

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Odolnost vybraných genotypů brukvovitých rostlin vůči
nádorovce kapustové (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)**

RIGORÓZNÍ PRÁCE

Autor: **Mgr. Pavel Kopecký**
Studijní program: Botanika
Konzultant práce: **prof. Ing. Aleš Lebeda, DrSc.**
Místo a rok odevzdání: Olomouc, 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou rigorózní práci vypracoval samostatně za použití citované literatury.

V Olomouci dne 1. 8. 2023

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Alešovi Lebedovi, DrSc. za ochotu, cenné informace, čas a především za odborné vedení během mé dizertační práce. Děkuji RNDr. Ivaně Doležalové, Ph.D. za korektury a cenné podněty. Dále bych rád poděkoval Ing. Miroslavu Hýblovi, Ph.D. za součinnost a trpělivost při řešení dané problematiky.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Pavel Kopecký
Název práce	Odolnost vybraných genotypů brukvovitých rostlin vůči nádorovce kapustové (<i>Plasmodiophora brassicae</i> Wor.)
Typ práce	Rigorózní
Pracoviště	Katedra botaniky
Konzultant práce	prof. Ing. Aleš Lebeda, DrSc.
Rok obhajoby práce	2023

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá studiem odolnosti rostlin z čeledi brukvovité (Brassicaceae) vůči nádorovitosti kořenů brukvovitých způsobenou nádorovkou kapustovou (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). Celkem 297 genotypů, uchovávaných v Genové bance Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i., bylo hodnoceno v kontrolovaných podmínkách fytotronu a 333 genotypů brukvovitých rostlin bylo hodnoceno v polních podmínkách ve třech nezávislých opakováních. Cílem této práce bylo provést srovnání jednotlivých genotypů dle jejich odolnosti vůči *P. brassicae*. Na základě tohoto srovnání byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi hodnocenými genotypy. Index napadení (DI) se pohyboval v rozpětí 0 – 95,7, procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) od 0 do 100 % a koeficient tolerance pak od 5,4 do 100. Vybrané, nejvíce odolné genotypy budou doporučeny pro následné pěstování a šlechtění na požadované vlastnosti.

Klíčová slova	<i>Plasmodiophora brassicae</i> , nádorovitost kořenů brukvovitých, brukvovité rostliny, odolnost, šlechtění, výnos
Počet stran	152
Počet příloh	3
Jazyk	Český

Bibliographical identification

Author's name and surname Pavel Kopecký

Title of thesis Resistance of selected genotypes of cruciferous vegetables to
Plasmodiophora brassicae

Type of thesis Rigorous

Department Department of Botany

Supervisor prof. Ing. Aleš Lebeda, DrSc.

The year of presentation 2023

Abstract

The presented work introduce the study of the resistance of plants from the cruciferous family (Brassicaceae) to clubroot disease caused by pathogen *Plasmodiophora brassicae* Wor. A total of 297 genotypes maintained by the Gene Bank of the Crop Research Institute were evaluated under the controlled conditions of plant growth chambre and 333 genotypes of cruciferous plants were evaluated under field conditions in three independent replications. The aim of this work was to compare individual genotypes according to their resistance to *P. brassicae*. Based on this comparison, statistically significant differences between the evaluated genotypes have been revealed. The disease index (DI) ranged from 0 to 95.7, the percentage of plants in infestation levels 0 and 1 (RES) varied from 0 to 100%, and the tolerance coefficient from 5.4 to 100. The selected most resistant genotypes will be recommended for subsequent cultivation and breeding for the desired traits.

Keywords *Plasmodiophora brassicae*, clubroot disease, *Brassica* plants, tolerance, breeding, yield

Number of pages 152

Number of appendices 3

Language Czech

Obsah

ÚVOD	9
CÍLE PRÁCE	10
1. TEORETICKÁ ČÁST S LITERÁRNÍM PŘEHLEDEM	11
1.1. Charakteristika nádorovky kapustové (<i>Plasmodiophora brassicae</i>).....	11
1.2. Taxonomie	11
1.3. Hostitelské rostliny	12
1.4. Životní cyklus <i>Plasmodiophora brassicae</i>	13
1.4.1. Životní cyklus <i>in vivo</i>	13
1.4.2. Klíčení vytrvalých spor	16
1.4.3. Infekce kořenového vlášení	16
1.4.4. Kortikální infekce	17
1.4.5. Růst <i>P. brassicae</i> v kořenovém vlášení v kultuře.....	17
1.4.6. Růst sekundárních plasmodií v suspenzních kulturách	18
1.5. Epidemiologie <i>P. brassicae</i>	19
1.6. Metody detekce <i>P. brassicae</i>	20
1.6.1. Fenotypizace	20
1.6.2. Fluorescenční mikroskopie	22
1.6.3. Histologické barvení	23
1.6.4. Sérologie	23
1.6.5. Molekulární metody	23
1.7. Genetická variabilita interakcí mezi <i>P. brassicae</i> a hostiteli.....	27
1.8. Ochrana proti nádorovitosti	27
1.8.1. Agrotechnické postupy	27
1.8.2. Pesticidy	28
1.8.3. Biologická ochrana	28
1.9. Šlechtění hospodářsky významných plodin na odolnost vůči nádorovitosti	29
1.9.1. Šlechtění brukve řepáku (<i>B. rapa</i>) na odolnost vůči <i>P. brassicae</i>	30
1.9.2. Šlechtění plodin brukve zelné (<i>B. oleracea</i>) na odolnost vůči <i>P. brassicae</i>	30
1.9.3. Šlechtění na druhu brukev řepka (<i>B. napus</i>) na odolnost vůči <i>P. brassicae</i>	31
2. MATERIÁL A METODY	33
2.1. Rostlinný materiál.....	33

2.2. Fytopatologické hodnocení.....	33
2.2.1. Hodnocení v kontrolovaných podmínkách	33
2.2.2. Hodnocení v polních podmínkách	34
2.2.3. Statistické vyhodnocení	35
3. VÝSLEDKY	35
3.1. Výsledky hodnocení odolnosti plodin pěstovaných ve fytotronu	35
3.1.1. Květák	35
3.1.2. Kedluben	40
3.1.3. Hlávkové zelí	45
3.1.4. Kapusta kadeřavá	50
3.1.5. Kapusta růžičková.....	54
3.1.6. Kapusta hlávková.....	58
3.1.7. Brokolice.....	62
3.1.8. Vodnice	66
3.1.9. Tuřín.....	66
3.1.10. Brukev pekingská, brukev čínská	71
3.1.11. Ředkvička	76
3.1.12. Ředkev	82
3.2. Výsledky hodnocení odolnosti plodin pěstovaných v polních podmínkách	87
3.2.1. Květák	87
3.2.2. Kedluben	89
3.2.3. Hlávkové zelí	91
3.2.4. Kapusta kadeřavá	94
3.2.5. Kapusta růžičková.....	96
3.2.6. Kapusta hlávková.....	97
3.2.7. Brokolice.....	99
3.2.8. Vodnice	101
3.2.9. Tuřín.....	101
3.2.10. Brukev pekingská, brukev čínská	103
3.2.11. Ředkvička	105
3.2.12. Krmná kapusta	110
3.2.13. Brukev sítinovitá.....	112
3.3. Porovnání výsledků z kontrolovaných a polních podmínek pěstování	113

3.3.1. Květák	113
3.3.2. Kedluben	114
3.3.3. Kapusta kadeřavá	115
3.3.4. Kapusta růžičková	116
3.3.5. Kapusta hlávková	117
3.3.6. Brokolice	118
3.3.7. Tuřín	119
3.3.8. Brukev pekingská, brukev čínská	120
3.3.9. Ředkvička	121
3.4. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin	122
3.4.1. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle RES	122
3.4.2. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle DI	123
3.4.3. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle Kt	125
4. DISKUZE	126
4.1. Metodika hodnocení	127
4.2. Hodnocení odolnosti v kontrolovaných podmínkách	128
4.3. Hodnocení odolnosti v polních podmínkách	130
5. ZÁVĚR	132
6. LITERATURA	132
7. PŘÍLOHY	132

ÚVOD

V současné době způsobují choroby a škůdci více než 25 % sklizňových a post-sklizňových ztrát (Main et al., 1977; James a Teng, 1979) zemědělských plodin. Klimatické změny vedou ke zvýšení variability a změn v průběhu teplot, dešťových srážek, rychlosti a periodicity větru. Tyto změny ovlivňují aktivitu a vitalitu vzdušných i půdních patogenů. Mnoho patogenů poškozujících plodiny a snižujících výnos se stalo aktivnějšími a škodlivějšími, protože jejich geografický rozptyl se v důsledku změny klimatu stále zvětšuje. Lidská populace rychle roste, což má za následek větší nároky na všechny přírodní zdroje, které daleko převyšují zásoby. Přírodní biodiverzita je poškozována, často nevratně. Kombinace změny klimatu, rozšiřování lidských požadavků na potravu, zdroje, prostor a zvýšená aktivita rostlinných patogenů představují pro fytopatologů obrovské výzvy vedoucí ke snížení výnosových ztrát (Dixon, 2012).

Původce nádorovitosti kořenů brukvovitých nadorovka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*) (Woronin, 1877) je znám již téměř 150 let. Předpokládá se, že všichni zástupci čeledi brukvovitých (Brassicaceae) mohou být potenciálními hostiteli a také, že především kulturní plodiny jsou k tomuto patogenu vnímavé (Diederichsen et al., 2009; Dixon, 2009). Projevem napadení rostlin jsou typické malformace kořene, ale také reverzibilní vadnutí listů a jejich následné červení, chloróza a nekróza. Rostliny v důsledku napadení podzemních částí krní a dochází k urychlení kvetení. Výnos, kvalita, chuť a skladovatelnost produktů je negativně ovlivněná a dochází k významným ekonomickým ztrátám (Dixon, 2009). *P. brassicae* má celosvětové rozšíření s těžištěm v místech s extenzivním pěstováním brukvovitých plodin. S intenzifikací pěstování těchto plodin a zvyšování frekvence jejich zařazení do osevního postupu dochází k zvyšování intenzity napadení půdy. Česká republika vykazuje vysoký podíl zemědělských půd zamořených *P. brassicae* především v souvislosti se zvětšováním ploch osévaných ozimou řepkou (Řičařová et al., 2009). Pro zabránění šíření *P. brassicae* bylo zkoušeno mnoho způsobů, ať už to byly systémy rotace plodin, vápnění půdy za účelem úpravy pH, fumigace nebo solarizace půdy, použití pesticidů či biologická ochrana za použití antagonistických bakterií nebo hub (Nott et al., 1994). Protože ale původce nádorovitosti je schopen přežít v půdě po dlouhou dobu ve formě odolných trvalých spor, nebyly tyto způsoby příliš účinné. Jako nejefektivnější způsob se jeví selekce odolných materiálů a šlechtění na rezistenci vůči *P. brassicae* (Nott et al., 1994; Diederichsen et al., 2009). Cílem této práce bylo otestovat vybrané genotypy rostlin z čeledi brukvovitých (Brassicaceae) dostupné v Genové bance Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. na odolnost vůči *P. brassicae* a doporučit odolné materiály vhodné pro pěstování (Kopecký et al., 2020).

CÍLE PRÁCE

Cíle této práce lze stručně charakterizovat následujícím způsobem:

1. V teoretické části charakterizovat a popsat patogena *Plasmodiophora brassicae*, především jeho taxonomii, životní cyklus a projevy napadení na hostitelských rostlinách, metody detekce patogena a způsoby ochrany proti nádorovitosti.
2. V praktické části pak otestovat vybrané genotypy brukvovitých rostlin na odolnost vůči nádorovitosti kořenů brukvovitých způsobenou *Plasmodiophora brassicae* v kontrolovaných podmínkách fytotronu a také v polních podmínkách.

1. TEORETICKÁ ČÁST S LITERÁRNÍM PŘEHLEDEM

1.1. Charakteristika nádorovky kapustové (*Plasmodiophora brassicae*)

Nádorovka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*, *P. brassicae*) způsobuje nádorovitost kořenů brukvovitých. Vyskytuje se u všech zástupců čeledi brukvovitých (Brassicaceae) a způsobuje průměrně 15 % ztráty na výnosech (Dixon, 1999). *P. brassicae* se vyskytuje zhruba na 10 % všech osevních ploch (Crete, 1981), až na 20 % osevních ploch v Kanadě (Landry et al., 1992) a až na 70 % ve státě Viktoria v Austrálii (Donald et al., 2006b). V České republice bylo ve všech krajích kromě Ústeckého (Řičařová et al., 2016a) nalezeno celkem 18 různých patotypů (Řičařová et al., 2016b), způsobujících až 100% ztráty na výnosech (Řičařová et al., 2016c).

Jeden z nejstarších dochovaných záznamů o tomto patogenu v Evropě pochází ze 4. stol n. l. z Itálie (Crisp et al., 1989). Ve Španělsku byl popsán v 15. stol n. l., v Anglii v 18. stol n. l. a v 19. stol. se rozšířil téměř po celé Evropě, USA a Japonsku (Colhoun, 1958; Yoshikawa a Buczacki 1978). Poprvé byla *P. brassicae* identifikovaná ruským biologem M. S. Woroninem v St. Petersburgu (Woronin, 1878).

Jedná se o půdního patogena schopného přežít v půdě po dlouhou dobu ve formě spor. Spouštěčem pro klíčení těchto spor je hexasacharidový kořenový exudát hostitelské rostliny (Dixon, 2012). Půdní podmínky ovlivňují přežívání spor a invazi hostitelské rostliny (Dixon, 2009). Klíčovým faktorem prostředí, který ovlivňuje úspěšnost *P. brassicae* jako patogena je půdní vlhkost, teplota, pH a obsah půdních iontů. *P. brassicae* má schopnost vyvinout různé virulentní kmeny při změně agronomických systémů, plodin či prostředí (Dixon, 2012).

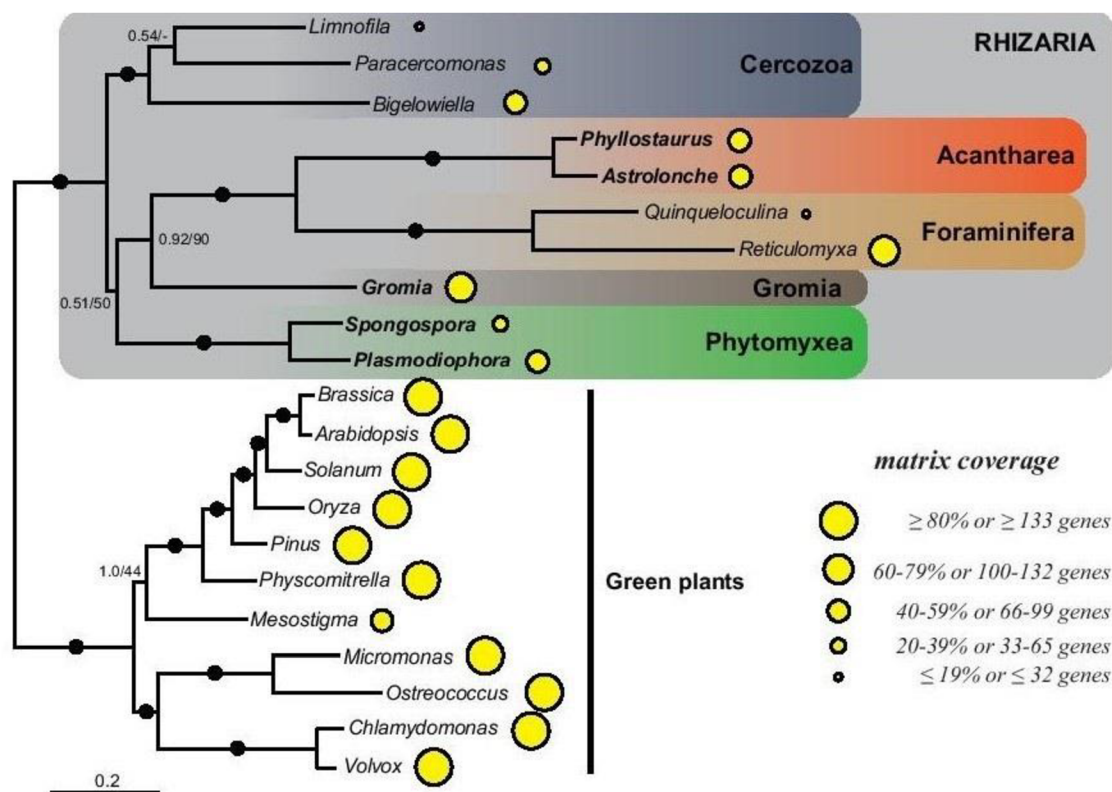
1.2. Taxonomie

Na základě fylogenetické analýzy metodou exprimované krátké sekvence (Expressed Sequence Tags – EST) vybraných 167 genů byl vytvořen supermatrix složený z 36 735 aminokyselinových pozic. Pozice *Plasmodiophora brassicae* byla za pomoci metody maximální věrohodnosti a bayesiánské analýzy reklasifikována do nového taxonu Rhizaria (obr. 1; Burki et al., 2010), který je rozmanitou skupinou améboidních protist s dvěma nestejnými bičíky (Nikolaev et al., 2004).

Clade: Rhizaria

Class: Phytomyxea

Order: Plasmodiophorida



Obrázek 1: Fylogenetický strom příbuznosti skupiny Rhizaria a zelených rostlin (převzato z Burki et al., 2010).

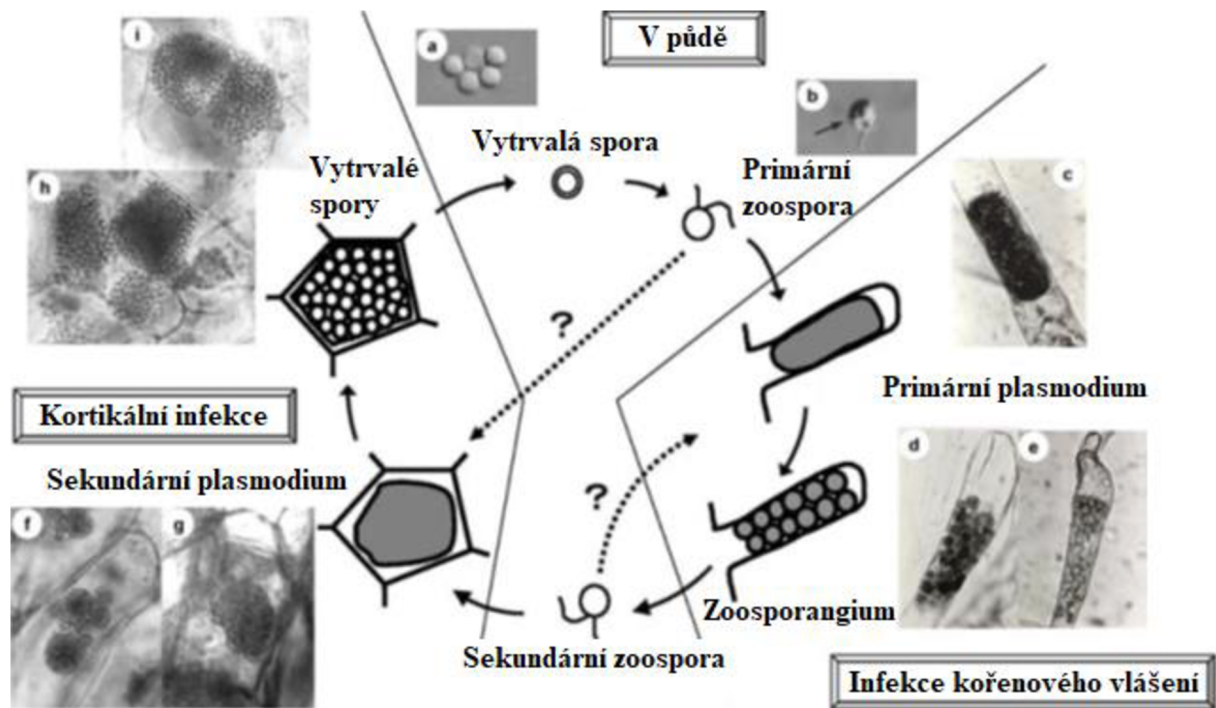
1.3. Hostitelské rostliny

Potencionálním hostitelem *P. brassicae* jsou všichni zástupci čeledi Brassicaceae, u kterých je současně patogen schopen dokončit obě stádia svého životního cyklu. (Dixon, 2009). Vnímavé jsou především pěstované plodiny, jedná se o všechny variety brukve zelné (*Brassica oleracea* L.): brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), jarmuz (*Brassica oleracea* var. *viridis* L.), kapusta hlávková (*Brassica oleracea* var. *sabauda* L.), kapusta růžičková (*Brassica oleracea* var. *gemmifera* DC.), kedluben (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.), květák (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) a zelí hlávkové (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.); dále brukev řepák (*Brassica rapa* L.): brukev čínská (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt), brukev pekingská (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt) a brukev řepák vodnice (*Brassica rapa* subsp. *rapa* L.); brukev řepka (*Brassica napus* L.): brukev řepka tuřín (*Brassica napus* L. subsp. *rapifera* Metzg.) a další plodiny odvozené od rostlinných druhů, jako jsou brukev kýlnatá (*Brassica carinata* A. Braun) a brukev sítinovitá (*Brassica juncea* (L.) Czern). Příbuzné rody, jako je ředkvička (*Raphanus* L.), brukvovité plevele – kokoška (*Capsella* Medik.), penizek (*Thlaspi* L.). Infikovány mohou být také okrasné rostliny, jako jsou fiala (*Matthiola* (L.) R. Br.) a chejř (*Cheiranthus* L.). Velice náchylný je i modelový rostlinný organismus a zároveň skalnička – huseníček (*Arabidopsis* L.; Bailey, 1961). Rod *Raphanus* je považován za odolnější než rod *Brassica*, což ale může také souviset pouze s nižší frekvencí virulence v populacích patogena (Dixon, 2009).

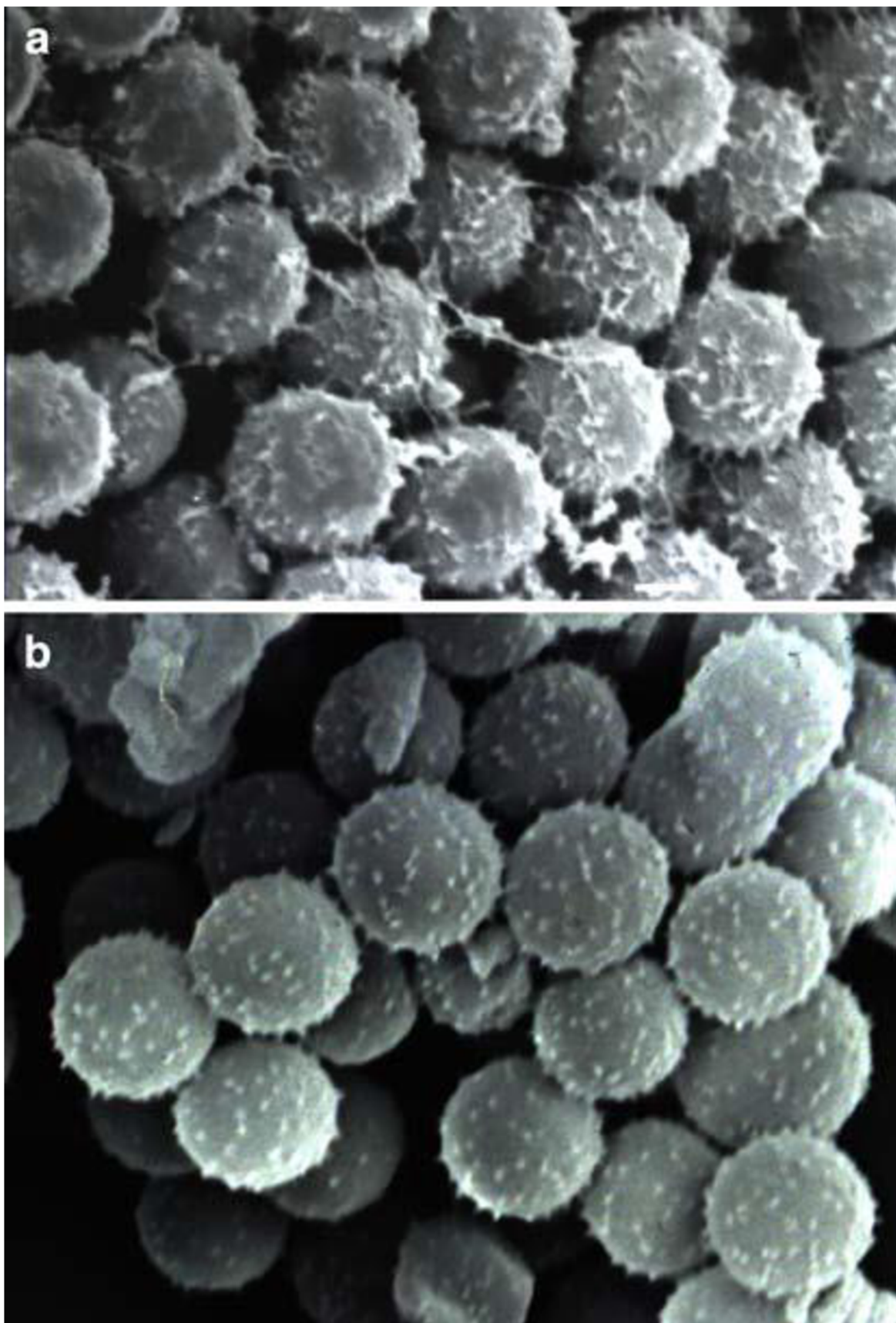
1.4. Životní cyklus *Plasmodiophora brassicae*

1.4.1. Životní cyklus *in vivo*

P. brassicae je výhradně půdní parazit, který má 3 etapy životního cyklu: přežívání v půdě, infekce kořenového vlášení a kortikální infekce (obr. 2) (Naiki, 1987). Primární inokulum je tvořeno z klidových spor uvolněných z hostitelské tkáně do okolní půdy. Tyto klidové spory jsou kulovitého tvaru o rozměru 3 μm (obr. 2a, 3a) (Buczacki a Cadd, 1976) a jejich povrch je pokryt ostny (obr. 3b) (Ikegami et al., 1978). Z každé vytrvalé spory se uvolňují dvoubičíkaté primární zoospory vřetenovitého tvaru o délce 2,5 – 5,9 μm (obr. 2b) (Ayers, 1944). Kratší bičík má tupý konec a delší má špičaté zakončení. Po dosažení povrchu kořenového vlásku penetrují zoospory buněčnou stěnu. Tato etapa životního cyklu se nazývá stádium infekce kořenového vlášení nebo také primární infekční stádium. V kořenových vláscích se tvoří primární plasmodia (obr. 2c). Jádra se v plasmodiích synchronně dělí a následně dochází k tvorbě zoosporangií. Zoosporangia tvoří shluky v kořenových vláscích (obr. 2d) a někdy také v epidermálních buňkách. V každém zoosporangiu se následně vyskytuje 4-16 sekundárních zoospor. Po uvolnění zoospor zůstávají prázdná zoosporangia v kořenových vláscích (obr. 2e). Sekundární zoospory nejsou viditelně odlišitelné od primárních zoospor (Kageyama a Asano, 2009). Zřídka se vyskytují i dvoujádřové zoospory vzniklé fúzí dvou zoospor, ne pouhým rozdělením jader (Ingram a Tommerup, 1972). Sekundární zoospory penetrují kortikální tkáň. Tento proces se nazývá kortikální infekce neboli sekundární etapa infekce. Uvnitř napadených buněk se patogen vyvíjí v sekundární plasmodia, která se množí a způsobují hypertrofii buněk (obr. 2f, g) a následnou tvorbu nádorů na kořenovém systému. Po několika jaderných děleních obsahují plasmodia v rané fázi vývoje dvě jádra a dále se vyvíjí v mnohojaderná plasmodia (Garber a Aist, 1979). Haploidní jádra mohou fúzovat a vytvořit diploidní jádra. U diploidních jader však může docházet k meiotickému dělení za vzniku haploidních jader (Buczacki, 1983). Plasmodia se nakonec vyvíjí ve vytrvalé spory (obr. 1h, i) (Ikegami et al., 1982) a dochází k jejich následnému uvolnění do půdy. Během těchto komplexních buněčných dělení produkuje patogen vytrvalé spory a zvyšuje svou genetickou diverzitu (Kageyama a Asano, 2009).



