2014	38	102	91	96
2015	58	36	67	32