Obrázek 2: Životní cyklus *Plasmodiophora brassicae*. a) Vytrvalá spora. b) Primární zoospóra. c) Primární plasmodium v kořenovém vlášení. d) Zoosporangiální shluk v kořenovém vlášení. e) Prázdné zoosporangium. f, g) Sekundární plasmodia v kortikálních buňkách. h, i) Vytrvalé spory v kortikálních buňkách (upraveno dle Kageyama a Asano, 2009).



Obrázek 3: Mikrofotografie vytrvalých spor z nádoru na kořenech brukve řepky tuřinu pořízená rastrovacím elektronovým mikroskopem. a) Nezralé vytrvalé spory. b) Zralé vytrvalé spory (Kageyama a Asano, 2009).

1.4.2. Klíčení vytrvalých spor

Vytrvalé spory jsou významné pro dlouhodobé přežití *P. brassicae* v půdě a uchování si životaschopnosti navzdory působení ročním obdobím a nepříznivého počasí (Dixon, 2009). Dle Gibbse (1931) mohou vytrvalé spory přežít v půdě bez hostitelské rostliny po dobu 5 let. Wallenhammar (1996) zjistil, že poločas života inokula v silně infikované půdě je 3-6 let a po 17,3 letech klesla úroveň zamoření pod detekovatelnou míru. Vytrvalé spory zůstávají aktivní po dobu 24 h při 40 °C, ale při 30 °C po dobu 14 dní jsou inaktivní nebo aktivitu ztrácejí (White a Buczacki, 1979).

Klíčení vytrvalých spor je prvním krokem životního cyklu patogena. Klíčení spor spouští uvolnění vápenatých iontů a pro úspěšné klíčení je nezbytná jejich reabsorpce (Yano et al., 1991). Spory ze starších rozpadavých nádorů na kořenech jsou více klíčivé než spory z mladých tvrdých nádorů (Macfarlane, 1970). Rastrovací elektronová mikroskopie (SEM) prokázala, že mladé spory jsou pokryté vláknitou hmotou (obr. 3a), zatímco zralé spory jsou opatřené řadou trnů, ale bez přítomnosti této vláknité hmoty (obr. 3b). Zralé spory, na rozdíl od mladých, klíčí nezávisle na přítomnosti vápenatých iontů. Tyto výsledky naznačují rozdílnou zralost vytrvalých spor a tudíž i rozdílnou klíčivost v závislosti na jejich zralosti (Kageyama a Asano, 2009). Klíčivost spor dále závisí také na podmínkách prostředí, jako jsou pH, vlhkost, teplota, anorganické ionty a biologické faktory (Friberg et al., 2005).

Zoospory uvolněné z vytrvalých výtrusů přežívají v půdě relativně krátkou dobu (Takahashi, 1994). Indukce spontánního klíčení může být příležitostí snížit infekční potenciál patogena (Kageyama a Asano, 2009). Klíčení může být spuštěno kořenovými výměšky jak hostitelských, tak i nehostitelských rostlin (Friberg et al., 2005). Infekce kořenového vlášení byla pozorována i u nehostitelských rostlin, např. u jílku vytrvalého (*Lolium perenne* L.), rýtu vonného (*Reseda odorata* L.) nebo lichořeřišnice větší (*Tropeolum majus* L.). Toto napadení však nevede ke kortikální infekci (Macfarlane, 1952). Pěstování vybraných rostlin by mohlo být účinným způsobem při omezení výskytu nádorovitosti (Kageyama a Asano, 2009). Ředkev setá (*Raphanus sativus* L.), špenát setý (*Spinacia oleracea* L.) a oves setý (*Avena sativa* L.) při pěstování na zamořeném pozemku redukují hustotu populace patogena a současně snižují intenzitu napadení (Murakami et al., 2001).

1.4.3. Infekce kořenového vlášení

Ačkoliv primární zoospory infikují kořenové vlášení, shluky zoosporangíí s množstvím zoospor jsou formovány v kořenových vláscích (Kageyama a Asano, 2009). Sekundární zoospory uvolňované ze zoosporangíí v kořenových vláscích je reinfikují (Naiki et al., 1984a). Patogen se v této fázi životního cyklu množí okolo kořenových vlásků a epidermálních buněk a zvyšuje tak infekci kortikálních tkání.

Infekce kořenového vlášení je pozorována u hostitelských i nehostitelských rostlin. Není jisté, zda sekundární zoospory z kořenů nehostitelských rostlin mohou infikovat kořeny hostitelských rostlin z čeledi Brassicaceae. Hostitelská specifita je nižší u kořenového vlášení než u kortikálních buněk (Kageyama a Asano, 2009).

Stanovení úrovně zamoření na polním pozemku je závislé na vztahu mezi hustotou populací a frekvencí infekce kořenového vlášení (Samuel a Garrett, 1945). Při koncentraci nižší než 10^3 vytrvalých spor/g v půdě nedochází k infekci kořenového vlášení (Naiki et al., 1978).

Koncentrace vápníku v půdě souvisí s infekcí kořenového vlášení a také s klíčením vytrvalých spor (Kageyama a Asano, 2009). Koncentrace vápenatých iontů okolo kořenů omezuje vývoj zoosporangií v kořenovém vlášení a zpomaluje uvolňování sekundárních zoospor ze zoosporangií. Vápnění půdy má dva vlivy: zvýšení koncentrace vápenatých iontů a také zvýšení zásaditosti půdy, což může vést k úspěšné regulaci této choroby (Webster a Dixon, 1991).

Vztah mezi infekcí kořenového vlášení a kortikální infekcí je komplexní (Naiki et al., 1984b). Vnímavost kořenového vlášení by neměla být korelována s vnímavostí kortikálních buněk vedoucí ke tvorbě nádorů. Míra napadení kořenového vlášení a tvorby nádorů se liší v závislosti na rase patogena. Při napadení fyziologickou rasou ECD 20/15/12 může dojít k vysoké míře infekce kořenového vlášení, ale netvoří se nádory, naopak při napadení rasou ECD 20/31/31 může dojít k nízké míře infekce kořenového vlášení, ale k tvorbě velkých nádorů (Kageyama a Asano, 2009).

1.4.4. Kortikální infekce

Procesy, které vedou ke vzniku kortikální infekce, nejsou ještě zcela známé. Stále není objasněno, zda-lijsou zoospory uvolňovány z kořenového vlášení do půdy nebo se pohybují uvnitř kořenového vlášení. Fáze kortikální infekce je zahájena uvolněním sekundárních zoospor ze zoosporangií v kořenovém vlášení. Na rozdíl od sekundárních, primární zoospory neinfikují kortikální tkáň (Dobson a Gabrielson, 1983).

Populační hustota vytrvalých spor byla při pěstování vysoce vnímavého čínského zelí korelována s tvorbou nádorů na kořenech (Naiki et al., 1978). Na základě této regresní korelace byla stavena minimální populační hustota pro tvorbu nádorů na 3,5 vytrvalé spory/g půdy. V každém životním cyklu tohoto patogena existují dvě strategie: infekce kořenového vlášení tvořící zoosporangiální shluky s velkým množstvím zoospor a kortikální infekce tvořící vytrvalé spory. Nízká míra zamoření půdy neovlivní výnos vnímavé plodiny, ale významně se zvýší populační hustota v následující vegetační sezóně (Kageyama a Asano, 2009). Jedna vytrvalá spora může způsobit tvorbu nádorů (Narisawa et al., 1996).

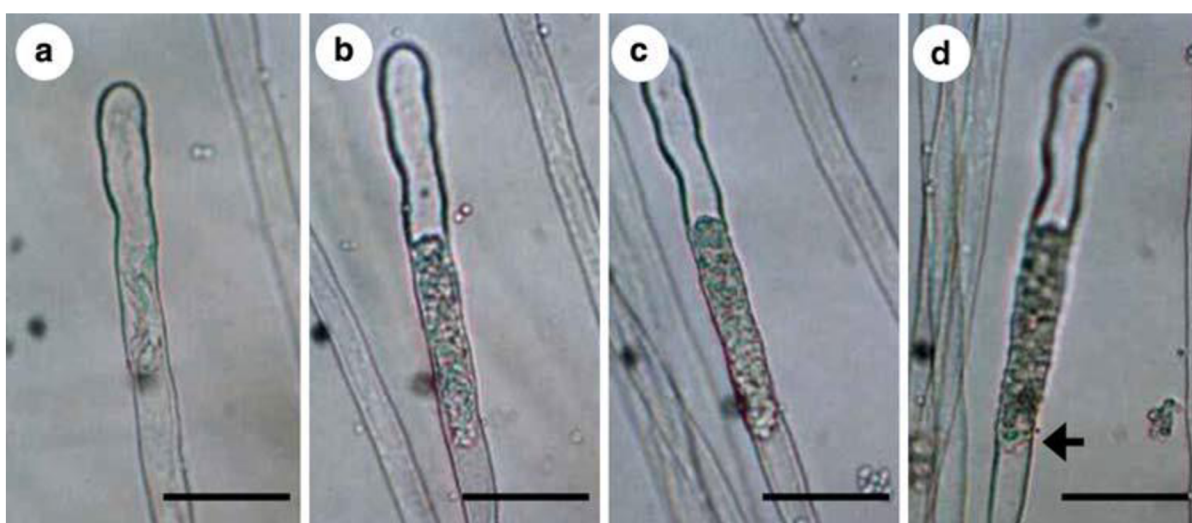
Klíčení povrchově dezinfikovaných vytrvalých spor začíná 2 dny po zahájení kultivace. Klíčivost se po dobu 6 dní zvyšuje a pak ustává. Klíčivost nedezinfikovaných spor byla opožděná o 2 dny a byla nižší. Na konci experimentu byla klíčivost povrchově dezinfikovaných spor 12 % a bez ošetření pouze 6,7 %. Tyto výsledky naznačují, že procesy klíčení jsou identické i u intaktních spor, klíčení však ovlivňují jiné biologické faktory (Asano et al., 1999).

1.4.5. Růst *P. brassicae* v kořenovém vlášení v kultuře

Stáří kořenového vlášení ovlivňuje infekci *P. brassicae* (Naiki et al., 1978). V duálních kulturách (kultury kořenového vlášení a *P. brassicae*) umožňující opakované pozorování infekce kořenu v čase (Asano et al., 2000) bylo zjištěno, že počet infekcí byl nejvyšší u 5 – 6 dní starého kořenového vlášení, což potvrzuje, že stáří kořenových vlásků ovlivňuje úspěšnost

infekce. Infekce začíná 3 dny po inokulaci, do stáří 6 dní nárůst zrychluje a následně růst pokračuje již mírnějším tempem do stáří 10 – 12 dní po inokulaci. Klíčení klidových spor a infekce kořenových vlásků se vyskytly synchronně se zpožděním 2 dnů, což může být způsobeno časovým zpožděním infekce primárními zoosporami a klíčením vytrvalých spor (Kageyama a Asano, 2009).

První den po inokulaci kořenového vlásku *P. brassicae* v kultuře je možné pozorovat amorfní primární plasmodium (obr. 4a) vyplňující jednu čtvrtinu objemu kořenového vlásku (obr. 4b). Tvar protoplasmy plasmodia se mění na hrbokatý (obr. 4c). Každý hrbolek je zároveň ohraničen membránou a vyvinutým zoosporangiem. Cytoplazma uvnitř zoosporangií se dělí a poté diferencuje na zralá zoosporangia obsahující sekundární zoospory. Ze zoosporangií se uvolňují sekundární zoospory (obr. 4d). V duální kultuře je možné vidět plovoucí sekundární zoospory po 6 – 8 dnech od inokulace.

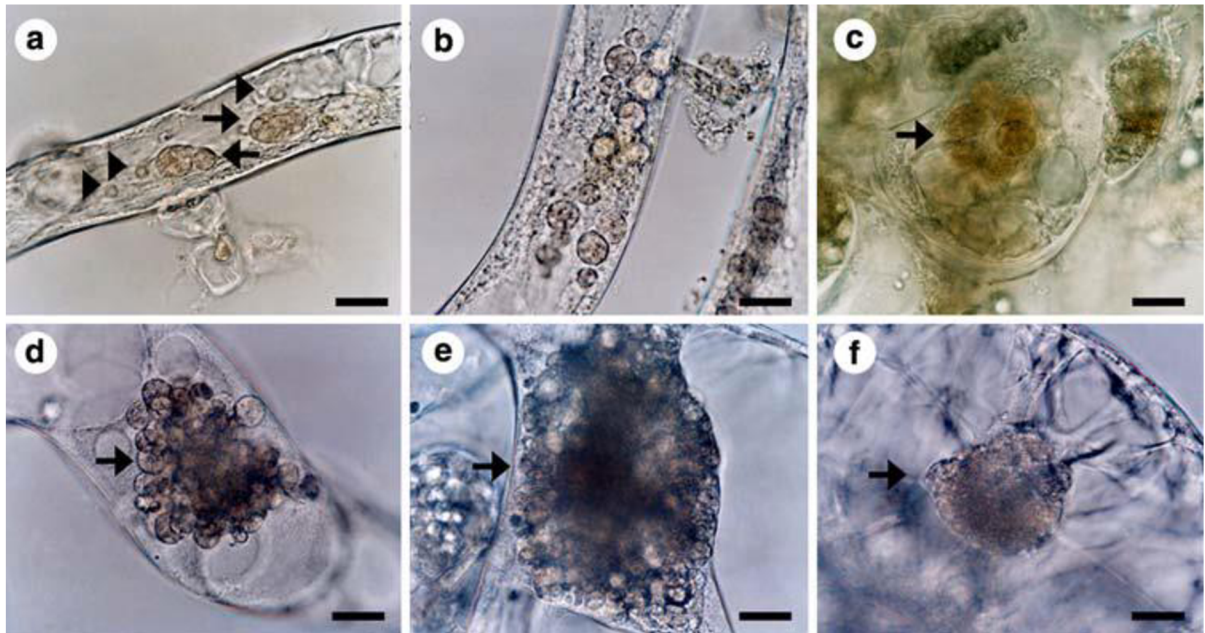


Obrázek 4: Růst *P. brassicae* v kořenovém vlásku brukve řepáku vodnice fotografovaný a) 4, b) 5, c) 6 a d) 8 dní po inokulaci vytrvalými sporami (Kageyama a Asano, 2009).

1.4.6. Růst sekundárních plasmodií v suspenzních kulturách

Asano a Kageyama (2006) vyvinuli duální kultury *P. brassicae* a brukve řepky tuřinu (*Brassica napus* subsp. *rapifera*, dále jen tuřín) za použití kultur suspenzních buněk. Namnožené suspenzní buňky měly kulovitý až válcovitý, zřídka vláknitý tvar. Buňky infikované *P. brassicae* byly významně větší a často abnormálního tvaru. Tato pozorování vedla k závěru, že buňky hostitelských rostlin po napadení *P. brassicae* indukují produkci auxinu. Zvýšená produkce auxinu vede ke zvětšení napadených buněk a ústí v hypertrofii napadených tkání (Ludwig-Miller, 1999). Sekundární plasmodia jsou schopna syntetizovat cytokininy (Müller a Hilgenberg, 1986), *P. brassicae* zvyšuje dělení buněk v nádorové tkáni a vede k hyperplasii (Kobelt et al., 2000).

Sekundární plasmodia v buňkách suspenzní kultury, stejně jako v přirozeně infikovaných nádorech, prochází následujícími vývojovými stádii: kulovitá mladá plasmodia (obr. 5a), rozdělená do mnoha mladých kulovitých plasmodií (obr. 5b). Vyvinutá malá plasmodia (obr. 5c) tvoří následně shluky opakovaným dělením (obr. 5d). Plasmodia fúzí (obr. 5e) a tvoří vegetativní plasmodia (obr. 5f) (Kageyama a Asano, 2009).



Obrázek 5: Vývojová stádia *P. brassicae* v suspenzní kultuře (Kageyama a Asano, 2009).

Sekundární zoospory infikují kortikální buňky během kortikální infekční fáze, stávají se myxoamébami a následně napadají vnitřní kořenové tkáně. Myxoaméby penetrují a migrují z epidermis do centrálního válce, kde se stávají sekundárními plasmodiemi a rostou v kortikálních buňkách. Sekundární plasmodia ve vnitřních kortikálních buňkách jsou distribuována častěji cytoplazmatickým prouděním a dělením buněk než porušením intaktních buněčných stěn.

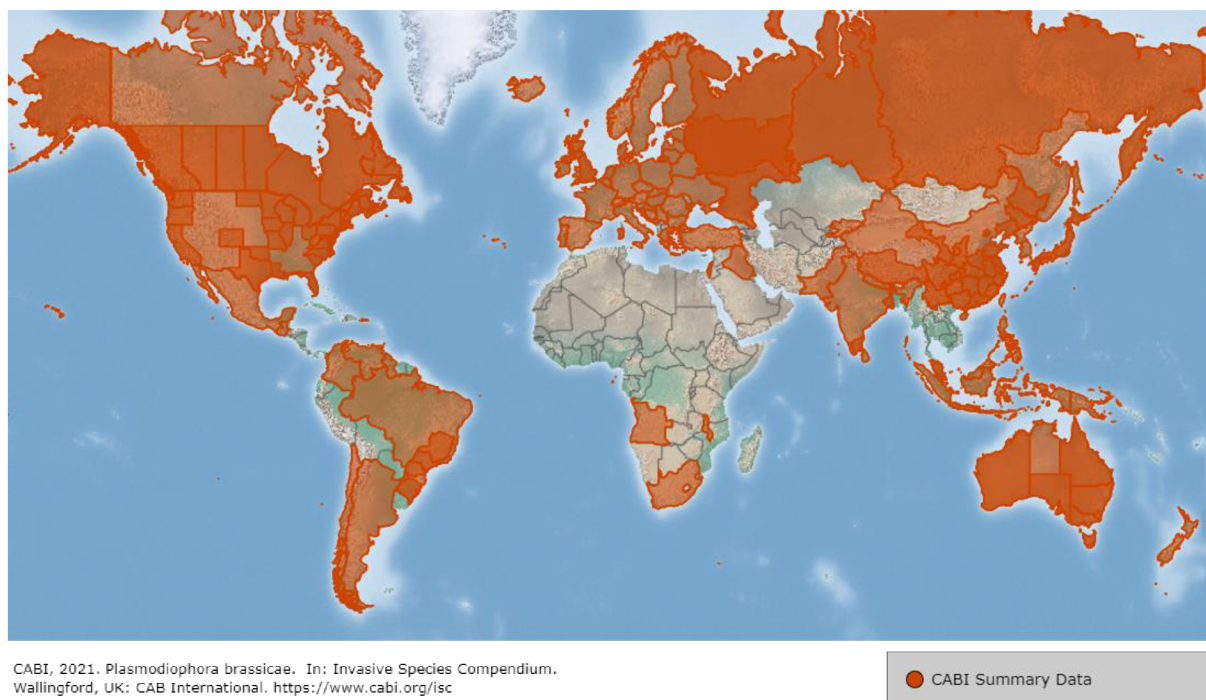
1.5. Epidemiologie *P. brassicae*

Rozdílné podmínky prostředí v půdě mají vliv na různou intenzitu napadení hostitelských rostlin. Jedním z nejvýznamnějších faktorů, který ovlivňuje výskyt *P. brassicae*, je pH půdy. Infekce se vyskytuje především při pH půdy nižší než 7. Dalším klíčovým faktorem je vlhkost půdy, jelikož pohyb zoosporového stádia životního cyklu *P. brassicae* je závislý na půdní vodě (Dobson et al., 1982). To vysvětluje rozšíření infekce v nedostatečně odvodňovaných částech polních pozemků. Optimální teplota půdy pro rozvoj onemocnění je 20 – 22 °C (Einhorn a Bochow, 1990). Geografické rozšíření výskytu *P. brassicae* však naznačuje, že patogen je schopen se přizpůsobit různým teplotním režimům (obr. 6).

Šíření patogena na velké vzdálenosti je způsobené především kontaminovaným materiálem. Oproti patogenům vyskytujících se např. na listech má disperze větrem, především unášením kontaminované půdy, pouze minoritní význam. Šíření *P. brassicae* na střední až velké vzdálenosti je způsobené zejména transportem infikovaných sazenic a částí rostlin, polní mechanizací, zvěří nebo odtokem vody (Diederichsen et al., 2009). Šíření spor na krátké vzdálenosti aktivním pohybem v rhizosféře má velmi omezený význam, jelikož se jak primární, tak sekundární zoospory pohybují maximálně na vzdálenost několika milimetrů (Doyle, 1990). Pohyb zoospor slouží pouze k dosažení nejbližšího kořenového povrchu. Evoluční strategií, jak se vypořádat s omezenou schopností šíření je dlouhá životaschopnost a vysoká míra reprodukce patogena (Diederichsen et al., 2009). Vytrvalé spory jsou schopné přežít v půdě po dobu

minimálně 17 let, poločas života je stanoven na 3,6 let (Wallenhammar, 1996). Jeden gram infikované kořenové tkáně obsahuje min. $1-2 \times 10^8$ spor, jedna hostitelská rostlina pak může na kořenech vytvořit až 20 g nádorů. V případě počáteční infekce rostliny 10^4 spor je nárůst spor 10 000 násobný během jedné generace za dobu přibližně 6 týdnů (Diederichsen et al., 2009).

Vzhledem k nespecifitě primární fáze infekce se předpokládá, že některé nehostitelské, stejně jako rezistentní rostliny, redukují množství inokula v infikované půdě tím, že způsobí vyklíčení vytrvalých spor bez jejich následné multiplikace (Friberg et al., 2006).



Obrázek 6: Geografické rozšíření *Plasmodiophora brassicae* (CABI, 2021)

1.6. Metody detekce *P. brassicae*

Detekce zamoření půdy, hlavní prerekvizity pro epidemiologické studie, bývá zjišťována pomocí bioesejí za použití vysoce citlivých rostlin jako indikátorů, kterými jsou především čínské zelí nebo brukev sítinovitá (Melville a Hawken, 1967). Dále byly vyvinuty metody na základě PCR analýz pro detekci *P. brassicae* v půdě, rostlinách i vzorcích vody, které vedly k vývoji real time PCR protokolů pro kvantitativní detekci zamoření půdy (Cao et al., 2007).

1.6.1. Fenotypizace

Pro detekci *P. brassicae* se používá již od roku 1945 půdní biotest za použití lapacích rostlin. Jedná se o nejspolehlivější diagnostickou metodou hodnocení půd na přítomnost *P. brassicae*, a stále na ni spoléhá mnoho modernějších metod (Samuel a Garrett, 1945). Princip metody spočívá v tom, že lapací rostliny stimulují klíčení spor *P. brassicae* a následnou inokulaci těchto rostlin (Tso et al., 2021). Tato metoda se používá pro stanovení přítomnosti zoosporangii na kořenovém vlášení (Samuel a Garrett, 1945), pro stanovení množství spor přežívajících v půdě (Macfarlane, 1952), pro detekci korelace výskytu spor *P. brassicae* s vývojem nádorů na kořenovém systému (Colhoun, 1957) nebo pro pěstování hostitelských

rostlin ve zkoumaném vzorku půdy a následnou analýzu kořenů na přítomnost nádorů (Melville a Hawken, 1967). Tyto metody fungují spolehlivě, pokud je v půdě koncentrace spor více než 1 000 spor/g suché půdy, která vede k rozvoji symptomů nádorovitosti (v závislosti na typu půdy a podmínkách prostředí). Nevýhodou je náročnost na čas (5 a více týdnů) a lidskou práci (Faggian a Strelkov, 2009). Tato metoda je také náročná na kultivační prostor, proto není vhodná k rutinnímu testování většího množství vzorků (Wakeham a White, 1996). Pěstování pouze jedné plodiny nepodává informaci o rase či patotypu inokula (Tso et al., 2021).

Patotypy *P. brassicae* se v současné době fenotypově rozlišují dle virulence hostitelských diferenciačních sad. Reakce hostitelských rostlin jsou monitorovány dle rozvoje nádorů na kořenech. Tyto testy zachycují přítomnost a rozšíření fyziologické specializace v populacích patogena (Fredua-Agyeman et al., 2018). Pro studium patogenické variability *P. brassicae* bylo představeno několik diferenciačních sad. Jednou z nejpoužívanějších diferenciačních sad je sada představena Williamsem (1966), která se skládá ze čtyř diferenciačních hostitelských genotypů a může rozlišit maximálně 16 patotypů. Evropská diferenciační sada nádorovitosti (European Clubroot Differential, ECD) byla představena o 9 let později (Buczacki et al., 1975). Tvoří ji 15 různých hostitelských genotypů, z toho tři jsou shodné s Williamsovou sadou (obr. 7). Další diferenciační sadu, která obsahuje tři genotypy brukve řepky (*B. napus*) vyvinul Somé et al. (1996). Jelikož se v Albertě (Kanada) objevily nové virulentní patotypy *P. brassicae*, které překonaly rezistenci u brukve řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus* L.), bylo nutné vytvořit novou diferenciační sadu: Kanadskou diferenciační sadu nádorovitosti (CCD), která sestává z 13 hostitelských genotypů – hostitelské odrůdy dle Williamse, Somé, 8 z ECD a odrůdy brukve řepky (*B. napus*) pěstované především v Kanadě. Každý tester z CCD sady je inokulovaný izoláty *P. brassicae* a projevy napadení jsou vyhodnocené po šesti týdnech (Strelkov et al., 2018). Patotypy jsou identifikované dle reakce hostitele. Každému patotypu je přiřazené číslo následované písmenem (např. 3A; Tso et al., 2021). Nejnovější sadou je Čínská diferenciační sada nádorovitosti (SCD, která používá hostitele se známými geny rezistence vůči nádorovitosti k odhalení variability patotypu 4, dle definice Williamse (Pang et al., 2020). SCD byl vytvořen proto, že některé izoláty identifikované jako patotyp 4 (dle Williamse) byly různě virulentní na odrůdách čínského a hlávkového zelí (Tso et al., 2021).

Diferenciační číslo	hostitel	ECD označení
20 chromozomová sada (<i>B. campestris</i> L.)		
1	<i>ssp. rapifera</i> (aaBBCC)	1
2	<i>ssp. rapifera</i> (AAbbCC)	2
3	<i>ssp. rapifera</i> (AABBcc)	4
4	<i>ssp. rapifera</i> (AABBCC)	8
5	<i>ssp. pekinensis</i> , Granaat	16
38 chromozomová skupina (<i>Brassica napus</i> L.)		
6	var. <i>napus</i> linie DC101	1
7	var. <i>napus</i> linie DC119	2
8	var. <i>napus</i> linie DC128	4
9	var. <i>napus</i> linie DC129	8
10	var. <i>napus</i> linie DC130	16
18 chromozomová skupina (<i>Brassica oleracea</i> L.)		
11	var. <i>capitata</i> , Badger Shipper	1
12	var. <i>capitata</i> , Bindsachsener	2
13	var. <i>capitata</i> , Jersey Queen	4
14	var. <i>capitata</i> , Septa	8
15	var. <i>acephala</i> subvar. <i>laciniata</i> , Verheul	16

Obrázek 7: Hostitelské druhy Evropské diferenční sady nádorovitosti pro klasifikaci populací *P. brassicae* (upraveno dle Buczacki et al., 1975).

Ačkoliv je CCD sada velice účinná a má větší rozlišovací schopnost než předchozí sady, má také své limity. Tato metoda je velice náročná na lidskou práci i místo ve skleníku, které je nutné zabezpečit proti rozšíření spor *P. brassicae*. Hodnocení jednotlivých patotypů dle hostitelských sad je časově náročné, virulence patogena může být ovlivněna podmínkami ve skleníku, biologickým růstem nádorů na kořenech i jednotlivými hostiteli. Nejčastěji jsou rostliny hodnocené po 6 týdnech od inokulace a v závislosti na prostoru může být zároveň testováno pouze malé množství izolátů. Je tudíž obtížné tuto metodu urychlit nebo rozšířit počet hodnocených izolátů. Hrozí také riziko lidské chyby i rozdílných výsledků mezi jednotlivými laboratořemi, a tudíž je požadována vysoká míra zkušeností a zodpovědnosti. Současné diferenční sady jsou založené na fenotypové klasifikaci, která často neodpovídá genomické variabilitě mezi patotypy (Tso et al., 2021).

1.6.2. Fluorescenční mikroskopie

Detekce spor v půdě pomocí fluorescenční mikroskopie byla vyvinuta již v roce 1987 (Takahashi a Yamaguchi). Půdní suspenze byla obarvená pomocí fluorochromu a fluoreskující vytrvalé spory byly počítány za pomoci fluorescenčního mikroskopu. Tato metoda byla následně modifikována, jelikož některé půdní částice byly započítané nepřesně. Aktualizovaný test zahrnoval použití dvou fluorochromů a pozměněný protokol přípravy půdního vzorku, který zlepšil detekci spor a poskytl možnost detekce živých spor. Fluorochrom Calcofluor White M2R se váže na chitin v nepoškozených buňkách, zatímco druhý fluorochrom (ethidium bromid) proniká do poškozených a neživých buněk. To umožnilo diferenční barvení živých (modrá fluorescence) a neživých (červená fluorescence) spor (Takahashi a Yamaguchi, 1988).

Následně byla nalezena korelace mezi modrou fluorescencí a intenzitou napadení (Takahashi a Yamaguchi, 1989).

Fluorescenční mikroskopie se používá pro stanovení množství inokula, jeho životnosti i míry klíčivosti. Životnost spor může být hodnocena pomocí barvení Evansovou modří, která barví buněčné membrány neživých spor modře (Harding e al., 2019) a barvením akridinovou oranží fluoreskují živé spory zeleně. Acetoorcein barví nevyklíčené spory a může být použitý pro stanovení jejich klíčivosti (Naiki et al., 1987).

Tato metoda je potenciálně použitelná pro pozorování a stanovení množství spor v půdě, není však pravděpodobné, že by byla rutinně používána. Fluoreskující částice půdy a další artefakty ztěžují identifikaci spor *P. brassicae*. Množství analyzovaných vzorků a správnost stanovení koncentrace spor tak závisí především na operátorovi (Faggian a Strelkov, 2009). Nevýhodou této metody je tedy nepřesnost stanovení množství spor v půdě a také nemožnost rozlišení jednotlivých patotypů, jelikož se spory jednotlivých patotypů *P. brassicae* od sebe morfologicky neliší (Tso et al., 2021).

1.6.3. Histologické barvení

Další metodou detekce *P. brassicae* je metoda trojitého barvení, která rozlišuje spory od rostlinných tkání kořene (Buczacki a Moxham, 1979). Spory se zbarví modře, ostatní rostlinné tkáně pak růžově nebo fialově. Pro zbarvení chitinu ve stěně spor *P. brassicae* lze použít laktofenolovou modř (Buczacki a Moxham, 1983). Methylenová modř zase barví vytrvalé spory uvnitř sekundárního plasmodia tmavě modře, zatímco buněčné stěny tkáně v kořenu jsou světle modré (Sharma et al., 2011). Primární plasmodia a zoospory mohou být pozorovány po barvení roztokem Harrisova hematoxylinu a následného barvení eozinem Y (Verma et al., 2014). Toluidinová modř se používá k detekci rezistence hostitele během infekce barvením lignifikovaných buněčných stěn modře, jelikož se lignifikace objevuje jako obranný mechanismus (Deora et al., 2013).

1.6.4. Sérologie

Spory *P. brassicae* v půdě mohou být detekovány pomocí sérologické metody na základě použití polyklonálních antisér. Při použití polyklonálního séra PAb 15/2, metody dip-stick, nepřímé ELISA (enzymový imunotest) a imunofluorescence bylo dosaženo detekčního limitu 100 spor/gram půdy (Wakeham a White, 1996).

Obecně platí, že specificita antisér vůči patogenům se může značně lišit (Hardham et al., 1986). Monoklonální látky se nemohou rozmnožovat a proto je jejich množství omezené, tím i jejich použitelnost jako diagnostického nástroje. Sérologické testy založené na antiklonálních látkách představují významné zlepšení ve specifitě testů. Tyto testy nejsou drahé a jsou tak vhodné k testování velkého množství vzorků (Faggian a Strelkov, 2009).

1.6.5. Molekulární metody

1.6.5.1. Polymerázová řetězová reakce (PCR)

Vývoj metod pro molekulární detekci *P. brassicae* je proces trvající již poslední tři desetiletí. PCR se dá použít i pro hodnocení půdních vzorků nebo malých vzorků rostlinných tkání a je vhodnou alternativou k časově náročnějším testům, jako je např. bioesej (Faggian a

Strelkov, 2009). Pro obecnou detekci spor v půdě byla vyvinuta metoda PCR, založená na specifické amplifikaci isopentyltransferázy z DNA *P. brassicae*. Tyto primery lze použít i pro detekci *P. brassicae* v půdě s přesností jedné spory v gramu půdy. Výsledky nekorelují s intenzitou napadení (Ito et al., 1999). S cílem zvýšení citlivosti této metody bylo vyvinuto množství dalších testů přímo s ribozomální DNA (rDNA) nebo vnitřními transkribovanými mezerníky (ITS regiony) *P. brassicae* (Chee et al., 1998; Faggian et al., 1999). Jelikož v genomu *P. brassicae* je více kopií ITS regionů, jedná se o přesnější metodu použitelnou i při nízkých koncentracích spor tohoto patogena. V roce 2001 Wallenhammar a Arwidsson vyvinuli rDNA PCR protokol, který umožňuje detekci *P. brassicae* v různých typech přirozeně infikovaných půd. Tento test funguje spolehlivě při indexu napadení půdy více než 21 % (bioesej 35 %), je však založený na dvou amplifikacích, což je náročné na čas a materiál a hrozí zde zvýšené riziko kontaminace vzorku (Tso et al., 2021). Cao a kolektiv (2007) vyvinul jednokrokový PCR protokol na základě konzervovaného 18S ribozomálního RNA genu, který umožňuje konzistentní detekci *P. brassicae* v přirozeně infikovaných půdách až do indexu napadení 11 % (14 % napadených rostlin) nebo fentogramové množství DNA *P. brassicae*. Tato metoda také umožňuje detekci *P. brassicae* v/na kořenech zcela bez příznaků napadení 3 dny po inokulaci a v půdě s koncentrací pouze 1×10^3 spor/g půdy a rutinně se používá v komerčních laboratořích. Poslední dvě metody korelují s intenzitou napadení (Faggian a Strelkov, 2009).

Pro stanovení množství inokula v půdě byly vyvinuty metody kvantitativní PCR (qPCR), při kterých počáteční množství DNA patogena přímo koreluje s exponenciální křivkou amplifikace. Pro rychlou kvantifikaci spor v rostlinných vzorcích (Sundelin et al., 2010) i v semenech sklizených z napadených rostlin (Rennie et al., 2011) byly vyvinuté qPCR metody používající barviva. qPCR s použitím barviva je méně specifická ve srovnání s qPCR založené na sondě. Při použití této metody může být identifikován pouze jeden cíl, jelikož se barvivo váže k DNA amplifikované v reakci a experiment tak závisí na vhodné volbě primeru a výběru amplikonu. Fluorescenční sondy během reakce zřáší specifické sekvence v rámci PCR amplikonu (Tso et al., 2021). Dvousondové metody mají vyšší specifitu a byly vyvinuté pro stanovení množství spor v přirozeně infikovaných půdách (Wallenhammar et al., 2012) a také pro kvantifikaci *P. brassicae* v kořenech rostlin (Cao et al., 2014). Použití propidium monoazidu (PMA) zabrání amplifikaci neživých spor a amplifikuje pouze živé spory (Al-Daoud et al., 2017). PMA je fotoreaktivní barvivo, které se váže na DNA, prochází buňkami mrtvých membrán a běžně se používá pro rozlišení mikroorganismů (Tso et al., 2021). Kapková digitální PCR (ddPCR – droplet digital PCR) je univerzálnějším nástrojem s přesnějšími výsledky a méně ovlivněnými inhibitory amplifikace (Wen et al., 2020).

Všechny tyto molekulární metody byly vyvinuté pro detekci *P. brassicae* a diagnostiku nádorovitosti, ale nejsou schopny rozlišit patotypy. Jsou tvořené primery převážně spojenými s konzervovanými oblastmi genomu, které jsou podobné mezi jednotlivými patotypy (Tso et al., 2021).

Molekulární metody mohou být vyvinuté i na základě genetické variability mezi patotypy *P. brassicae*. Tyto techniky jsou vysoce citlivé, rychlé, levné a nenáročné na čas a prostor. Polymorfni DNA marker specifický pro patotyp P₁ dle Somé (1996) byl identifikovaný a

převedený do sekvence charakterizované amplifikované oblasti (Manzanares-Dauleux et al., 2000a). Pro patotyp 5 dle Williamse je specifický gen Cr811 (Zhang et al., 2015). Na základě patogenity a schopnosti rozvoje nádorovitosti na kořenech rezistentních odrůd řepky olejky bylo identifikováno a charakterizováno přes 1500 jednonukleotidových polymorfismů dvou odlišných populací *P. brassicae* (Holtz et al., 2018). Sekvence 18S ITS regionu je specifická pro patotyp 5X, dle sady CCD (Zhou et al., 2018).

Identifikace na základě délky amplikonu může být použita pro rozlišení příbuznosti patotypů *P. brassicae*. V této metodě je pomocí elektroforetické separace amplifikovaných DNA fragmentů detekován polymorfismus inserce nebo delece v amplikonu. Odlišné proužky na gelu rozlišují patotypy podle molekulové hmotnosti. Výhodou této rychlé metody je použití pouze jediného páru primerů. Jedná se o jednoduchou konvenční PCR metodu, kterou lze snadno použít v diagnostických laboratořích s minimálními náklady, je však závislá na existenci rozlišující inserce/delece a pro přípravu primeru kolem amplikonu (Tso et al., 2021).

1.6.5.2. Jednonukleotidový polymorfismus (SNP)

Rozdílné primery obsahují specifické polymorfismy, které korespondují s patotypem, který vede k odlišné PCR amplifikaci. Primery jsou navrženy k zacílení rozdílné polymorfni sekvence charakteristické pro určitý patotyp. Pokud primer pro patotyp A je použitý na patotyp A, dojde k amplifikaci, díky shodě primeru s DNA předlohou, ale pokud je primer pro patotyp A použitý pro patotyp B k amplifikaci nedojde (Tso et al., 2021). Vývoj nové SNP metody obvykle sestává z následujících kroků: 1) SNP sekvenování a detekce polymorfismu pomocí bioinformatiky a následná evaluace na malém množství vzorků; 2) ověření SNP k vyloučení chyby sekvenováním; 3) patotypování velkého množství vzorků (Chagné et al., 2007).

Použitím dříve objevených rozdílných polymorfni regionů (Holtz et al., 2018) bylo získáno celkem 11 primerů – 6 k detekci nevirulentních patotypů a 5 bylo navrženo pro virulentní patotypy (Holtz et al., 2021).

Diferenční polymorfni primery jsou rychlou a jednoduchou metodou založenou na PCR, která se může běžně používat v komerčních laboratořích při minimálních nákladech. Nejdříve je však nutné navrhnout primery pro polymorfni klastr, které mohou být optimalizované při kvantitativní metodě, což může být časově náročnější, jelikož při této metodě je nutné použít jiné primery. Tato metoda může být náchylná k nespecifické amplifikaci, falešně negativním výsledkům nebo technické chybě při PCR. Životnost primerů závisí na stabilitě SNP a je zde riziko mutací. SNP může být také vhodná pro ddPCR metody pro celkovou kvantifikaci při detekci nízkých koncentrací DNA (Hindson et al., 2011). SNP spolu s ddPCR mohou být použity pro zvýšení schopnosti detekce malého množství spor (Tso et al., 2021).

1.6.5.3. RNÁza H-dependentní PCR

Identifikace patotypů pomocí běžné PCR s mírnou variací nukleotidů může být nepřesná, protože se primery v závislosti na podmínkách PCR váží nespecificky a mohou vést k falešně pozitivní amplifikaci. Nová technologie primeru (RNÁza H-dependentní PCR) poskytuje vysokou citlivost a přesnost (Dobosy et al., 2011). rhPCR primery jsou blokovány jednoribonukleotidovými rezidui na rozlišovacím polymorfni místě a polymerázou brání

amplifikaci. Blokované primery jsou aktivovány termostabilním RNáza H2 enzymem. V případě neshody se proužek neobjeví a primery zůstávají blokované (Tso et al., 2021).

rhPCR metoda byla vyvinuta pro detekci kmenů *P. brassicae* z původního patotypu 3 dle Williamse (Yang et al., 2018). Na základě polymorfních regionů dvou hypotetických genů byly navrženy dva páry primerů jako duplexní PCR s jedním párem primerů pro každý gen a každý gen reprezentuje buď patotyp 3 nebo kmen podobný patotypu 3. Primer, který odpovídá kmenu podobnému patotypu 3 vytváří amplikon s 135 páry bází, kdežto primer pro patotyp 3 tvoří větší aplikon s 337 páry bází. Při hodnocení polních vzorků pak vzorky s větším množstvím DNA patotypu 3 tvořilo silnější proužky než kmen podobný patotypu 3 a naopak. Touto metodou bylo hodnoceno 79 vzorků z 22 různých polí z Alaberty v Kanadě. 50 vzorků z nádorů na kořenech tvořilo více než jeden proužek, což znamená, že více patotypů koexistuje jako polní populace v jednom nádoru a jejich množství závisí na interakci s hostitelskými rostlinami (Fu et al., 2020).

rhPCR poskytuje větší rozlišení a vyšší citlivost než předchozí metody. Kombinace této metody s dalšími molekulárními nástroji by mohla zvýšit rozlišovací schopnosti SNP, např. rhPCR primery by mohly být navrženy pro regiony s vysokým počtem rozlišovacích SNP, což by zvýšilo použitelnost a citlivost patotypování. rhPCR primery mohou být optimalizované i pro použití při kvantifikaci. Tento postup může být použit v laboratořích, kde se standardně používají metody PCR. Je však časově náročnější než postupy, které používají pouze jeden pár primerů (Tso et al., 2021).

1.6.5.4. Jednonukleotidová extenze (SBE)

Další technikou na základě jednobodové mutace je SNaPshot, jednonukleotidová extenze umožňující detekci mnohonásobné SNP na DNA templátu (Chagné et al., 2007). SNaPshot primery se naváží na DNA těsně před SNP, Taq polymeráza prodlouží primer o jeden nukleotid na 3'konci výběrem správného komplementárního fluorescenčně značeného dideoxynukleotidtrifosfátu (ddNTP), chybějící OH skupina neumožňuje další syntézu a ukončuje replikaci nového vlákna DNA. Na každý ddNTP je navázané jedno ze čtyř fluorescenčních barviv, které odpovídá konkrétnímu, patotypově specifickému nukleotidu. Velikost výsledného produktu je pak SNaPshot primer a fluorescenční ddNTP nukleotid, který pak pomocí kapilární elektroforézy v genetickém analyzátoru vytvoří elektroferogram ze kterého podle velikosti a barvy můžeme odlišit jednotlivé patotypy.

SNaPshot se zdá být spolehlivým nástrojem pro patotypování *P. brassicae*. Automatizace genetického analyzátoru umožňuje zpracování velkého množství dat s vysokou přesností. Na rozdíl od SNP PCR, kde amplifikace závisí na specifické alele, SNaPshot umožňuje detekci jedné ze čtyř alelických variant, kde jsou jednotlivé nukleotidy rozlišené fluorescenčními ddNTP. Nevýhodou procesu je jeho časová náročnost, jelikož se protokol skládá z mnoha kroků a také náročnost na technické vybavení, které obvykle není součástí diagnostických laboroří.

1.7. Genetická variabilita interakcí mezi *P. brassicae* a hostiteli

Genetická variabilita *P. brassicae* byla poprvé zjištěna v roce 1931 (Honig), kdy byla porovnávána odolnost 3 rostlinných druhů z čeledi Brassicaceae vůči *P. brassicae* různého původu. V následujících desetiletích byly identifikovány rezistentní genotypy významných brukvovitých plodin (Crisp et al., 1989; Crute et al., 1980; Bradshaw a Williamson, 1991). Rezistentní genotypy byly častěji nalezené u plodin, jako např. bílé hlávkové zelí u druhu brukve zelné (*B. oleracea*).

Interakce mezi *P. brassicae* a hostiteli byla intenzivně studována za použití nejrůznějších testovacích sad. Nejvýznamnější především pro stanovení ras byla sada ECD testerů (Buczacki et al., 1975), skládající se z 5 genotypů každého ze 3 druhů: brukev řepák (*B. rapa*), brukev řepka (*B. napus*) a brukev zelná (*B. oleracea*). Analýzou více než 240 mezinárodních sad z ECD testerů vyplynulo, že rezistence brukve řepáku a brukve řepky byly rasově specifické, kdežto rezistence ECD testerů brukve zelné byla nediferenciální (Crute et al., 1983; Strelkov et al., 2007).

Zajímavostí je, že patogenicitu vůči rezistentním genotypům brukve řepáku se zdá být asociována s patogenitou vůči rezistentním genotypům brukve řepky, zatímco rezistentní hostitelské rostliny brukve zelné vykazují těžkou infekci s izoláty *P. brassicae*, které nebyly virulentní vůči rezistentním hostitelům brukve řepáku a brukve řepky (Crute et al., 1983).

Dalšími diferenačními sadami jsou sady s menším počtem genotypů představenými Williamsem (1966), Somém et al. (1996) a Kuginuki et al. (1999).

1.8. Ochrana proti nadorovitosti

1.8.1. Agrotechnické postupy

1.8.1.1. Vápnění půdy

Pro management nadorovitosti jsou klíčové znalosti podmínek pro klíčení spor (Dixon, 2009). Pro ochranu brukvovitých plodin vůči nadorovitosti se již delší dobu používají úpravy půdy. Vápnění zvyšuje pH půdy a obsah vápenatých iontů, což snižuje rozvoj nadorovitosti (Murakami et al., 2002). Vyšší obsah pH a vápníku totiž snižuje schopnost *P. brassicae* dokončit primární fázi životního cyklu. Ovlivňuje především klíčení trvalých spor, produkci primárních zoospor a infekci kořenového vlášení (Niwa et al., 2008). Pro viditelné snížení napadení nadorovitostí je potřeba zvýšit půdní pH během jednoho týdne po inokulaci (Dixon, 2009). Toto ošetření půdy zpožďuje infekci o několik týdnů, snižuje také intenzitu napadení rostlin a produkci spor *P. brassicae*, což má pozitivní vliv na výnos pěstovaných náchylných rostlin. Nejčastěji používaným přípravkem v zemědělství pro neutralizaci půdy a zlepšení rostlinného růstu je uhličitán vápenatý (CaCO_3). Vhodná je koncentrace 5 – 7,5 t/ha, která snižuje intenzitu napadení nadorovitostí, záleží však na podmínkách prostředí (Hwang et al. 2011). Pouze v Kanadě se nachází více než 2,5 mil ha zemědělských půd s pH menším než 6 (Lickacz, 2002). Z tohoto důvodu se zdá být vápnění pozemků jako správným a efektivním zemědělským opatřením ke zvýšení výnosů, zdravotního stavu rostlin i snížení nadorovitosti brukvovitých. Hydroxid vápenatý má podobné účinky a rychlejší nástup. V roce 2017 aplikace hašeného vápna v množství 8, resp. 11,4 t/ha snížila intenzitu napadení o 90 % oproti kontrole,

avšak výnos zůstal stejný. Ve skleníkových pokusech byl index napadení snížen na 0 (Fox et al., 2022). Pro inaktivaci spor *P. brassicae* se nejvíce osvědčila chemická dezinfekce, jako je bělidlo (chlornan sodný) nebo etanol, který ve vysokých koncentracích již po 20 minutách inaktivoval více než 99 % spor (Hill et al., 2022).

1.8.1.2. Rotace plodin

Různé strategie managementu nádorovitosti pomáhají snížit tlak inokula *P. brassicae*, snížit infekci rostlin (Peng et al., 2013) a přispívají k odolnosti pěstovaných plodin. Rotace plodin napomáhá k lepší ochraně rostlin proti chorobám a škůdcům a také ke zvyšování výnosů (Cook, 2006). Dvouletá přestávka v pěstování brukvovitých plodin na pozemcích s vysokým výskytem *P. brassicae* zvýšila výnos až o 76 % a snížila koncentraci trvalých spor o téměř 50 %. Po rapidním poklesu množství pravděpodobně nezralých a neživých spor se však populace stabilizovala a tříletá, ani čtyřletá přestávka už na koncentraci spor vliv neměla (Peng et al., 2015).

Dalším důležitým faktorem majícím vliv na výskyt nádorovitosti i na její intenzitu je datum výsevu a výsadby brukvovitých plodin na pozemek s výskytem *P. brassicae*. Optimální teplota půdy pro rozvoj nádorovitosti je 20 – 26 °C. Nádorovitost se rozvíjela mnohem pomaleji a onemocnění bylo méně závažné, když byly rostliny pěstovány v tomto rozpětí teplot. U rostlin brukve čínské (*B. rapa* subsp. *chinensis*) a brukve pekingské (*B. rapa* subsp. *pekinensis*) pěstovaných na zamořeném pozemku v Ontáriu v Kanadě se příznaky napadení objevily nejdříve a byly nejzávažnější u rostlin vysazených v červenci, mírné u rostlin vysazených v červnu a srpnu a nejnižší pak u rostlin vysazených v květnu a září (Gossen et al., 2012). U plodin s krátkou vegetační dobou měly tyto teploty nejvyšší vliv na rozvoj nádorovitosti 6 – 10 dní před sklizní (McDonald a Westerveld, 2008). Intezita napadení stoupá se zvyšující teplotou půdy a také množstvím srážek během období vegetace. Pokud tedy má pěstitel možnost, měl by se s ohledem na rozvoj nádorovitosti při pěstování plodin s krátkou vegetační dobou vyhnout nejteplejším obdobím v roce (Gossen et al., 2012).

1.8.2. Pesticidy

Fungicid Cyazofamid (Ranman® 400 SC) napomáhá snížení tlaku patogena *P. brassicae* až o 50 % včetně klíčení vytrvalých spor, infekce kořenového vlášení i rozvoje symptomů nádorovitosti (Mitani et al., 2003). Je proto možné pěstovat plodiny s krátkou vegetační dobou i v podmínkách vhodných pro rozvoj nádorovitosti, vyseté v červnu i v červenci na pozemcích s vysokou koncentrací spor *P. brassicae* v půdě (Gossen et al., 2012).

V České republice je v registru přípravků na ochranu rostlin pouze Basamid granulát obsahující účinnou látku dazomet (97 %), ale z ekonomických důvodů se dá využít jen velmi omezeně (Hňátek et al., 2020). Pro polní využití lze z praktického hlediska použít jen dusíkaté vápno, které je však účinné jen při velmi vysokých dávkách (Douda, et al., 2018), které často způsobují fytotoxicitu (Hňátek et al., 2020).

1.8.3. Biologická ochrana

Vhodný ekologický a ekonomický způsob managementu nádorovitosti je aplikace prospěšných endofytických nebo rhizosférických mikrobů (Jäschke et al. 2010) a také slibná alternativa kontroly *P. brassicae* s nízkým dopadem na životní prostředí, zejména díky omezení používání syntetických fungicidů (Zhu et al., 2019). V posledních desetiletích bylo

identifikováno několik antagonistických mikroorganismů na ochranu rostlin vůči nádorovitosti. Jedná se především o následující skupiny mikroorganismů: *Phoma glomerata* (Corda) Wollenw. a Hochapfel (Arie et al. 1999), *Heteroconium chaetospora* (Grove) M.B. Ellis (Narisawa et al. 1998), *Acremonium alternatum* Link (Jäschke et al. 2010), zelenatka (*Trichoderma* Pers.), bacil senný (*Bacillus subtilis* Ehrenberg), *B. amyloliquefaciens* Fukumoto a *Lysobacter antibioticus* Christensen a Cook (Cheah et al., 2000; Li et al., 2013; Zhou et al., 2014), *Piriformospora indica* Sav. Verma, Aj. Varma, Rexer, G. Kost a P. Franken (Khalid et al. 2020). Použití filtrátu *L. antibioticus* snížilo v experimentech ve skleníku výskyt nádorovitosti o 74,6 % (Zhou et al., 2014).

Mnoho gram pozitivních bakterií rodu bacil (*Bacillus* Cohn) produkuje dlouho žijící endospory (Emmert a Handelsman, 1999), které cílí na infekční zoospory *P. brassicae*. Rod bacil je znám jako endofyt (Surette et al., 2003) a chrání rostliny pomocí antibiocy (Agostini et al., 2003). Produkuje sekundární metabolity snižující infekci patogena v hostiteli, především díky antagonistům, tj. lipopeptidovým antibiotikům indukujícím systémovou rezistenci (Kilian et al., 2000). Další důležitou vlastností je schopnost tvorby biofilmů na kořenech, které hrají důležitou roli v ochraně rostlin (Chen et al., 2013). Vliv rodu bacil na *P. brassicae* zahrnuje především antagonistickou aktivitu (Li et al., 2013), indukci rezistence hostitele (Lahlali et al., 2013) a změny v mikrobiálním složení v půdě v oblasti kolem kořenového systému (Liu et al., 2018). Bakterie *Bacillus velezensis* (kmen F85) a *Bacillus amyloliquefaciens* (kmen T113) pak snižují intenzitu napadení kořenového systému rostlin *P. brassicae* až o 80 % (Zhu et al., 2019). Vysoký vliv na inhibici nádorovitosti (73,4 %) a velikost nádorů (snížená o 64 %) u brukve čínské (*B. rapa* subsp. *chinensis*) měl také *Bacillus cereus* (kmen MZ-12). Během bakteriální asociace byla v kořenech napadených nádorovitostí zaznamenaná zvýšená antioxidantní enzymová aktivita (Arif et al., 2021).

1.9. Šlechtění hospodářsky významných plodin na odolnost vůči nádorovitosti

Mezidruhový přenos rezistence hrál významnou roli ve šlechtění na odolnost v posledních 50 letech a také v možném spontánním přenosu genů. Využívá především moderní metody jakými je embryo rescue, která mezidruhový přenos umožňuje. Pro selekci a management rasově specifické rezistence je však stále hlavní výzvou identifikace a výběr zdrojů rezistence, stejně jako izolátů *P. brassicae* (Diederichsen et al., 2009). První lokusy kvantitativních znaků (QTL) způsobující odolnost u rostlin rodu *Brassica* zmapoval Landry et al. (1992).

Z čeledi Brassicaceae jsou nejpěstovanější, ekonomicky a hospodářsky nejvýznamější druhy brukev řepka (*B. napus*), brukev zelná (*B. oleracea*) a brukev řepák (*B. rapa*). Plodiny těchto druhů jsou také významnou složkou lidské stravy (Šamec a Salopek-Sondi, 2019). Brukev řepka je přirozeným amfidiploidem mezi brukví řepákem a brukví zelnou (U, 1935). Podle současné nomenklatury chromozomů, má brukev řepák chromozomy A1-A10 a brukev zelná chromozomy C1-C9, které dohromady tvoří genom brukve řepky. Oba ancestrální druhy brukve řepky jsou stále velmi blízké (Lagercrantz, 1998).

1.9.1. Šlechtění brukve řepáku (*B. rapa*) na odolnost vůči *P. brassicae*

Ve Východní Asii, jako je Čína, Korea nebo Japonsko se vyskytuje široká morfologická variabilita tohoto druhu. Kromě brukve řepáku vodnice (dále jen vodnice) a olejin se zde pěstuje mnoho listových zelenin. Nejoblíbenější zeleninou je brukev pekingská (*B. rapa* subsp. *pekinensis*), které je však svojí delší vegetační dobou zranitelnější než např. brukev čínská (*B. rapa* subsp. *chinensis*). Kvetoucí zelenina, např. Hanana (*B. rapa* var. *nippo-oleifera*), Hongcaitai (*B. rapa* var. *utilis*) nebo rapini (*B. rapa* var. *ruvo*), kde se květy nebo poupata používají k vaření má také delší kultivační období a je také náchylnější k *P. brassicae* (Hirai a Matsumoto, 2007). Nejvíce šlechtitelů se věnuje šlechtění na odolnost především u brukve pekingské. V Japonsku bylo vyšlechtěno množství odolných odrůd brukve pekingské a vodnice (*B. rapa* subsp. *rapa* L.), které se prodávají komerčně. V genetických zdrojích brukve řepáku ve východní Asii nebyly nalezené žádné zdroje odolnosti brukvovitých plodin. Brukev řepák pochází ze Středozeří, vykazuje zde i větší variabilitu a pravděpodobně i proto byly nalezeny zdroje odolnosti pouze u evropských vodnic (Yoshikawa, 1993). Odrůdy vodnice Siloga, Gelria, Milan White a Debra byly použity pro následné rezistenční šlechtění. Některé takto vyšlechtěné odrůdy se staly součástí ECD sady testů (ECD 01 – Debra a ECD 02 – Gelria; Crute, 1986b).

U brukve řepáku bylo pomocí molekulárních markerů identifikováno mnoho lokusů zodpovědných za odolnost vůči nádorovitosti. Kuginuki et al. (1997) byl první, kdo zmapoval a publikoval lokus, v současnosti známý jako *Crr1*. Tři hlavní geny a jeden QTL jsou na chromozómu A03 reprezentující dva komplexní regiony řídící odolnost vůči nádorovitosti. Region *CRb* a jeho marker TCR05 (Piao et al., 2004) se nachází v horní části chromozómu A03 mezi 12.5 cM (BRMS124) a 30.2 cM (BRMS206) na mapě Suwabe et al. (2006). V jeho těsné blízkosti se nachází lokus *CRa*, spojený s markerem HC352b (Hayashida et al., 2008). Není zcela zřejmé, zda se liší v rasové specifitě, ale liší se v dědičnosti (Diederichsen et al., 2009). Dalším regionem na A03 je *Crr3* locus, který je lokalizovaný mezi 34.6 cM (BRMS158) a 73.5 cM (BRMS058) na mapě (Suwabe et al., 2006) s markerem OPC11-2S (Sakamoto et al., 2008), který byl identifikován na odolné odrůdě pekingského zelí Kanko (Diederichsen et al., 2009). Dalšími chromozómy jsou A02, kde se nachází *CRc* (Sakamoto et al., 2008) odvozený z odrůdy Debra a na chromozómu A08 pak *Crr1* (Suwabe et al., 2003). Není však jisté, který gen je zodpovědný za odolnost ke konkrétním rasám (Diederichsen et al., 2009).

1.9.2. Šlechtění plodin brukve zelné (*B. oleracea*) na odolnost vůči *P. brassicae*

Brukev zelná má velice dlouhou historii šlechtění a bylo z ní vyšlechtěno mnoho typů zelenin (např. hlávkové zelí, květák, růžičková kapusta nebo brokolice). Nejstarší zmínky o hlávkovém zelí, kapustě a kedlubnu pochází z antického Řecka a Říma (Snogerup, 1980). Moderní červené a bílé zelí (*B. oleracea* var. *capitata*) pochází z 12. stol. z Německa a 14. stol. z Anglie. Hlávková kapusta (*B. oleracea* var. *sabauda*) pochází pravděpodobně z Itálie, odkud se v 16. až 17. století rozšířila do Francie a Německa (Thompson, 1976). V mnoha částech Evropy se ještě stále pěstují původní formy, např. lokální odrůdy brokolice a kvěťáku v Itálii (Massie et al., 1996).

V rámci druhu brukve zelné bylo popsáno mnoho dalších zdrojů odolnosti (Manzanarez-Dauleux et al., 2000b), avšak pouze malé množství odrůd z nich bylo vyšlechtěno a komerčně

prodáváno (Voorrips, 1995). Ačkoliv odolnost brukve zelné vůči *P. brassicae* je nejčastěji rasově nespecifická, pro použití ve šlechtění je nejčastěji využívána rasově specifická odolnost brukve řepky a brukve řepáku. Odolnost brukve zelné je geneticky více komplexní, především recesivní, a tudíž méně vhodná pro šlechtění a tvorbu hybridních odrůd (Diederichsen et al., 2009). Izoláty *P. brassicae*, které mohou překonat odolnost odrůd v evropské diferenciacní sadě odolnosti, jsou poměrně časté (Toxopeus et al., 1986).

První odolná odrůda hlávkového zelí Badger Shipper byla vyšlechtěná v 60. letech v USA (Crute et al., 1980). Další byla vyšlechtěná v Norsku z krajové odrůdy Böhmerwaldkohl a krajové odrůdy pocházející ze Skotska (Voorrips, 1995). V Kanadě byla použita odrůda tuřinu (*B. napus subsp. rapifera*) Wilhelmsburger k přenosu odolnosti do brukve zelné (Chiang a Crete, 1983). Jediná rezistentní rostlina vzniklá zpětným křížením (BC1) s $n = 26$ byla zvolená pro introgresi odolnosti do hlávkového zelí Badger Shipper a linie 8-41 (Landry et al., 1992). Výsledkem byly dvě odrůdy hlávkového zelí odolné vůči rase 6 – Acadie a Richelain (Chiang a Crete, 1983).

Rocherieux et al. (2004) popsali jeden hlavní a několik rasově specifických QTL genů zodpovědných za odolnost všech 5 izolátů *P. brassicae*. Werner et al. (2008) zmapovali a identifikovali 8 nových, rasově specifických QTL genů na genomu C brukve zelné po introgresi do brukve řepáku. Navzdory svému rasově nespecifickému charakteru se předpokládá, že odolnost u brukve zelné je způsobená směsí rasově specifických a rasově nezávislých lokusů (Diederichsen et al., 2009).

Při tvorbě hybridních odrůd za použití cytoplazmatické samčí sterility (CMS) a recesivních zdrojů rezistence všech tří rodičovských komponent (CMS mateřská komponenta, udržovatel a samčí linie) by identifikace a použití molekulárních markerů a také následná tvorba dihaploidů byly neekonomické a s pouze částečně odolným výsledkem. Komerční firmy (Syngenta Seeds BV) proto používají jako zdroj odolnosti druh brukev řepák, který následně introdukují do brukve zelné (Diederichsen et al., 2009). V roce 1987 byl přenesen jeden dominantní gen z čínského zelí Parkin do inbrední linie brokolice a následně bylo provedeno zpětné křížení a selekce. V následných testech na polních pozemcích s výskytem *P. brassicae* zůstaly tyto linie rezistentní s obdobným výnosem, jaký měla kontrolní odrůda (Donald et al., 2006a). V roce 2005 byly na trh uvedené rezistentní odrůdy květáku Clapton a Clarify a hlávkového zelí Kilaton a Tekila, které byly dobře přijaté pěstiteli (Diederichsen et al., 2009). Odolnost pocházející z brukev řepáku však neúčinkuje na všechny izoláty *P. brassicae* (Toxopeus et al., 1986). Zvýšená míra napadení byla zaznamenána u odrůd pěstovaných v Německu, Polsku i ve Francii. Na kořenovém systému sledovaných rostlin byly menší nádory. Stejný jev byl také popsán na čínském zelí (Osaki et al., 2008). Zmíněné odrůdy nejsou odolné vůči všem patotypům *P. brassicae*, a proto je důležitý i správný agrotechnický postup, jako je vápnění pozemku, používání vápenatých hnojiv, drenáže a pesticidů (Donald et al., 2006a).

1.9.3. Šlechtění na druhu brukev řepka (*B. napus*) na odolnost vůči *P. brassicae*

Druh brukev řepka (*B. napus*) je amfidiploid s velice nízkou variabilitou a nemá žádné plané příbuzné formy současných kulturních plodin, proto jsou druhy brukev řepák a brukev zelná důležité genetické zdroje pro rozšíření jeho genetické variability. Zatímco původní

odřůdy brukve řepky neměly velké využití pro svůj vysoký podíl kyseliny erukové a glukosinolátů, současné moderní odrůdy zažívají od roku 1978 boom. Především kvůli kvalitnímu oleji se stala řepka olejká nejrozšířenější olejninou v Evropě, Kanadě, Austrálii a Číně. Pouze v Evropské unii činila osevní plocha 6 mil. ha v roce 2007 a v osevním postupu je zastoupená každé tři roky. Tento nárůst je také způsoben potřebou biosložky do paliv (Diederichsen et al., 2009). Původně *P. brassicae* způsobovala ztráty na výnosech především u plodin jako je tuřín (*B. napus* subsp. *rapifera*), jelikož se jeho vegetační období shodovalo s obdobím teplot preferovaných *P. brassicae*. Se současnou oblibou pěstování brukve řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus* L.) a nárůstem jejich osevních ploch se výskyt tohoto patogena stává stále častějším problémem na stále větším území, např. ve Švédsku bylo ze 190 vzorků půdy, kde se pěstuje řepka, 72 % s výskytem patogena *P. brassicae* (Wallenhammar, 1996). *P. brassicae* způsobuje u této plodiny 50% výnosové ztráty (Wallenhammar et al., 2000). V Kanadě byl první výskyt u brukve řepky zaznamenán v roce 2003 v regionu Alberta, odkud se stále šíří dál (Xue et al., 2008).

Šlechtění na odolnost bylo nejdříve zaměřeno na tuřín, u něhož byly identifikovány některé linie jako rezistentní (Ayers a Lelacheur, 1972). Tuřín byl použit pro přenesení genů odolnosti do brukve zelné (Chiang et al., 1977) a za použití mezidruhové hybridizace se naopak stal příjemcem genů odolnosti vůči *P. brassicae* od brukve řepáku (Bradshaw et al., 1997).

Diederichsen a Sacristan (1994) vnesli geny odolnosti do brukve řepky za pomoci různých zdrojů brukve řepáku a brukve zelné a následně porovnali expresi odolnosti resyntetizované brukve řepky) (Diederichsen a Sacristan, 1996). Oba zdroje však byly méně účinné než jejich původní rodiče. Především odolnost brukve zelné byla zcela oslabena, což značí přítomnost epistatických faktorů v genomu brukve řepáku. Kombinace nejodolnějších rodičů vedla k vysoké odolnosti u resintetizované brukve řepky ke všem dostupným izolátům *P. brassicae*. Takto vysoká odolnost nebyla do té doby u řepky zaznamenána. Bradshaw et al., (1997) zkřížil autotetraploidní ECD-04 brukev řepák s tetraploidní brukví zelnou a pro následné zpětné křížení zvolil odolný tuřín. Výsledkem byla odolná odrůda tuřinu s názvem Invitation, která byla následně uvedena na trh ve Velké Británii.

Brukev řepka olejká je převážně jarní olejninou pěstovanou především v oblastech s krátkým vegetačním obdobím, jako je sever Kanady nebo Skandinávie. Částečně odolné linie byly vyšlechtěny ve Švédsku za použití pekingského zelí WR60 jako donora rezistence (Diederichsen et al., 2009). Tyto linie mají vyšší výnos na pozemcích s výskytem *P. brassicae* (Wallenhammer et al., 2000).

V roce 2000 byly na evropský trh uvedené dvě nové odolné odrůdy řepky olejky (Mendel a Tosca). Obě odrůdy jsou rasově specificky odolné a pochází z resyntetizované brukve řepky (Diederichsen et al., 2003). Hybridní odrůda Mendel má stejné výnosové parametry jako ostatní uznané odrůdy a její zastoupení na trhu se zvýšilo z 0,7 % v roce 2001 na 2 % v roce 2006. Rezistence při šlechtění této odrůdy byla daná kombinací ECD testrů brukve řepáku ECD-04 a brukve zelné ECD-15 za využití *in vitro* kultivace nezralých vajíček a následné dihaploidizace a selekce za použití vysoce virulentního izolátu *P. brassicae*. Následně byla potvrzená přítomnost 3 dominantních, rasově specifických genů (Diederichsen et al., 2003). Používání

správných agrotechnických postupů zvyšuje odolnost této odrůdy při pěstování na pozemcích s výskytem *P. brassicae* (Donald et al., 2006a).

Resyntetizovaná brukev řepka z brukve řepáku a brukev zelná (krajová odrůda Böhmerwaldkohl) byla použita pro identifikaci rasově nezávislých genů odolnosti. Celkem bylo v dihaploidní populaci detekováno 19 rasově specifických QTL genů, ale žádné rasově nespecifické, které byly předpokládány u brukve zelné s genomem C (Werner et al., 2008). Na základě této studie lze předpokládat, že QTL geny u brukve řepky s největším efektem vůči širokému spektru patotypů budou pravděpodobně lokalizovány na brukvi řepáku genomu A (Diederichsen et al., 2009).

2. MATERIÁL A METODY

2.1. Rostlinný materiál

Pro hodnocení odolnosti byl použitý rostlinný materiál z kolekce genetických zdrojů brukvovitých zelenin uchovávaných v Genové bance Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v rámci Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity v ČR. Passportní údaje včetně ECN (evidenční číslo genotypu) jsou dostupné z <https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/search.aspx>. Celkem bylo použito pro hodnocení v kontrolovaných podmínkách 297 genotypů dvanácti plodin a v polních podmínkách pak 333 genotypů třinácti plodin - brokolice (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), krmná kapusta (*Brassica oleracea* var. *viridis* L.), kapusta hlávková (*Brassica oleracea* var. *sabauda* L.), kapusta růžičková (*Brassica oleracea* var. *gemmifera* DC.), kedluben (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.), květák (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), zelí hlávkové (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), brukev čínská (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt), brukev pekingská (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis* (Lour.) Hanelt), brukev řepák vodnice (*Brassica rapa* subsp. *rapa* L.), brukev řepka tuřín (*Brassica napus* L. subsp. *rapifera* Metzg.), ředkev a ředkvička (*Raphanus* L.).

2.2. Fytopatologické hodnocení

2.2.1. Hodnocení v kontrolovaných podmínkách

Osivo jednotlivých genotypů bylo vyseto do agroperlitu (Profi-Grow, Česká republika) a ihned po zasetí bylo zalito inokulem (tj. suspenzí trvalých spor *P. brassicae*), připraveným z nádorů odebraných z rostlin na infekčním poli s patotypem ECD 16/31/31 dle Buczacki et al. (1975) o koncentraci 10^7 spor.ml⁻¹ a celkovém množství 60 ml na genotyp a opakování. Inkubace probíhala v kontrolovaných podmínkách fytotronu (PSI Instruments, Česká republika) při teplotě 23 °C den/15 °C noc, fotoperiodě 16 h den/8 h noc, relativní vlhkosti 60 % a intenzitě osvitů 82 μE.m⁻².s⁻¹. Vykličené rostliny byly pravidelně zalévány roztokem hnojiva Kristalon Start (AGRO CS, Česká republika) v koncentraci 1 g.l⁻¹ vody. Osmý týden po inokulaci byl hodnocen stupeň napadení kořenového systému rostlin pomocí stupnice 0–3 (Buczacki et al. (1975), Chytilová a Dušek (2007), kde stupeň 0 byl použit pro rostliny bez příznaků napadení a stupeň 3 pro rostliny se zcela deformovanou kořenovou soustavou. Jako kontrola byla použita univerzální vnímavá odrůda pekingského zelí (*Brassica rapa* var.

pekinensis) Granaat (ECD 05 dle Buczacki et al. (1975)). Od každého genotypu bylo vyséváno 72 rostlin ve třech opakováních, celkem tedy 216 rostlin od jednoho genotypu. Průměrná klíčivost testovaných materiálů byla 52,6 % (\pm SD=18,7), takže počty reálně testovaných rostlin se pohybovaly v rozmezí 31 až 216 rostlin od jednoho genotypu. Odolnost jednotlivých genotypů byla vyjádřena pomocí indexu napadení (DI), což je průměrný výsledek intenzity napadení pro populaci rostlin vyjádřený jako procento možného maxima (Crute, 1986a; Chytilová a Dušek, 2007), a pomocí procenta rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES). Jako rezistentní je podle Liu et al. (2018) možné hodnotit genotypy s DI v rozmezí 0 až 10, jako středně náchylné genotypy s DI 10 až 20 a jako náchylné genotypy s DI větším než 20.

2.2.2. Hodnocení v polních podmínkách

Semena vybraných genotypů byla vysetá v polovině března do perlitu a následně byla kultivovaná ve skleníku, kde byla nastavená teplota v pěstební kóji 23 °C den/18 °C noc s větráním pomocí otevření vrchlíku od 25 °C a automatickým zastíněním na 80 % při venkovním osvětlení nad 20 000 lx. Rostlinám bylo přisvětlováno zářivkovými svítidly Trevos Prima 236 (Trevos, Česká Republika) se zářivkami Osram Lumilux Cool White (Osram, Německo) s příkonem 36W, světelným tokem 3 350 lm, barvou světla 840 a fotoperiodou 16 den/8 h noc. Ve stádiu děložních lístků byly semenáčky přesazené do plastových sadbovačů o velikosti 37 x 28 x 4,2 cm s vrchním rozměrem buněk 28 mm, spodním rozměrem 21 mm a objemem 28 ml naplněných zahradnickým substrátem B (Rašelina Soběslav, Česká republika). Následně byly sazenice ve fázi šesti pravých listů vysazené na experimentálním polním pozemku rovnoměrně inokulovaným směsí spor *P. brassicae* (ECD 16/31/31, ECD 16/22/12 dle Buczacki et al. (1975) a současně i na kontrolním polním pozemku v areálu Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Olomouci-Holici, Česká republika (49,5714003° s.š., 17,2830375° v.d.). Celkem 36 rostlin ve třech opakováních bylo vysazeno ve sponu 50 x 50 cm a tři týdny po výsadbě přikryto bílou krycí netkanou textilií s hustotou 17 g.m⁻². Porost byl pravidelně zaléván polní liniovou závlahou a udržován v bezplevelném stavu. Jako kontrola byla také použita univerzální vnímavá odrůda pekingského zelí (*Brassica rapa* var. *pekinensis*) Granaat. Konzumní části rostlin byly sklizeny ve fázi konzumní zralosti, zváženy a následným porovnáním výnosu z infekčního pozemku ke kontrolnímu byl vypočítán koeficient tolerance (Kt) vyjádřený v procentech dle Chytilová a Dušek (2007).

Půdní a klimatické podmínky stanoviště:

Typ půdy

půdní typ: hnědozem, nivní půda, glejová

půdní druh: písčitohlinitá až hlinitá

hloubka ornice: 30 cm

pH: 6,9

čtvrtohorní naplaveniny

terén: rovina

Klimatické podmínky

nadmořská výška: 209 mnm

zeměpisná šířka: 49°37' severní šířky

zeměpisná délka: 17°17' východní délky
zemědělská výrobní oblast: řepařská
průměrná roční teplota vzduchu: 8,4 °C
průměrný úhrn srážek za rok: 612 mm

2.2.3. Statistické vyhodnocení

Na získaném datovém souboru souhrnných dat ze tří různých opakování byla vzhledem ke kompozitnímu charakteru proměnné (intenzita napadení) provedena $\log(x+1)$ transformace. Výsledky PCA, skóry a zátěže, byly následně zobrazeny pomocí biplotu v programu Canoco for Windows 5.0 podle ter Braak a Šmilauer (2018). Genotypy byly považovány za vzorky, proporce 4 kategorií intenzity napadení jako závislé proměnné. Na stejných datech byla provedena shluková analýza s využitím Wardovy metody a Euklidovské vzdálenosti v programu PAST 4.07b (Hammer, 2001).

3. VÝSLEDKY

3.1. Výsledky hodnocení odolnosti plodin pěstovaných ve fytotronu

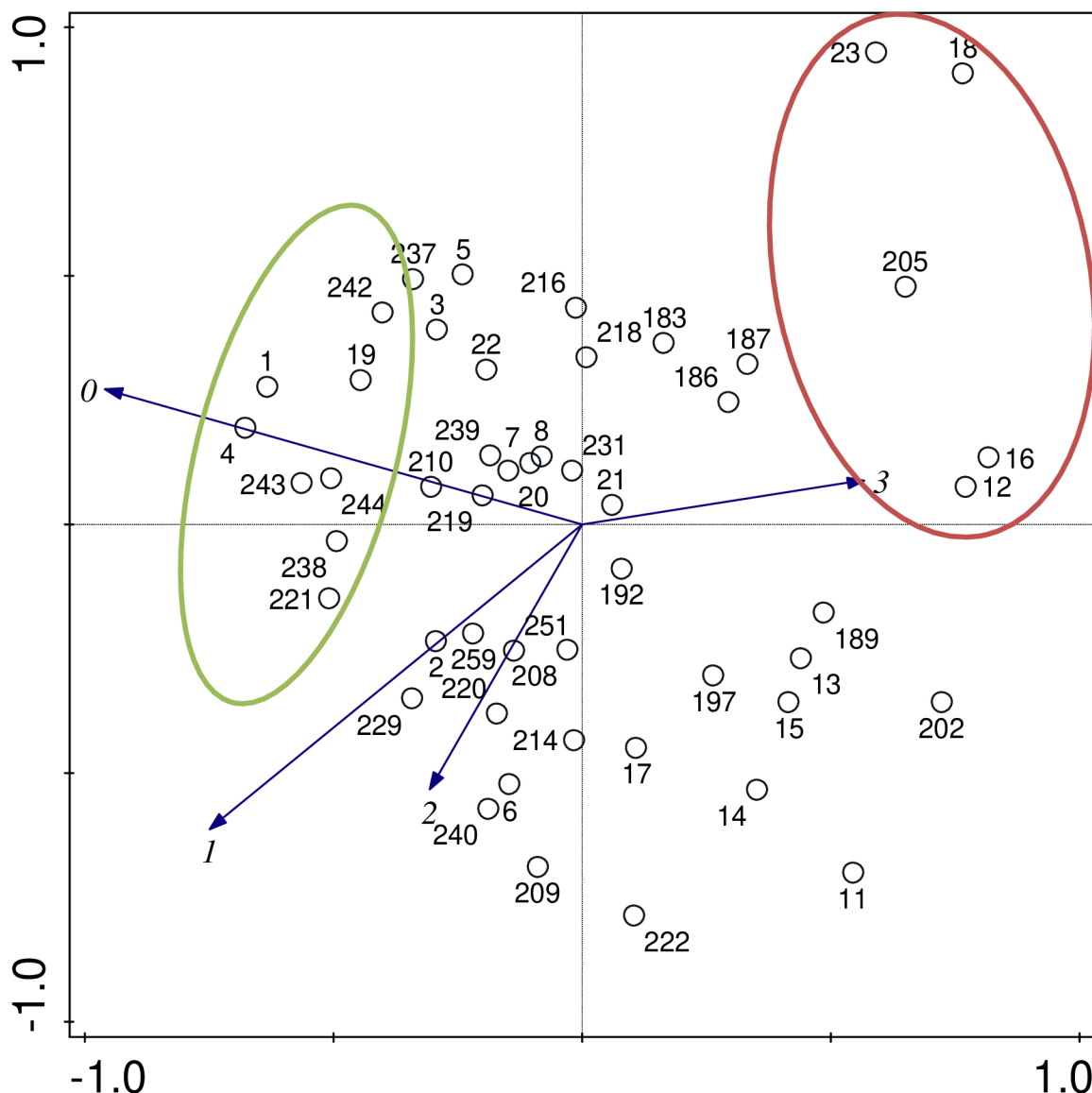
3.1.1. Květák

Odrůdy květáku hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice nízkou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních se pohyboval v rozmezí od 76 do 183 (tab. 1). Hodnoty indexu napadení (DI) se pohybovaly v rozmezí od 48 do 96 a procenta rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) od 1 do 54 (obr. 10). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné pouze jednu odrůdu klasifikovat jako náchylnou (DI 20-50), všechny ostatní pak jako vysoce náchylné (DI 50-100).

Tabulka 1: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd květáku v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

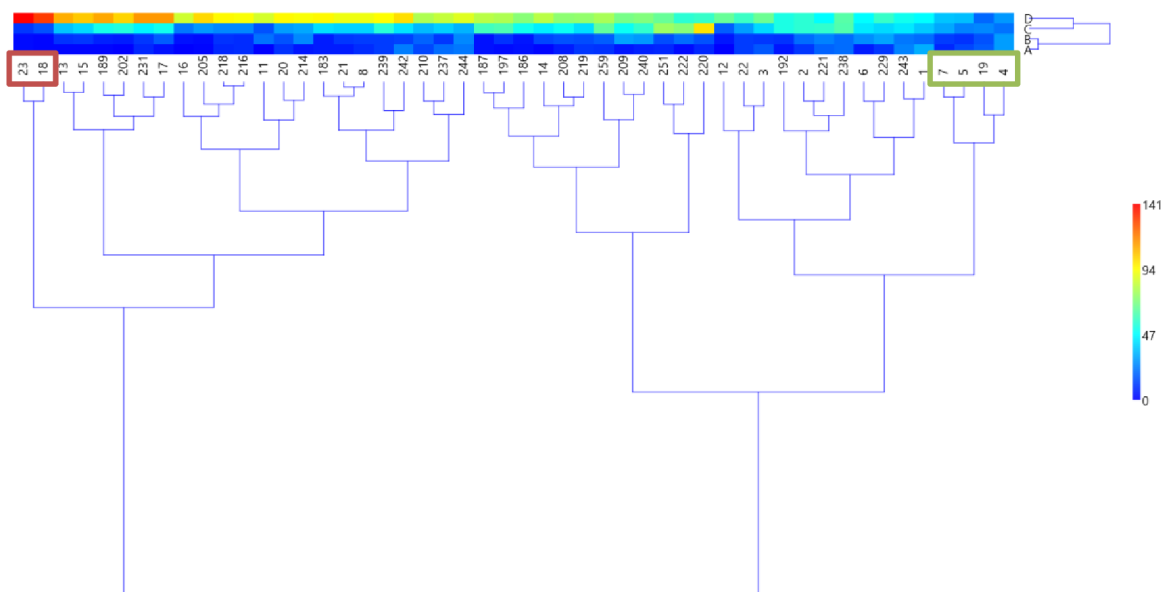
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2300001	Bora	Československo	32	20	37	47	136	38,24	57,60
09H2300002	Bolero	Československo	10	20	55	55	140	21,43	70,24
09H2300003	Expres	Československo	16	10	40	67	133	19,55	72,93
09H2300004	Brilant	Československo	29	29	21	28	107	54,21	48,29
09H2300005	Super	Československo	13	9	24	35	81	27,16	66,67
09H2300006	Regent	Československo	5	26	43	47	121	25,62	69,70
09H2300007	Diplomat	Československo	7	11	31	36	85	21,18	70,98
09H2300008	Arktur	Česko	8	11	39	91	149	12,75	80,98
09H2300011	Fontana	Česko	0	21	15	86	122	17,21	84,43
09H2300012	Maximus	Československo	0	4	17	66	87	4,60	90,42
09H2300013	Stupický obrovský	Československo	1	9	36	109	155	6,45	87,74
09H2300014	Erfurtský rany	Německo	1	13	44	81	139	10,07	82,49

09H2300015	Bravo	Nizozemí	1	10	40	104	155	7,10	86,45
09H2300016	White Stone	Nizozemí	0	3	22	85	110	2,73	91,52
09H2300017	Fortados	Švýcarsko	3	17	50	113	183	10,93	83,06
09H2300018	White Fox	Nizozemí	1	1	15	130	147	1,36	95,46
09H2300019	Agora	Česko	17	15	25	19	76	42,11	53,51
09H2300020	Beta	Česko	9	15	29	95	148	16,22	80,63
09H2300021	Delta	Česko	5	10	39	91	145	10,34	82,99
09H2300022	Gameta	Česko	11	11	29	58	109	20,18	74,31
09H2300023	Octavian	Česko	2	2	10	141	155	2,58	95,70
09H2300183	Stokes Extra Early Snowball	Neznámý	5	5	41	95	146	6,85	84,93
09H2300186	Blancato	Neznámý	3	4	50	72	129	5,43	82,69
09H2300187	Sesam	Neznámý	3	3	59	81	146	4,11	83,11
09H2300189	Boomerang	Neznámý	1	6	51	110	168	4,17	86,90
09H2300192	Kangaroo	Neznámý	4	9	52	52	117	11,11	76,64
09H2300197	Darwin	Neznámý	2	9	61	79	151	7,28	81,24
09H2300202	Sollux	Neznámý	0	5	53	102	160	3,13	86,88
09H2300205	White Top	Neznámý	1	2	28	101	132	2,27	91,16
09H2300208	St 110/71	Neznámý	5	15	49	73	142	14,08	77,93
09H2300209	Aristo	Neznámý	4	30	49	69	152	22,37	73,46
09H2300210	White Goal	Neznámý	13	18	34	79	144	21,53	74,77
09H2300214	Alert	Neznámý	4	25	31	93	153	18,95	79,74
09H2300216	Revito	Neznámý	8	8	25	93	134	11,94	83,83
09H2300218	OE 3225	Neznámý	7	9	25	95	136	11,76	84,31
09H2300219	OE 3087	Neznámý	10	14	41	74	139	17,27	76,26
09H2300220	OE 3226	Neznámý	7	15	99	57	178	12,36	71,91
09H2300221	OE 3086	Neznámý	18	24	56	47	145	28,97	63,68
09H2300222	Newton Seale	Neznámý	2	20	72	55	149	14,77	73,60
09H2300229	Brio	Neznámý	10	30	40	57	137	29,20	68,37
09H2300231	Brigo	Neznámý	7	10	45	113	175	9,71	83,62
09H2300237	Adlerskaja Zimnjaja	Neznámý	20	10	38	83	151	19,87	73,95
09H2300238	Adlerskaja Vesennjaja	Neznámý	20	20	62	63	165	24,24	67,27
09H2300239	Movir 74	Neznámý	11	11	54	94	170	12,94	78,63
09H2300240	Otecestvennaja	Neznámý	6	28	56	71	161	21,12	73,08
09H2300242	Garantija	Neznámý	23	12	42	100	177	19,77	74,58
09H2300243	Rannjaja Gribovskaja	Neznámý	24	22	43	50	139	33,09	61,87
09H2300244	Korso	Neznámý	22	25	33	88	168	27,98	70,44
09H2300251	Pindus	Neznámý	7	14	76	66	163	12,88	74,44
09H2300259	Paloma	Neznámý	9	17	65	78	169	15,38	75,15



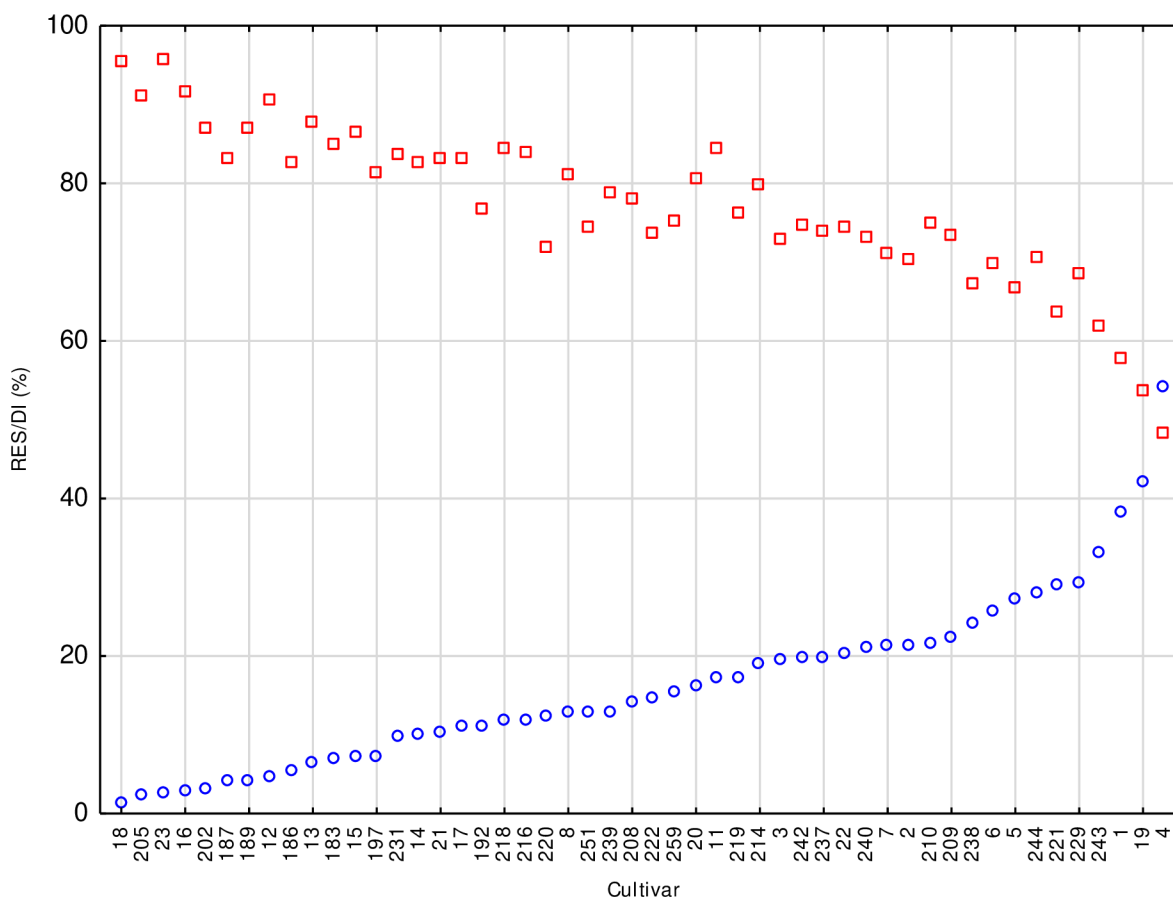
Obrázek 8: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 50 genotypů kvěťáku. Vektory analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení označují směr nejprudší změny zastoupení dané kategorie napadení, úhel mezi vektory pak indikuje korelaci mezi jednotlivými kategoriemi napadení a délka vektoru pak variabilitu příslušné kategorie v souboru. Nejdolnější genotypy jsou vyznačeny zelenou elipsou, nejméně odolné pak červenou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledním 1 až 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 8) vysvětlují 85,19 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1 a 2, u nichž genotypy v horní části diagramu téměř vůbec nevykazují napadení.



Obrázek 9: Dendrogram odrůd kvěťáku, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř odolných odrůd je vyznačen zeleně v pravé části grafu, náchylných pak červeně (levá část). Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu. Zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotypy odolné (na obr. 9 zcela v pravo, vyznačené zeleně), genotypy citlivé (převažují sice kategorie 3 a 2, ale je častý výskyt i kategorií 1 a 0, a kategorie genotypů velmi citlivých s dominancí stupně napadení 2 (obr. 9, zcela vlevo vyznačené červeně).

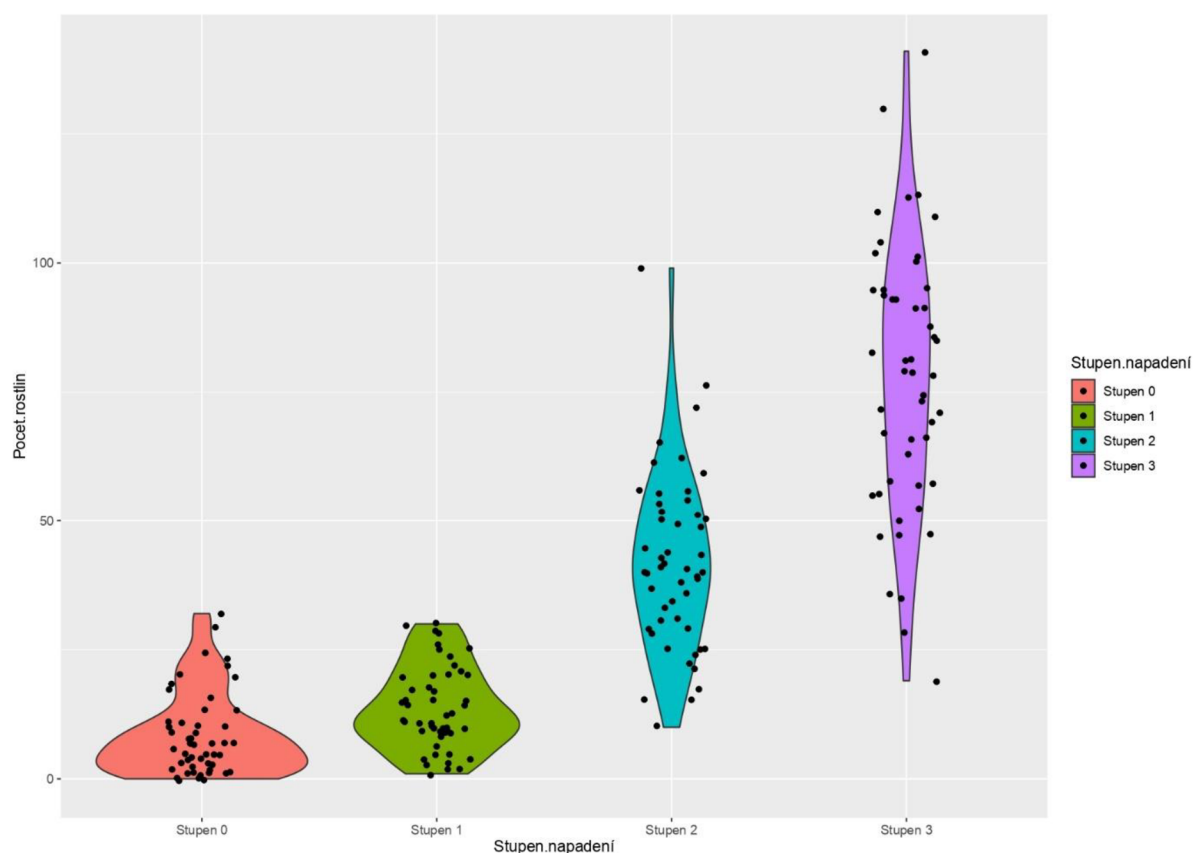


Obrázek 10: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd kvěťáku. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byli nejodolnější odrůdy Brilant (09H2300004; DI=48,29) z Československa, Agora (09H2300019; DI=53,51) původem z Česka a Bora (09H2300001; DI=57,6) opět původem z Československa. Tyto odrůdy měly také nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) - Brilant (RES=54,21), Agora (RES=42,11) a Bora (RES=38,24). Nejméně odolné odrůdy byly Octavian (09H2300023; DI=95,7) z Česka, White Fox (09H2300018; DI=95,46) a White Stone (09H2300016; DI=91,52) obě původem z Nizozemí. Nejnižší RES měly odrůdy White Fox (1,36), White Top (2,27) a Octavian (2,58) (tab 1, obr. 10).

Obr. 11 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u jedné plodiny, v tomto případě kvěťáku. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u kvěťáku

pohyboval od 0 do 32, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 30, ve stupni 2 od 10 do 99 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 19 do 141.



Obrázek 11: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd kvěťáku ve stupních napadení.

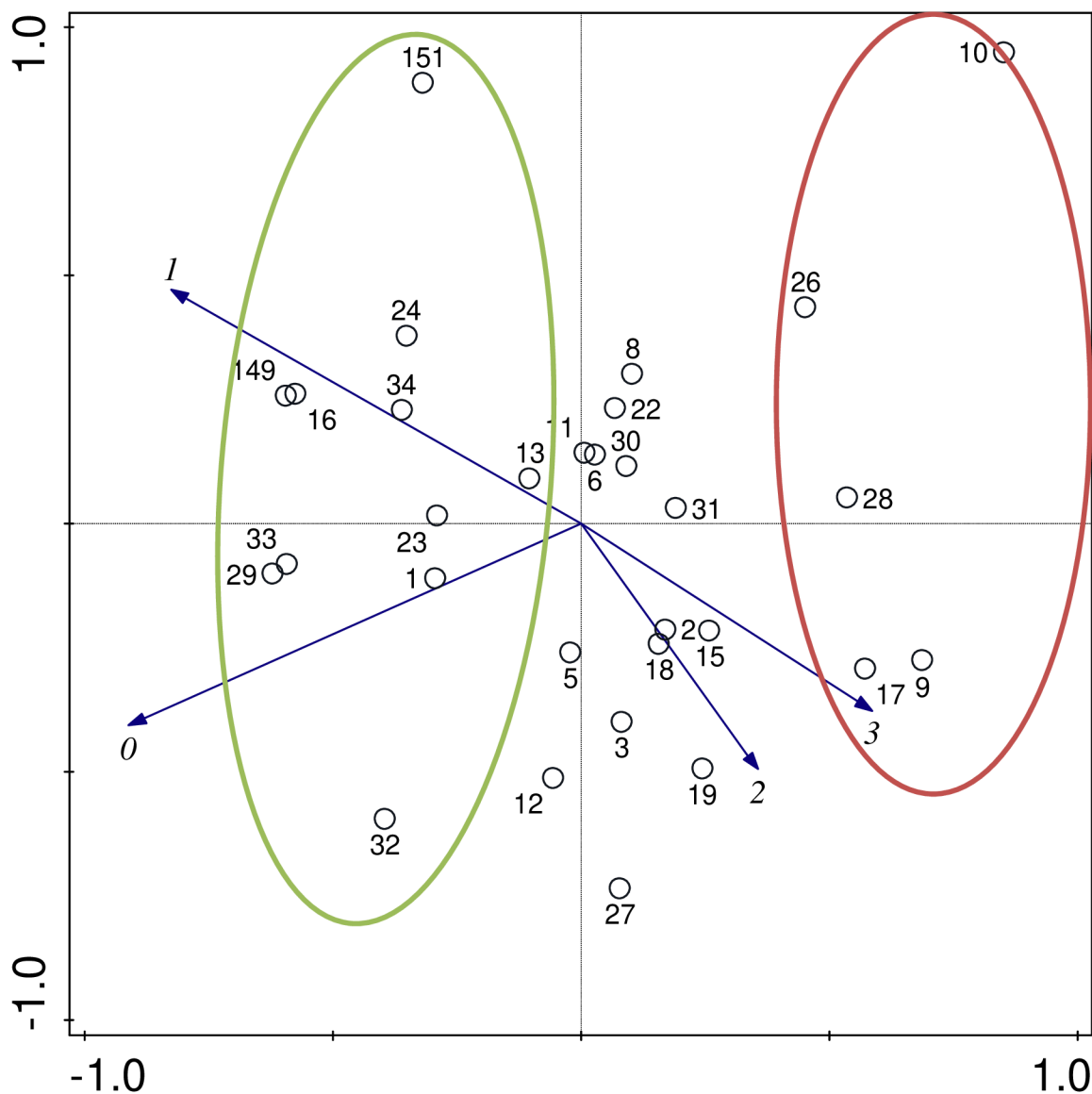
3.1.2. Kedluben

Odrůdy kedlubnu hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice nízkou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 85 do 178 (tab. 2). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 56 do 87 a hodnoty RES od 8 do 42 (obr. 14). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné klasifikovat všechny odrůdy pouze jako vysoce náchylné (DI 50-100).

Tabulka 2: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd kedlubnu v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

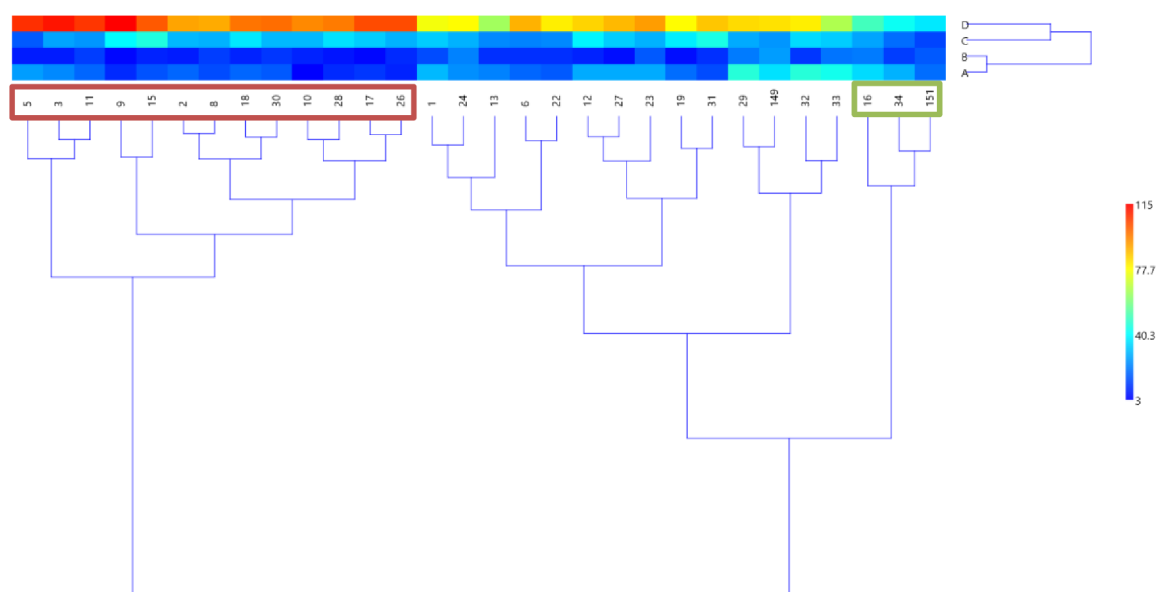
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2200001	Azur	Československo	30	14	33	76	153	28,76	67,10
09H2200002	Blankyt	Československo	18	7	30	91	146	17,12	77,63
09H2200003	Libochovicka bílá rana	Československo	23	7	27	112	169	17,75	78,30
09H2200005	Moravia	Československo	26	7	16	108	157	21,02	77,07

09H2200006	Olmia	Československo	18	10	22	89	139	20,14	76,98
09H2200008	Gigant	Československo	14	12	29	90	145	17,93	78,16
09H2200009	Kozmanova modra	Československo	9	4	40	115	168	7,74	85,12
09H2200010	Violeta	Československo	3	8	30	95	136	8,09	86,52
09H2200011	Delikates Blauer	Německo	18	12	25	107	162	18,52	78,81
09H2200012	Speck Blauer Spat	Německo	28	8	39	84	159	22,64	70,86
09H2200013	Blusta	Německo	22	10	23	64	119	26,89	69,47
09H2200015	Szentesi Tartos Kek	Maďarsko	15	8	45	102	170	13,53	79,22
09H2200016	Nichtschiessender	Německo	35	21	27	50	133	42,11	56,39
09H2200017	Szentesi Nyari Feher	Maďarsko	11	4	33	104	152	9,87	83,77
09H2200018	Szentesi Oeszi Feher	Maďarsko	18	8	37	98	161	16,15	77,85
09H2200019	Karlek	Dánsko	19	5	38	78	140	17,14	75,00
09H2200022	Dvorana	Česko	16	10	23	80	129	20,16	76,49
09H2200023	Luna	Česko	28	16	29	92	165	26,67	70,71
09H2200024	Praga	Česko	24	22	29	78	153	30,07	68,41
09H2200026	Speck	Německo	8	9	29	104	150	11,33	84,22
09H2200027	Domino	Německo	28	5	33	88	154	21,43	72,51
09H2200028	Azur Star	Německo	9	6	36	97	148	10,14	83,11
09H2200029	Goliath Purple	Dánsko	46	21	28	83	178	37,64	61,05
09H2200030	Sinij Goliath	Sovětský svaz	16	11	30	99	156	17,31	78,63
09H2200031	Matouskova modra	Československo	14	10	44	86	154	15,58	77,06
09H2200032	Prazska bila rana	Československo	46	11	35	80	172	33,14	62,21
09H2200033	Stupicka polni rana	Československo	43	20	33	66	162	38,89	58,44
09H2200034	Adriana	Německo	29	12	19	42	102	40,20	57,52
09H2200149	Delikatess Weisser	Německo	36	26	25	82	169	36,69	63,51
09H2200151	Indigo	Česko	19	16	13	37	85	41,18	60,00



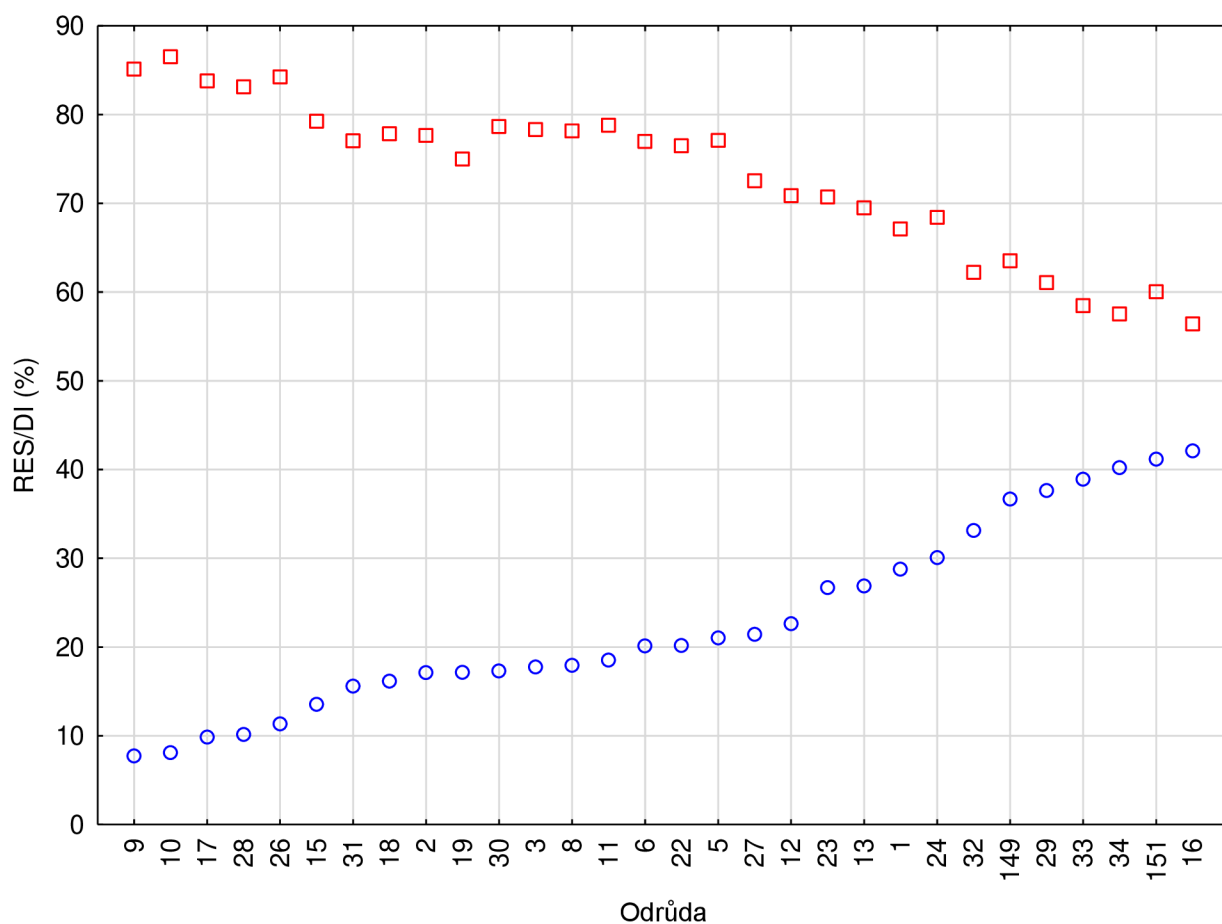
Obrázek 12: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 30 genotypů kedluben. Nejodolnější genotypy jsou vyznačené zelenou elipsou, nejméně odolné pak červeně. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledním 1 až 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 12) vysvětlují 87,12 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Nejméně odolné odrůdy s DI větším než 80 jsou v obrázku 12 vyznačené červenou elipsou, nejvíce odolné (s DI menším než 70) pak zelenou elipsou. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1 a 2, kde genotypy v horní části diagramu vykazují vyšší počet rostlin ve stupni napadení 1 a naopak v dolní části ve stupni napadení 2.



Obrázek 13: Dendrogram odrůd kvěťáku, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř odolných odrůd je vyznačen zeleně, náchylných pak červeně. Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu. Zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotypy odolné (na obr. 13 zcela vpravo, vyznačené zeleně), genotypy citlivé (s vyšším podílem kategorie 3 a 2 a nižším podílem v kategorii 0) a kategorie genotypů velmi citlivých s dominancí stupně 3 (obr. 13, zcela vlevo vyznačené červeně).

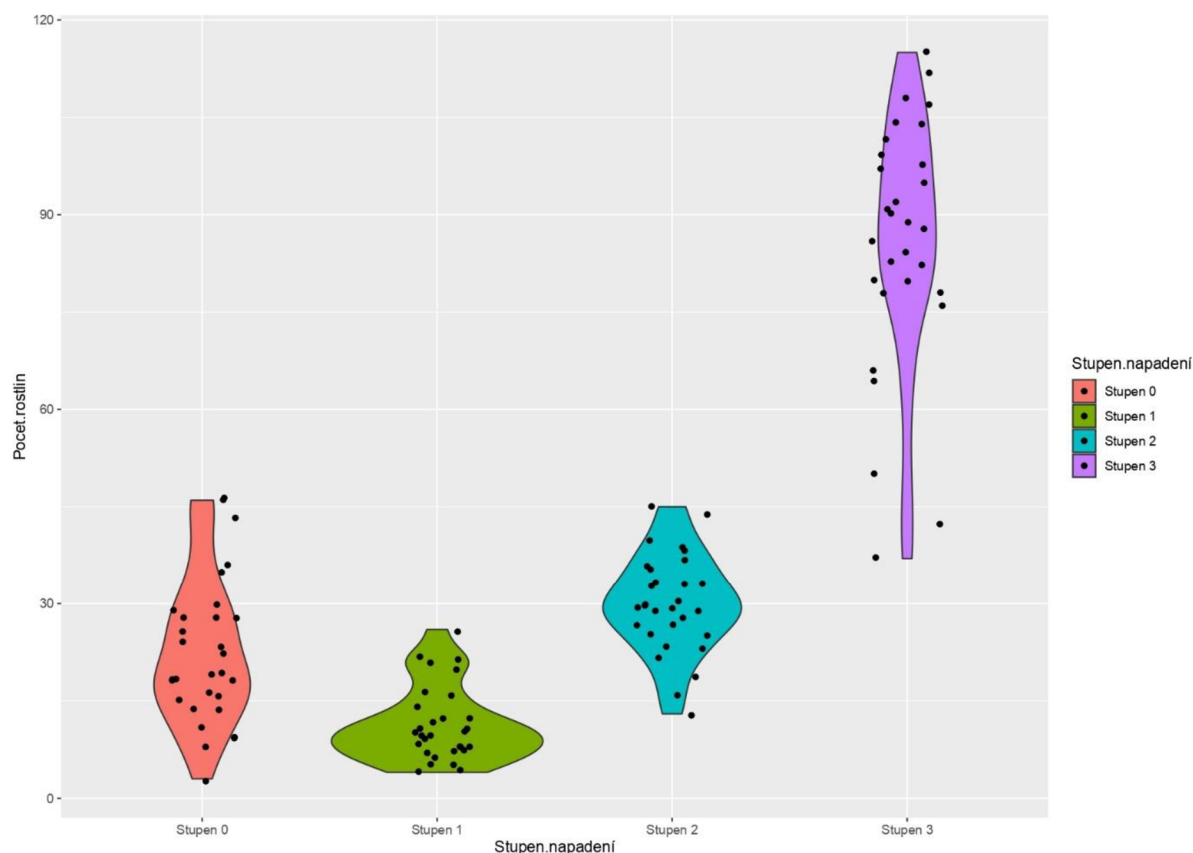


Obrázek 14: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd keďluben. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byli nejodolnější odrůdy Nichtschiessender (09H2200016; DI=56,39), Adriana (09H2200034; DI=57,52) obě z Německa a Stupicka polni rana (09H2200003, DI=58,44) z Československa. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) měly odrůdy Nichtschiessender (09H2200016; RES =42,11), Indigo (09H2200151; RES =41,18) a Adriana (09H2200034; RES =40,20). Nejméně odolné odrůdy byly Violeta (09H2200010; DI=95,7), Kozmanova modra (09H2200009; DI=95,46) z Československa a Speck (09H2200026; DI=91,52) z Německa. Nejnižší RES měly odrůdy Kozmanova modra (09H2200009; RES=7,76), Violeta (09H2200010; RES=8,09) a Szentesi Nyari Feher (09H2200017; RES=9,87) (tab. 2, obr. 14).

Obr. 15 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u keďlubnu. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u keďlubnu pohyboval od 3 do 46, ve stupni

napadení 1 pak od 4 do 26, ve stupni 2 od 13 do 45 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 37 do 115.



Obrázek 15: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd kedlubnu ve stupních napadení.

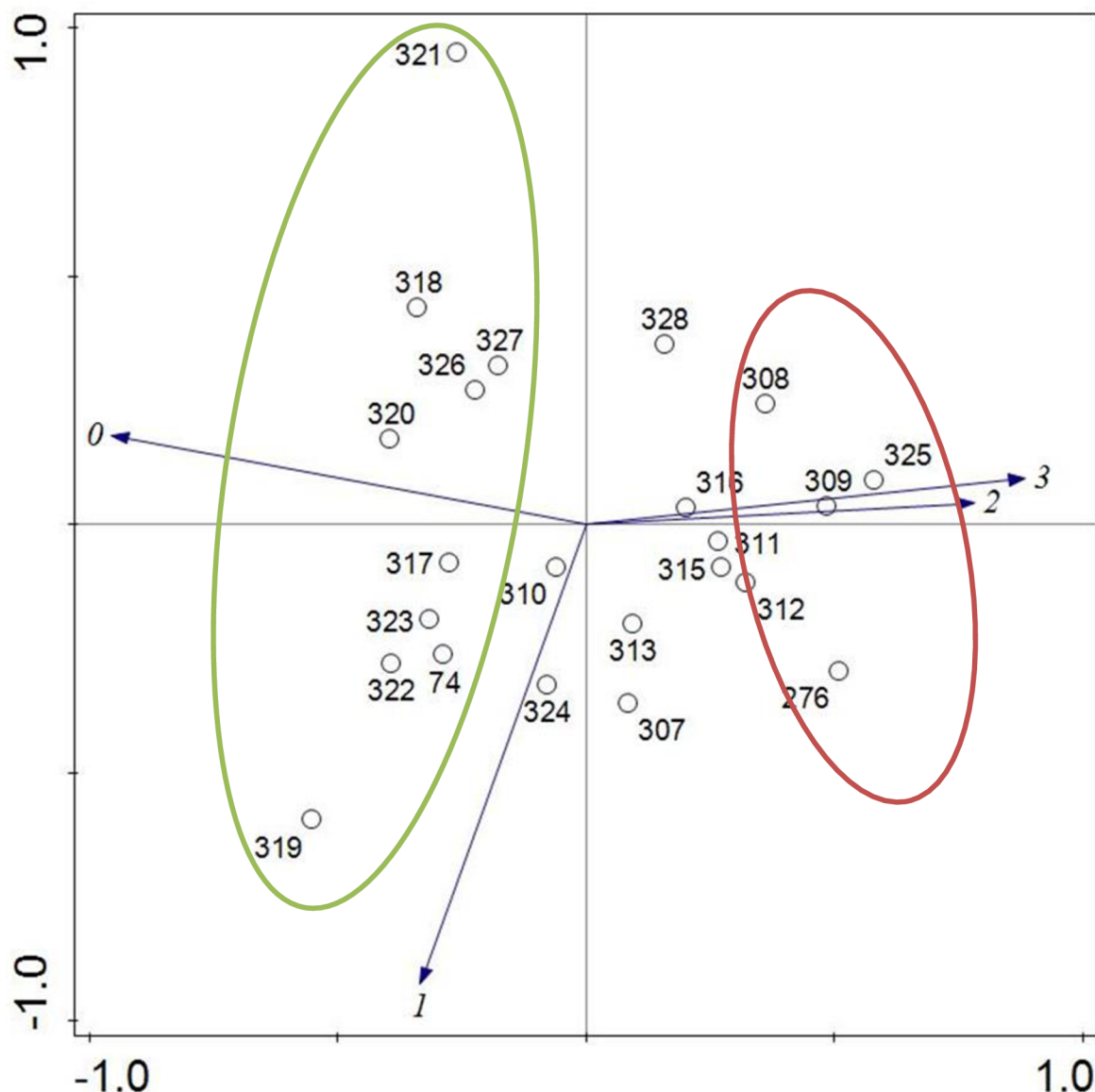
3.1.3. Hlávkové zelí

Odrůdy hlávkového zelí hodnocené v kontrolovaných podmínkách fytotronu se svou odolností vůči *P. brassicae* značně lišily. Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 33 do 83 a hodnoty RES od 6 do 67 (obr. 18). Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 119 do 240 (tab. 3). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné klasifikovat jako náchylné celkem 8 odrůd (DI 20-50) z 23 testovaných, ostatní genotypy se jeví jako vysoce náchylné (DI 50-100).

Tabulka 3: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd hlávkového zelí v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

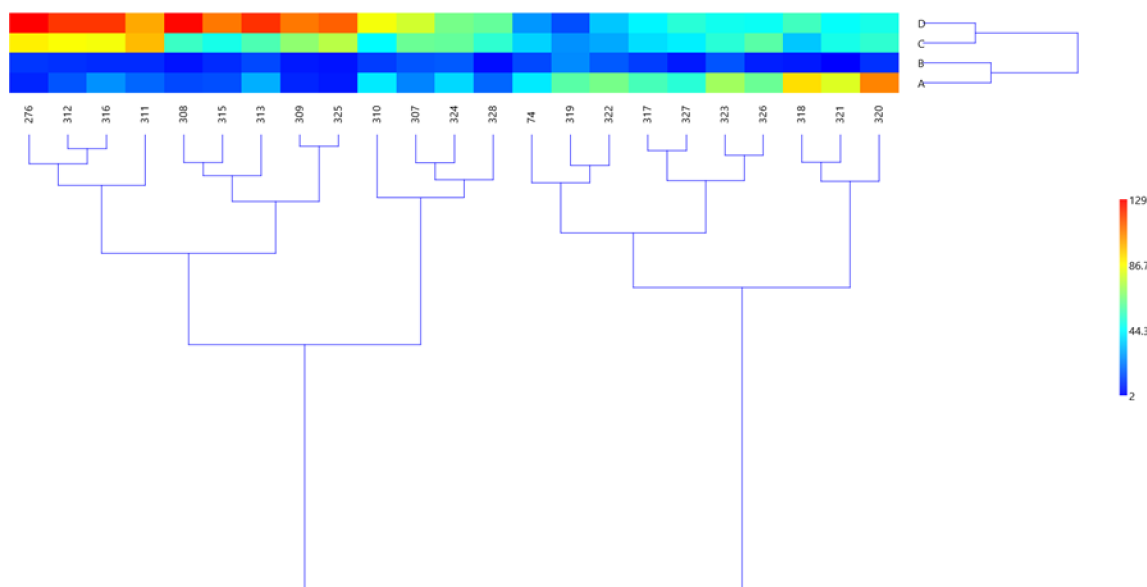
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H1800074	Skorospelaja	Sovětský svaz	41	14	37	27	119	46,22	47,34
09H1800276	Taborske	Československo	8	11	89	129	237	8,02	81,01
09H1800307	Grami	Dánsko	24	16	62	79	181	22,10	69,43
09H1800308	Winter White I.	Nizozemí	14	5	54	128	201	9,45	82,42
09H1800309	DV-DPP	Česko	8	6	68	109	191	7,33	81,85

09H1800310	Wisconsin Ball Head	USA	41	12	44	85	182	29,12	65,02
09H1800311	Winter White III.	Nizozemí	19	9	98	101	227	12,33	74,60
09H1800312	Brunswick Valenciana	Španělsko	16	10	86	120	232	11,21	77,87
09H1800313	Filder Kraut	Německo	31	14	57	121	223	20,18	73,39
09H1800315	K-Krissing 75	Německo	15	9	48	109	181	13,26	79,56
09H1800316	Donskaja 45	Sovětský svaz	26	9	85	120	240	14,58	74,86
09H1800317	Danish Ball Head	Dánsko	56	12	39	43	150	45,33	48,67
09H1800318	Holland Winter White	Neznámý	92	6	35	55	188	52,13	42,73
09H1800319	Vysocke krajove (Jenisovice)	Československo	59	25	26	15	125	67,20	32,53
09H1800320	Kazanka	Sovětský svaz	107	10	52	48	217	53,92	39,63
09H1800321	Ero	Neznámý	81	2	48	45	176	47,16	44,13
09H1800322	Baby Head	USA	64	17	30	35	146	55,48	41,55
09H1800323	Kashirka	Sovětský svaz	71	16	51	47	185	47,03	46,67
09H1800324	Express	Neznámý	38	17	61	64	180	30,56	61,30
09H1800325	Futosko	Slovinsko	6	5	75	113	199	5,53	82,75
09H1800326	Emona	Slovinsko	62	7	59	46	174	39,66	50,38
09H1800327	Wisconsin HBR 8	Nizozemí	51	6	42	51	150	38,00	54,00
09H1800328	Brunsvicko	Slovinsko	19	4	52	61	136	16,91	71,32



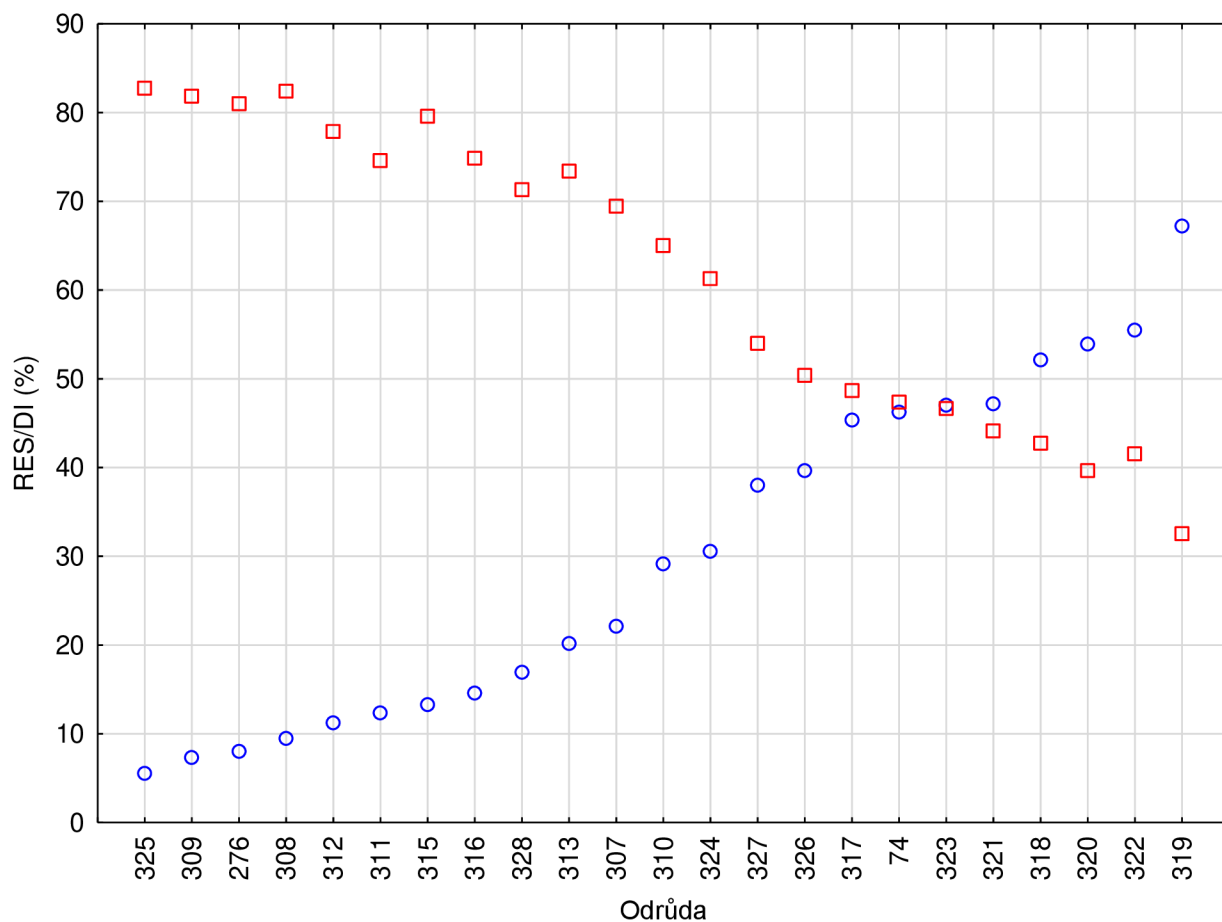
Obrázek 16: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 23 genotypů hlávkového zelí. Vektory analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení označují směr nejprudší změny zastoupení dané kategorie napadení, úhel mezi vektory indikuje korelaci mezi jednotlivými kategoriemi napadení a délka vektoru variabilitu příslušné kategorie v souboru. Nejméně odolné genotypy s DI menším než 50 jsou vyznačené zelenou elipsou, nejvíce odolné (DI>80) pak červenou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 2 až 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 16) vysvětlují 88,36 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1, kde poměrně osamocněný genotyp 328 s téměř nejnižším počtem rostlin ve stupni napadení 1 (4 rostliny), nižší počet rostlin v tomto stupni byl zastoupen pouze u genotypu 321. Tento genotyp měl ale mnohem vyšší počet rostlin ve stupních napadení 0 (81 oproti 19).



Obrázek 17: Dendrogram genotypů hlávkového zelí, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř odolných odrůd je vyznačen zeleně v pravé části, náchylných pak červeně (levá část). Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

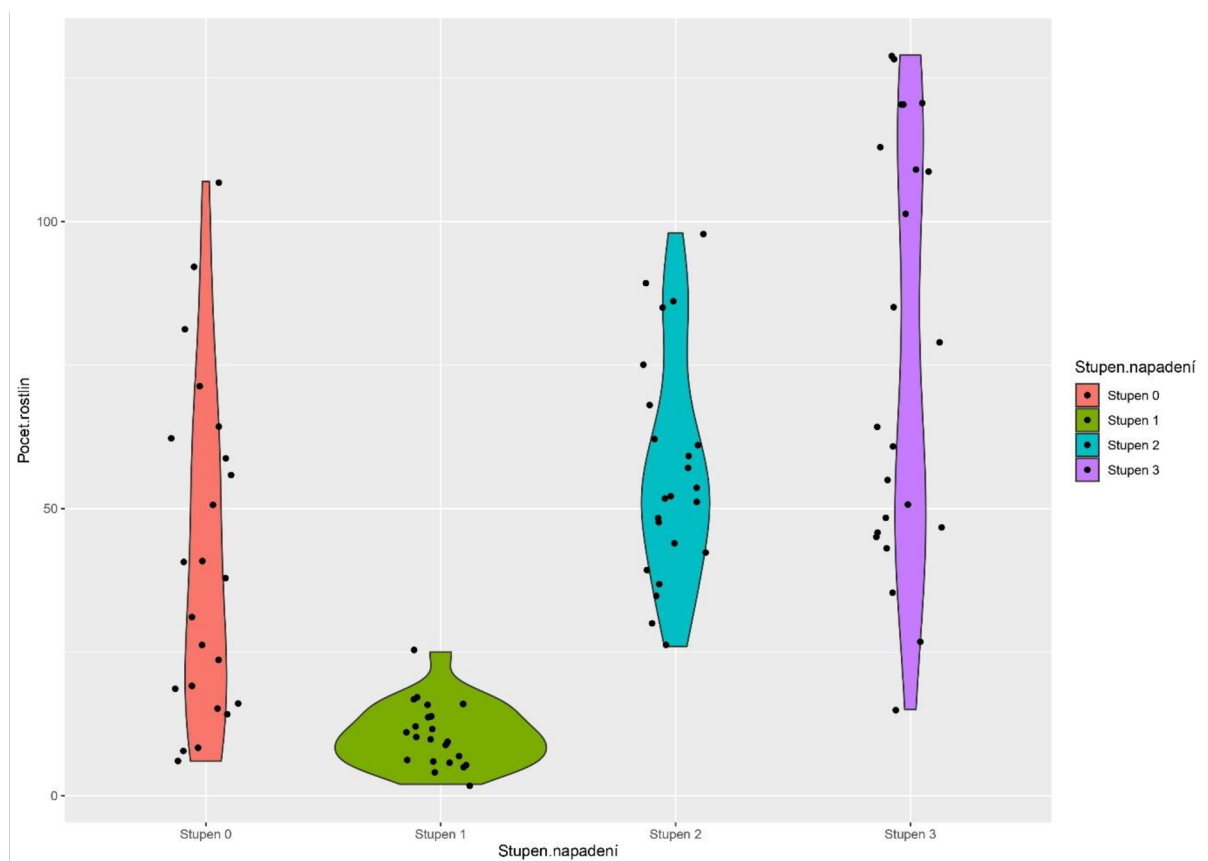
Shluková analýza klasifikovala genotypy na dvě části: v pravé části grafu na obr. 17 jsou zastoupené odolné genotypy, které obsahovaly vyšší počet rostlin ve stupni napadení 0. Genotypy méně odolné (na obr. 17 vpravo), vytvořily klastř, s více rostlinami ve stupních napadení 3.



Obrázek 18: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd hlávkového zelí. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly nejodolnějšími genotypy Vysocke krajove (Jenisovice) (09H1800319; DI=32,53) původem z Československa, Kazanka (09H1800320; DI=53,51) z bývalého Sovětského svazu a Baby Head (09H1800322; DI=57,6) z USA. Tyto odrůdy měly také nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) – Vysocke krajove (Jenisovice) (09H1800319; RES=67,20), Baby Head (09H1800322; RES=55,48) a Kazanka (09H1800320; RES=53,92). Nejméně odolné odrůdy byly Futosko (09H1800325; DI=82,75) ze Slovinska, Winter White I. (09H1800308; DI=82,42) z Nizozemí a DV-DPP (09H1800309; DI=81,85) z Česka. Nejnižší RES měly odrůdy Futosko (09H1800325; RES=5,53), DV-DPP (09H1800309; RES=7,33) a Taborske (09H1800276; RES=8,02) (tab. 3, obr. 18).

Obr. 19 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u zelí. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u hlávkového zelí pohyboval od 6 do 107, ve stupni napadení 1 pak od 2 do 25, ve stupni 2 od 26 do 98 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 15 do 129.



Obrázek 19: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd u hlávkového zelí.

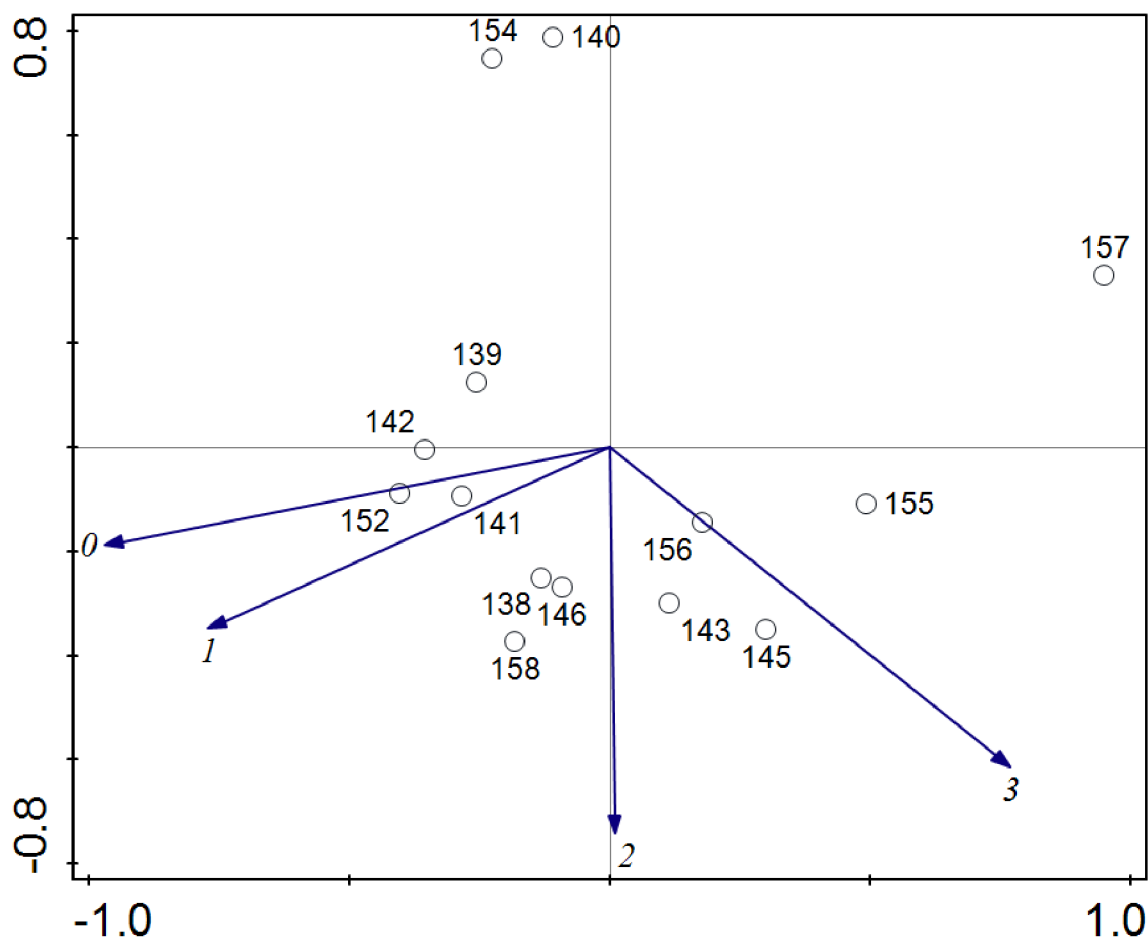
3.1.4. Kapusta kadeřavá

Odrůdy kapusty kadeřavé hodnocené ve fytotronu vykazovaly vysoký rozptyl odolnosti vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 47 do 121 (tab. 4). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 27 až do 93 a hodnoty RES od 1 do 72 (obr. 14). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné klasifikovat jako náchylné celkem 8 odrůd (DI 20-50) z 14 testovaných, ostatní genotypy se jeví jako vysoce náchylné (DI 50-100).

Tabulka 4: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd kapusty kadeřavé v kontrolovaných podmínkách fytotronu

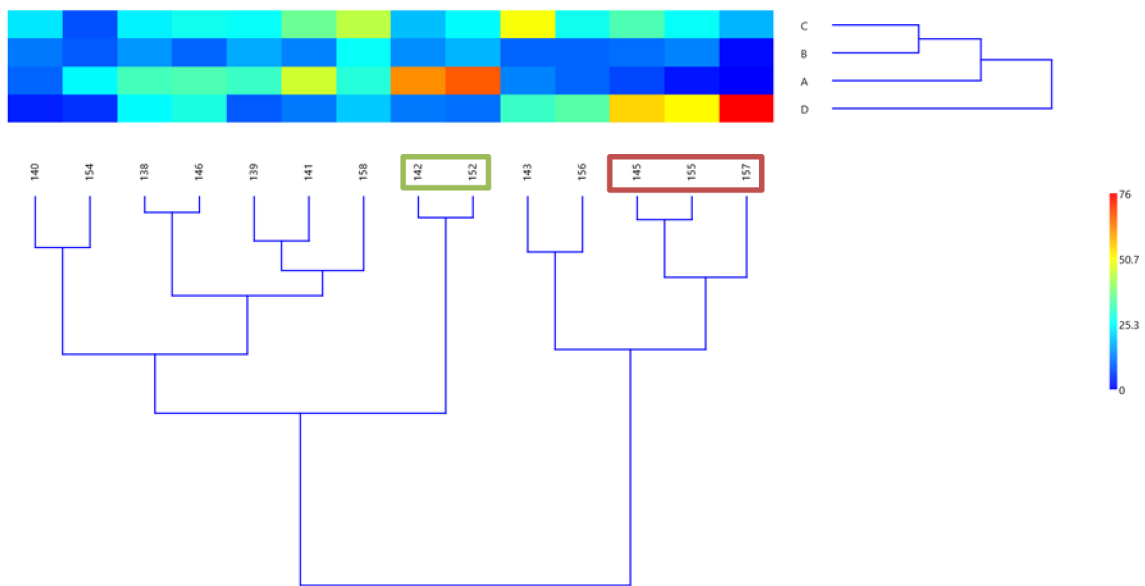
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H1900138	Vitessa	Německo	32	15	24	25	96	48,96	47,92
09H1900139	Kaderavek Zeleny	Československo	31	17	26	9	83	57,83	38,55
09H1900140	Kaderavek Modry	Československo	10	12	23	3	48	45,83	46,53
09H1900141	Pentland Brig	Spojené království	46	13	36	12	107	55,14	37,69
09H1900142	Lerchenzungen	Německo	62	14	19	12	107	71,03	27,41
09H1900143	Vates	Neznámý	13	10	50	31	104	22,12	65,06
09H1900145	Lerchen Zungen	Neznámý	7	11	33	55	106	16,98	76,10

09H1900146	Westlander	Neznámý	33	10	27	28	98	43,88	50,34
09H1900152	Verheul	Neznámý	67	18	25	11	121	70,25	27,82
09H1900154	Kadet	Česko	25	9	8	5	47	72,34	28,37
09H1900155	Kapral	Česko	2	13	26	51	92	16,30	78,99
09H1900156	Scarlet	Česko	10	10	27	34	81	24,69	68,31
09H1900157	Nero di Toscana	Itálie	0	1	18	76	95	1,05	92,98
09H1900158	Frosty	Nizozemí	29	26	44	20	119	46,22	48,74



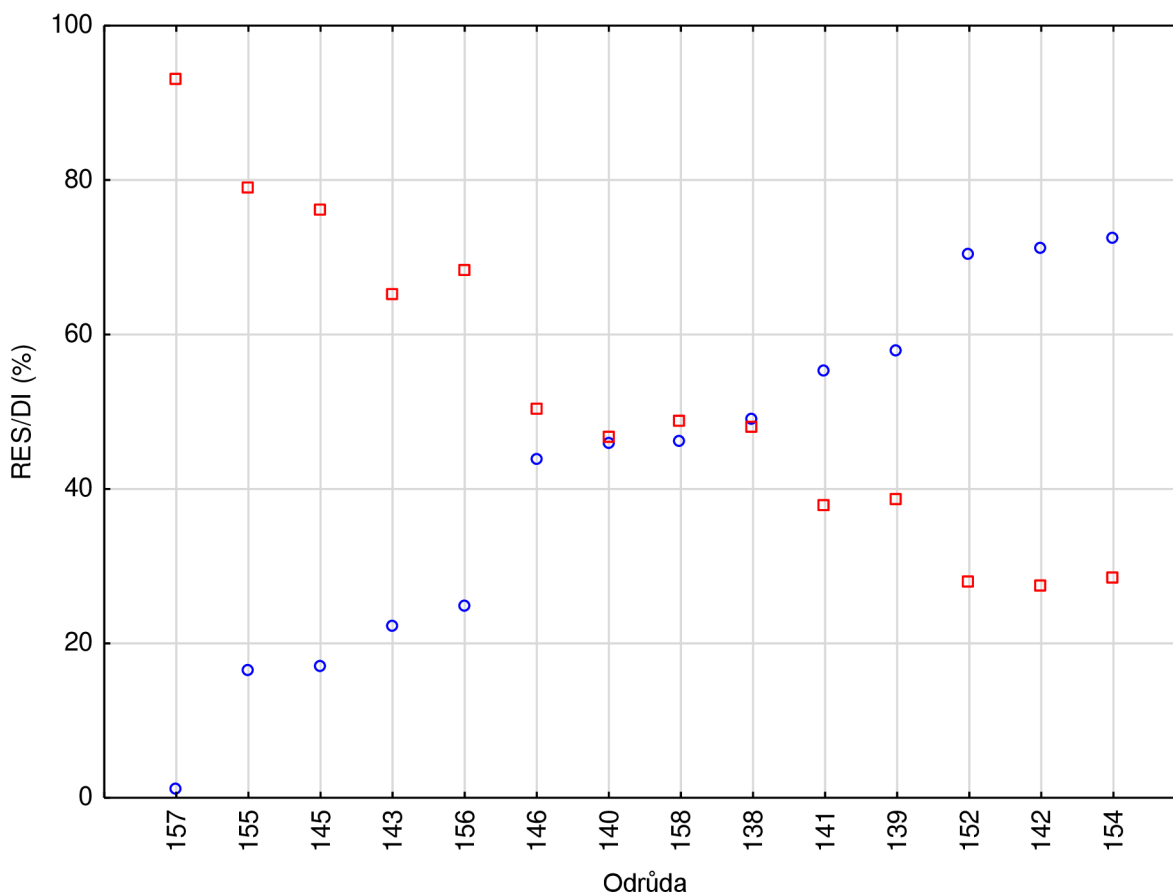
Obrázek 20: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 14 genotypů kapusty kadeřavé. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno pouze posledními 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 20) vysvětlují 91,18 % z celkové variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diferenciací rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Nejméně odolné odrůdy s DI větším než 65 jsou na obrázku 20 vyznačené v pravé části biplotu, odolné (s DI 50 a menším) jsou znázorněny v levé polovině grafu. Diferenciací genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu stupně napadení 2 a 3. Odlehlé genotypy 140 a 154 se vyznačují nízkým počtem rostlin právě ve stupni napadení 3. Další odlehlý genotyp 157 má nejvyšší DI, je nejméně odolný a také má nejmenší počet rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (pouze jedna rostlina) ze všech hodnocených genotypů kapusty kadeřavé.



Obrázek 21: Dendrogram odrůd kadeřavé kapusty, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř nejodolnějších odrůd je vyznačen zeleně, nejvíce náchylných pak červeně. Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

Shluková analýza rozdělila hodnocené genotypy kadeřavé kapusty do dvou skupin. V pravé části jsou zastoupené méně odolné genotypy ($DI > 65$), na základě podobnosti množství rostlin ve stupni napadení 3. Nejméně odolné genotypy vytvořily shluk na obrázku 21 zcela vpravo (vyznačeno červeně). Genotypy méně citlivé ($DI \leq 50$) s vysokým zastoupením rostlin ve stupni 0 jsou na dendrogramu ve shluku vlevo. Nejodolnější genotypy vytvořily samostatný klastř a jsou vyznačeny zeleným rámečkem.

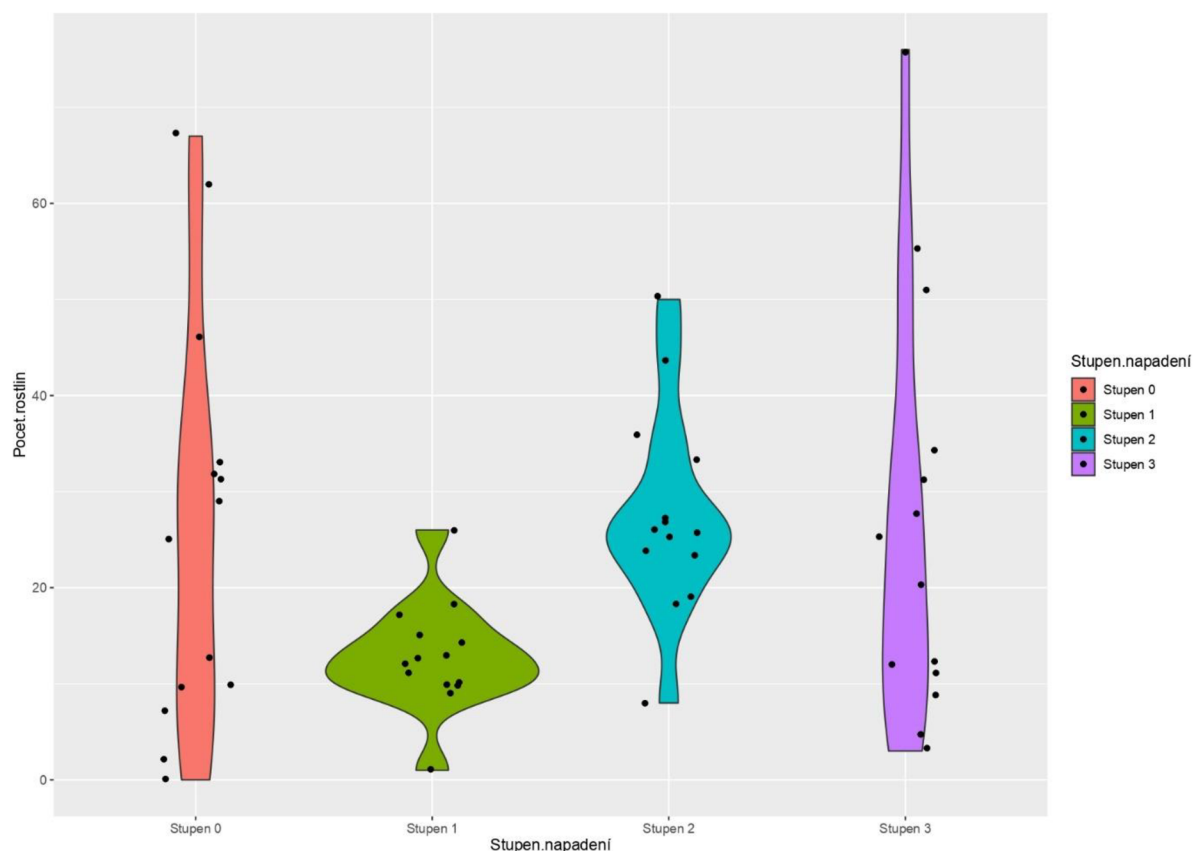


Obrázek 22: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd kadeřavé kapusty. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly nejodolnějšími odrůdami Lerchenzungen (09H1900142; DI=27,41) původem z Německa, Verheul (09H1900152; DI=27,82) neznámého státu původu a Kadet (09H1900154; DI=28,37) pocházející z České republiky. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) bylo zaznamenáno také u těchto odrůd, avšak v jiném pořadí: Kadet (09H1900154; RES =72,34), Lerchenzungen (09H1900142; RES =71,03) a Verheul (09H1900152; RES =70,25). Nejméně odolnými odrůdami byly Nero di Toscana (09H1900157; DI=92,98) původem z Itálie, Kapral (09H1900155; DI=78,89) z České republiky a Lerchen Zungen (09H1900145; DI=76,10) s neznámým státem původu. Nejnižší RES měly tyto stejné odrůdy Nero di Toscana (09H1900157; RES=1,05), Kapral (09H1900155; RES=16,30) a Lerchen Zungen (09H1900145; RES=16,98) (tab. 4, obr. 22).

Obr. 23 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u kadeřavé kapusty. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u kadeřavé kapusty pohyboval od

0 do 67, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 26, ve stupni 2 od 8 do 50 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 3 do 76.



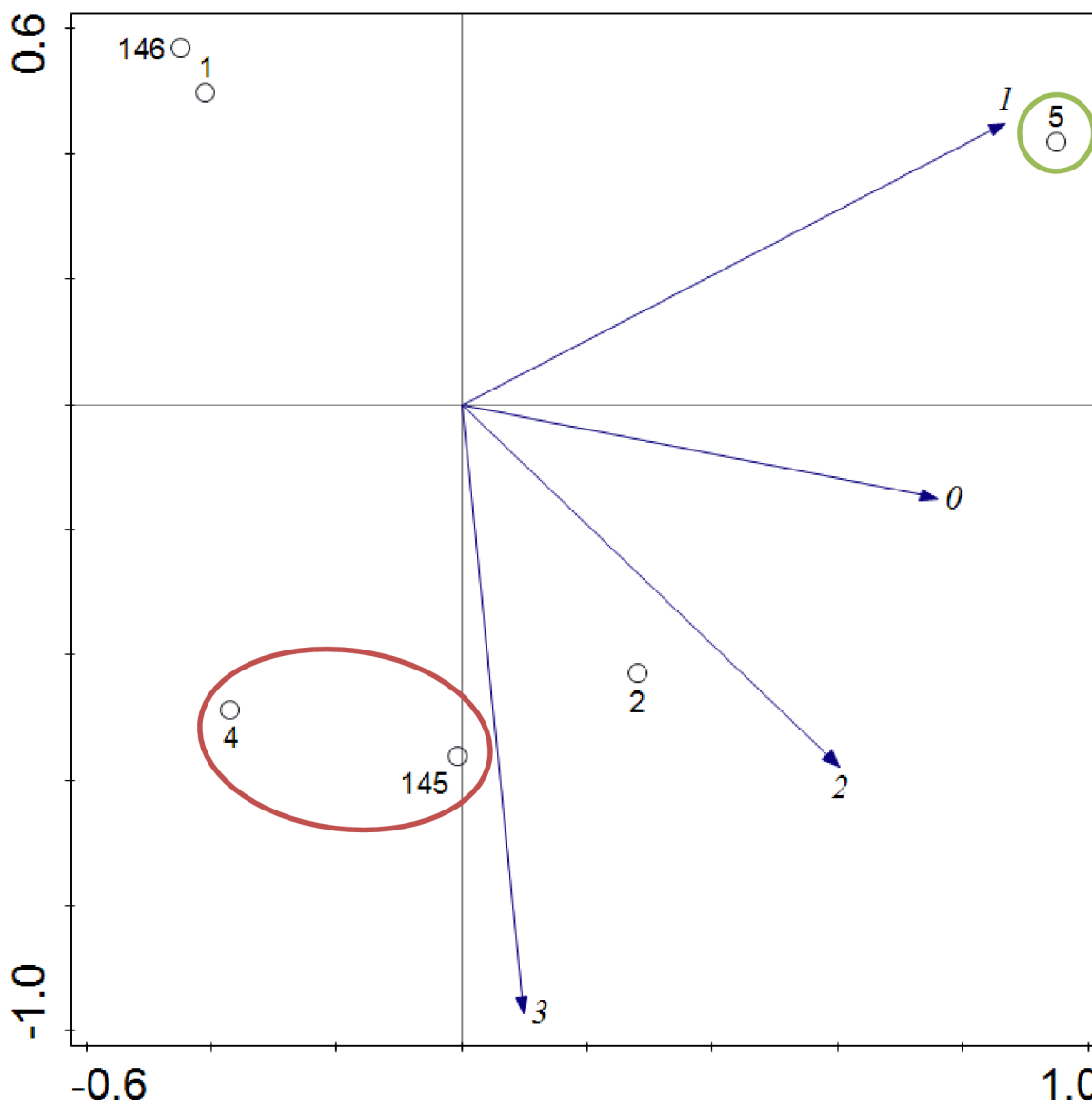
Obrázek 23: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u kadeřavé kapusty.

3.1.5. Kapusta růžičková

Odrůdy růžičkové kapusty hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice vysokou citlivost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních se pohyboval v rozmezí od 41 do 111 (tab. 5). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 69 do 86 a hodnoty RES od 2 do 22 (tab. 5; obr. 26). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné hodnotit odrůdy růžičkové kapusty jako vysoce náchylné (DI 50-100).

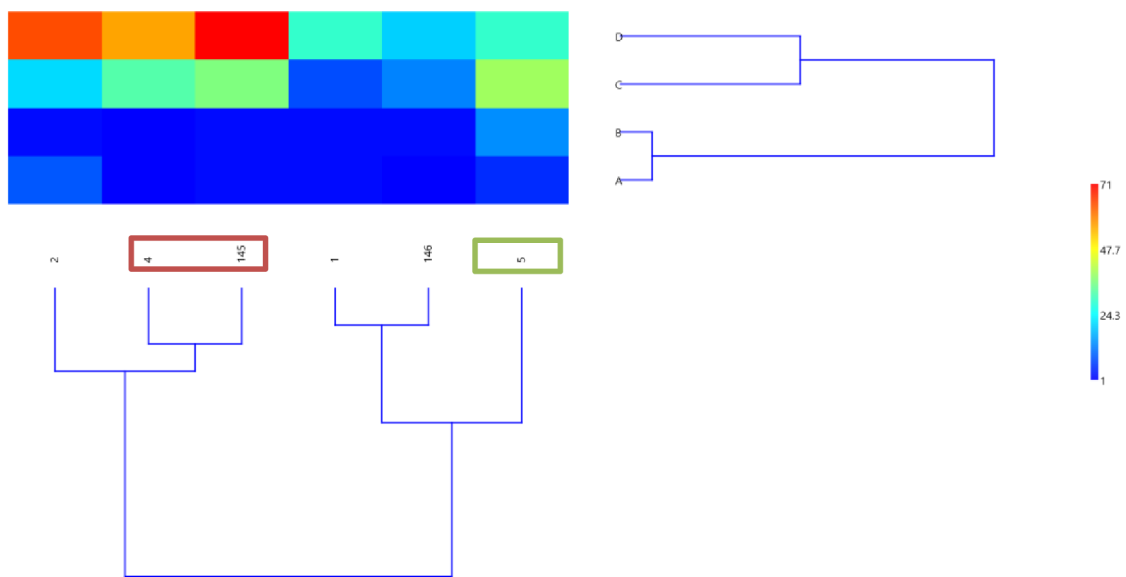
Tabulka 5: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd růžičkové kapusty v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2100001	Karpo F1	Československo	2	2	8	29	41	9,76	85,37
09H2100002	Zavitka	Československo	9	2	21	64	96	11,46	81,94
09H2100004	Rozeta	Česko	1	1	32	56	90	2,22	86,30
09H2100005	Spirala	Česko	5	14	39	29	87	21,84	68,58
09H2100145	Merkator	Německo	2	2	36	71	111	3,60	86,19
09H2100146	Rosmarie	Německo	1	2	13	20	36	8,33	81,48



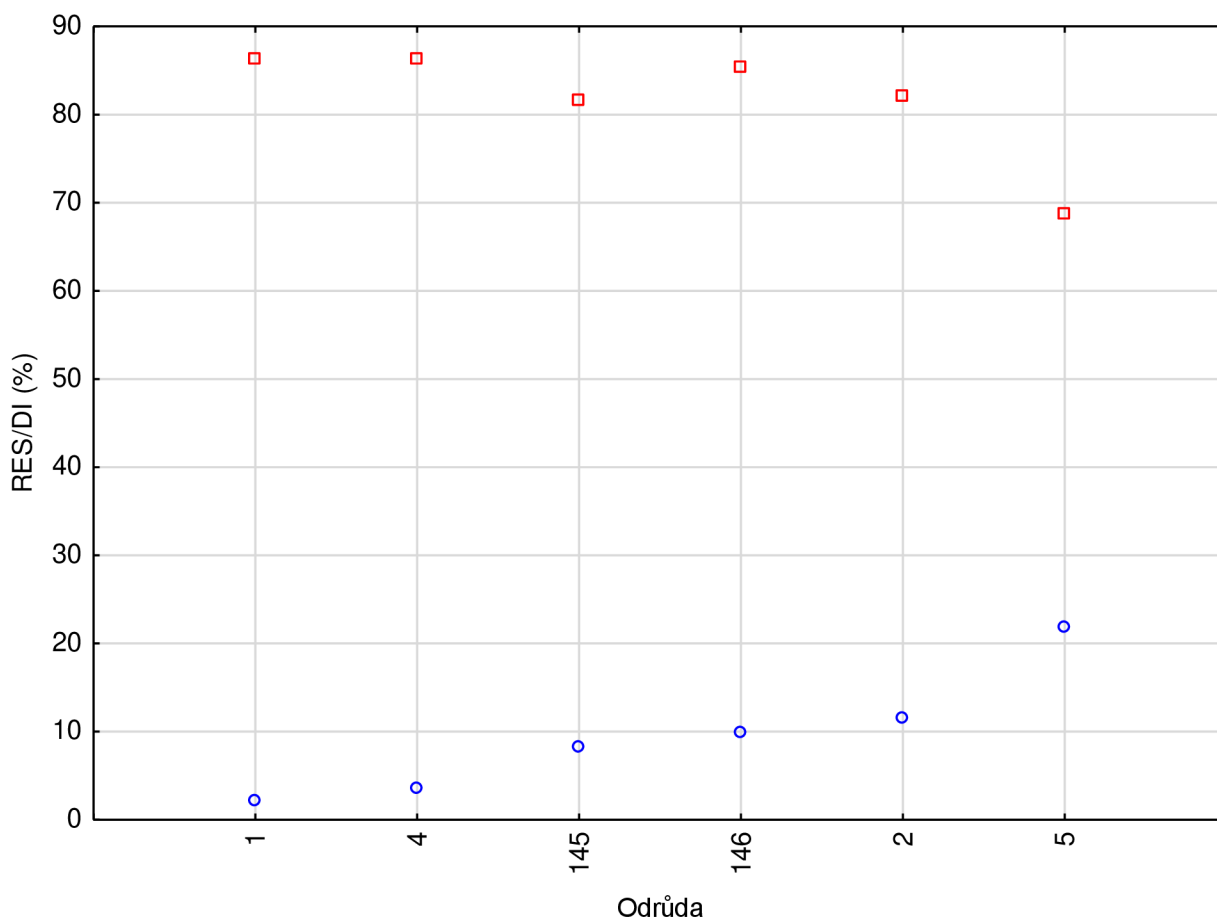
Obrázek 24: Biplot log-ratio analýzy proporčného zastoupení 4 kategórií intenzity napadení u 6 genotypů růžičkové kapusty. Nejodolnější genotyp je vyznačený zeleným kruhem ($DI < 70$), nejméně odolné genotypy pak elipsou červené barvy ($DI \geq 86$). Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno pouze posledními 1 a 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 24) vysvětlují 79,97 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference více (vpravo) a méně odolných genotypů (vlevo) podél první ordinační osy. Nejméně odolné odrůdy s DI větším než 86 jsou na obr. 24 vyznačené červenou elipsou, nejvíce odolné (s DI menším než 70) zelenou kružnicí. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu stupně napadení 3, genotypy v dolní části diagramu vykazují vyšší počet rostlin ve stupni napadení 3. Osamocené genotypy v horní pravé části biplotu se vyznačují nízkým počtem rostlin i ve stupni napadení 2. Odlehlý genotyp 5 vykazuje vysoké zastoupení rostlin ve stupni napadení 1.



Obrázek 25: Dendrogram odrůd růžičkové kapusty, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř tvořený jednou nejvíce odolnou odrůdou je vyznačen zeleně, klastř nejvíce náchylných v levé části dendrogramu červeně. Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, kdy zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

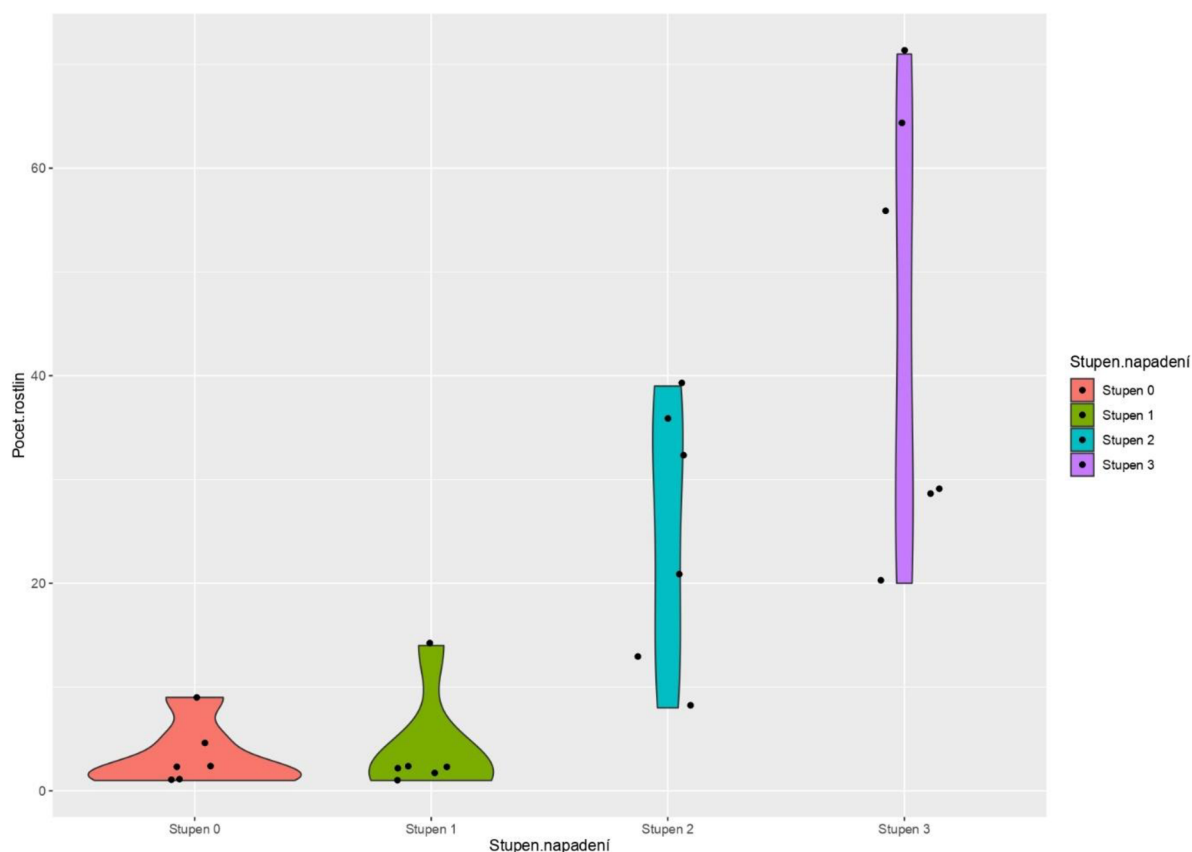
Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotypy odolné (na obrázku 25 zcela vpravo, vyznačené zeleně), genotypy citlivé (s vyšším podílem kategorie 3 a 2 a nižším podílem v kategorii 0) a genotypy velmi citlivé s dominancí stupně 3 (obr. 25, vlevo vyznačené červeně).



Obrázek 26: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd růžičkové kapusty. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byla nejodolnější odrůda Spirala (09H2100005; DI=68,58), u které bylo zaznamenáno také nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES=21,84). Nejméně odolné odrůdy byly Rozeta (09H2100004; DI=86,3) obě původem z Česka, Merkator (09H2100145; DI=86,19) původem z Německa a Karpo F1 (09H2100001; DI=85,37; Československo). Nejnížší RES měly odrůdy Rozeta (09H2100004; RES=2,22), Merkator (09H2100145; DI=3,60) a Rosmarie také původem z Německa. (09H2100146; RES=8,33) (tab. 5, obr. 26).

Obr. 27 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u růžičkové kapusty. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u této plodiny pohyboval od 1 do 9, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 6, ve stupni 2 od 14 do 35 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 20 do 76.



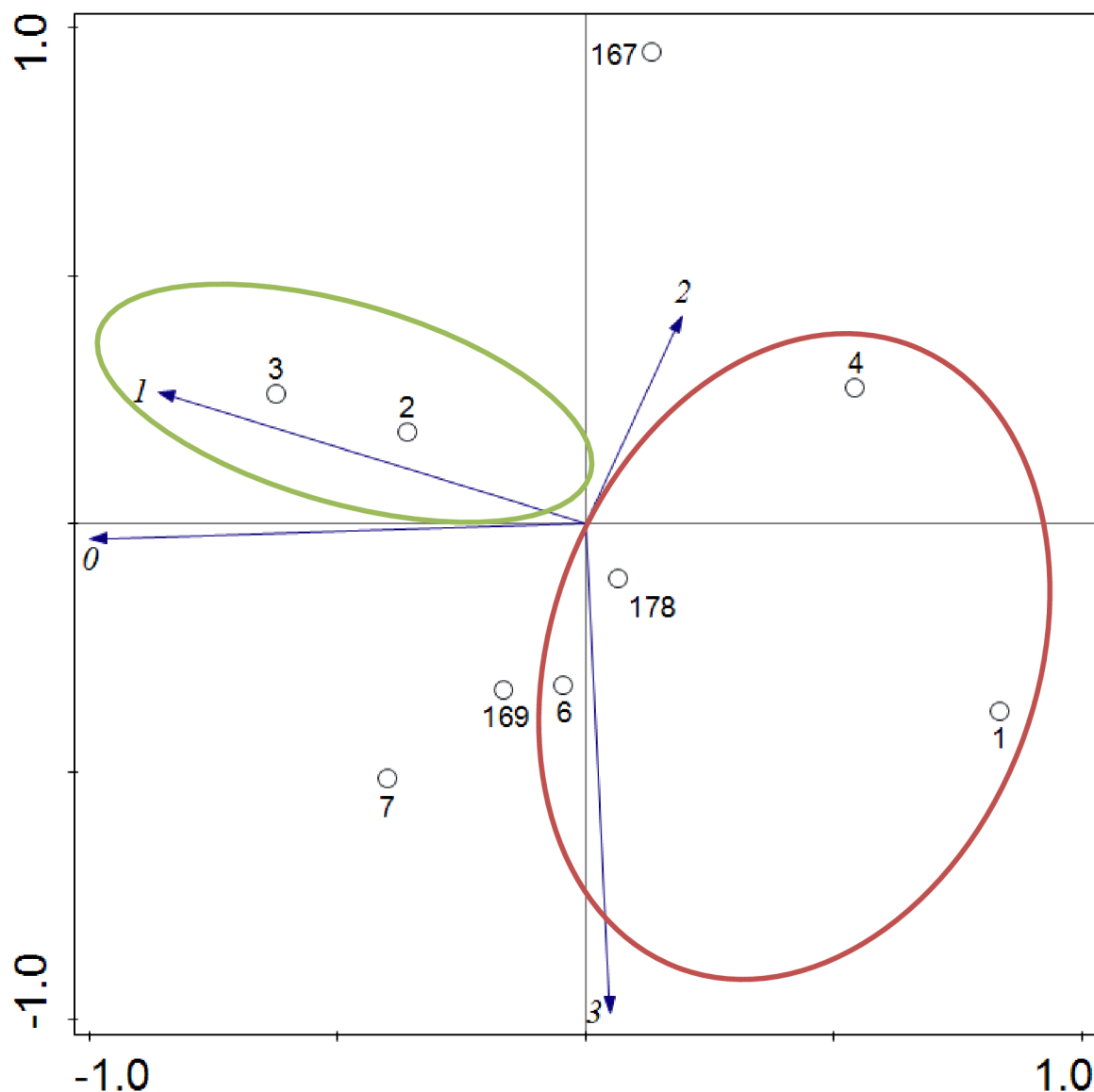
Obrázek 27: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u růžičkové kapusty.

3.1.6. Kapusta hlávková

Odrůdy hlávkové kapusty v kontrolovaných podmínkách fytotronu vykazovaly nízkou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 63 do 120 (tab. 6). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 48 do 92 a hodnoty RES od 1 do 48 (obr. 30). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné pouze jednu odrůdu klasifikovat jako náchylnou (DI 20-50), všechny ostatní pak jako vysoce náchylné (DI 50-100).

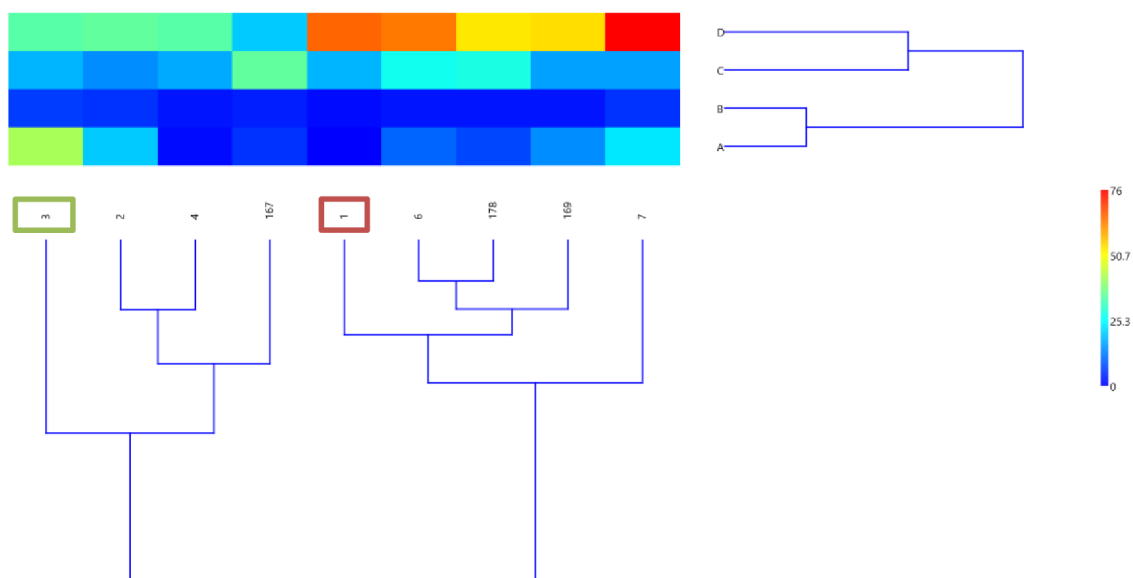
Tabulka 6: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd hlávkové kapusty v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2000001	Predzvest	Československo	0	1	18	66	85	1,18	92,16
09H2000002	Raketa	Československo	20	5	14	35	74	33,78	62,16
09H2000003	Rana zluta	Československo	42	6	18	34	100	48,00	48,00
09H2000004	Langendijska	Československo	1	2	17	34	54	5,56	85,19
09H2000006	Arkta	Československo	10	2	27	64	103	11,65	80,26
09H2000007	Algro	Nizozemí	23	5	16	76	120	23,33	73,61
09H2000167	Marner Grunkopf	Německo	5	3	35	20	63	12,70	70,37
09H2000169	Fitis	Německo	14	2	16	54	86	18,60	75,97
09H2000178	Pointy Perce Neige	Francie	7	2	28	53	90	10,00	80,37



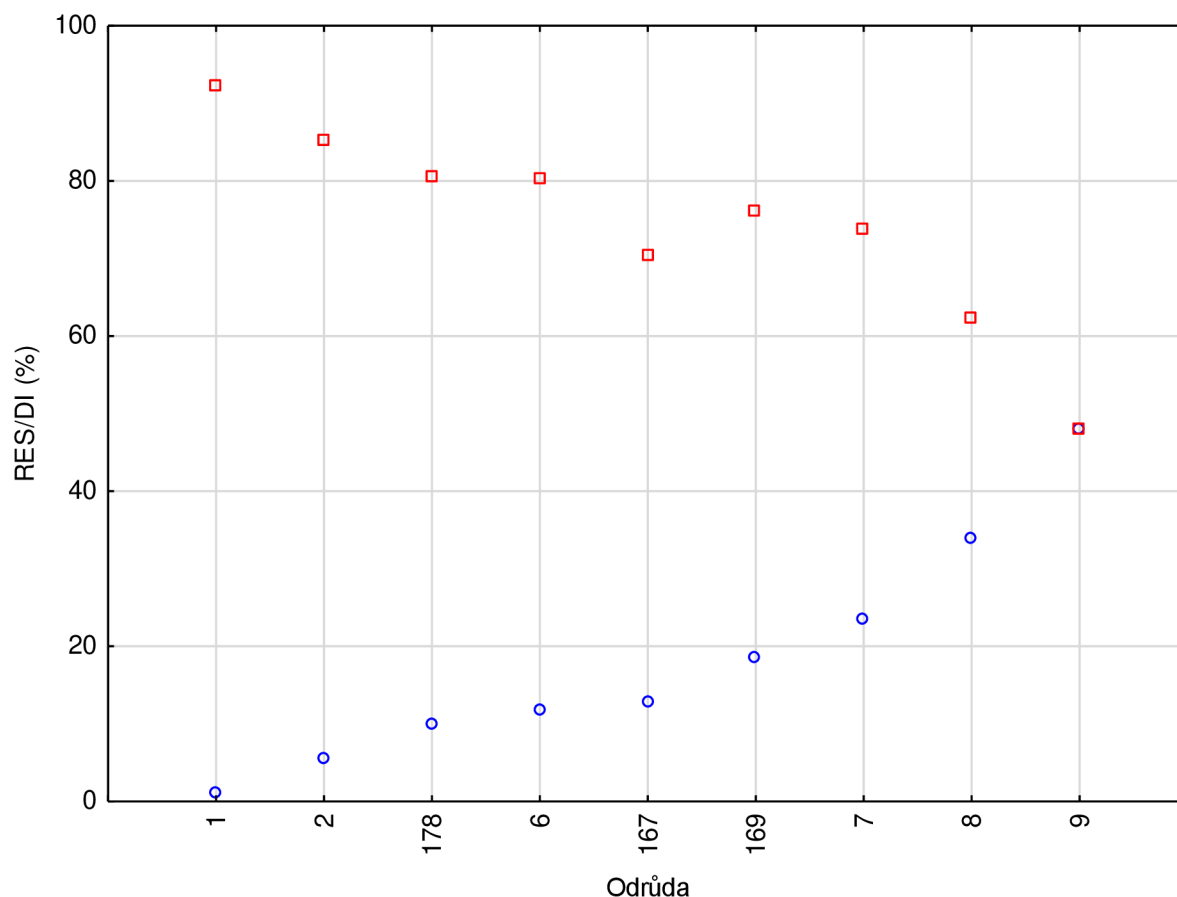
Obrázek 28: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 různých kategorií intenzity napadení u 9 genotypů hlávkové kapusty. Nejméně odolné genotypy jsou vyznačeny zelenou elipsou, nejvíce odolné pak červenou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 1 nebo 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 28) vysvětlují 94,10 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 2 a 3, genotypy v horní části diagramu vykazují vysoký počet rostlin v zastoupení stupně napadení 2 a v dolní části ve stupni napadení 3.



Obrázek 29: Dendrogram odrůd hlávkové kapusty, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Shluk odolných odrůd je vyznačen zeleně v pravé části, náchylných pak červeně (levá část). Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

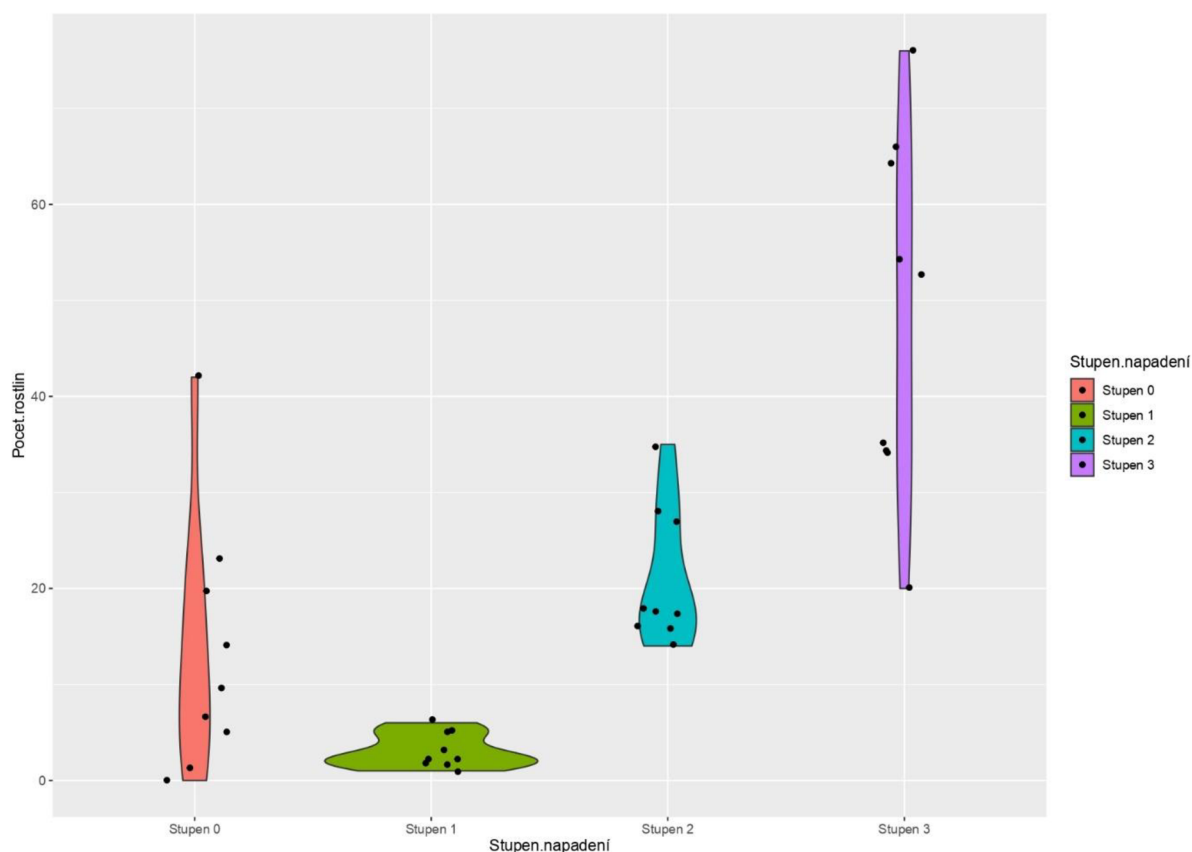
Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotyp nejvíc odolný (na obr. 29 zcela vlevo, vyznačen zeleně) s vysokým zastoupením rostlin ve stupni napadení 0 a nízkým ve stupni 2 ve srovnání s ostatními genotypy), genotypy citlivé (převažují sice kategorie 3 a 2, ale je častý výskyt i kategorie 0) a genotyp velmi citlivý s dominancí stupně 3 (obr. 29 uprostřed, vyznačené červeně).



Obrázek 30: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd kapusty hlávkové. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byli nejodolnější odrůdy Rana zluta (09H2000003; DI=48,00), Raketa (09H2000002; DI=62,16), obě odrůdy původem z Československa a Marner Grunkopf (09H2000167; DI=70,37) z Německa. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) měly odrůdy Rana zluta (09H2000003; RES=48,00), Raketa (09H2000002; RES=33,78) a Algro (09H2000007; RES=23,33) původem z Nizozemí. Nejméně odolné odrůdy s nejvyšším indexem napadení (DI) byly Predzvest (09H2000001; DI=92,16), Langendijska (09H2000004; DI=85,19) obě původem z Československa a Pointy Perce Neige (09H2000178; DI=80,37) z Francie. Tyto odrůdy měly také nejnižší RES – Predzvest (09H2000001; RES=1,18), Langendijska (09H2000004; RES=5,56) a Pointy Perce Neige (09H2000178; RES=10,00) (tab. 6, obr. 30).

Obr. 31 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u kapusty hlávkové. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u kapusty hlávkové pohyboval od 0 do 42, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 6, ve stupni 2 od 14 do 35 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 20 do 76.



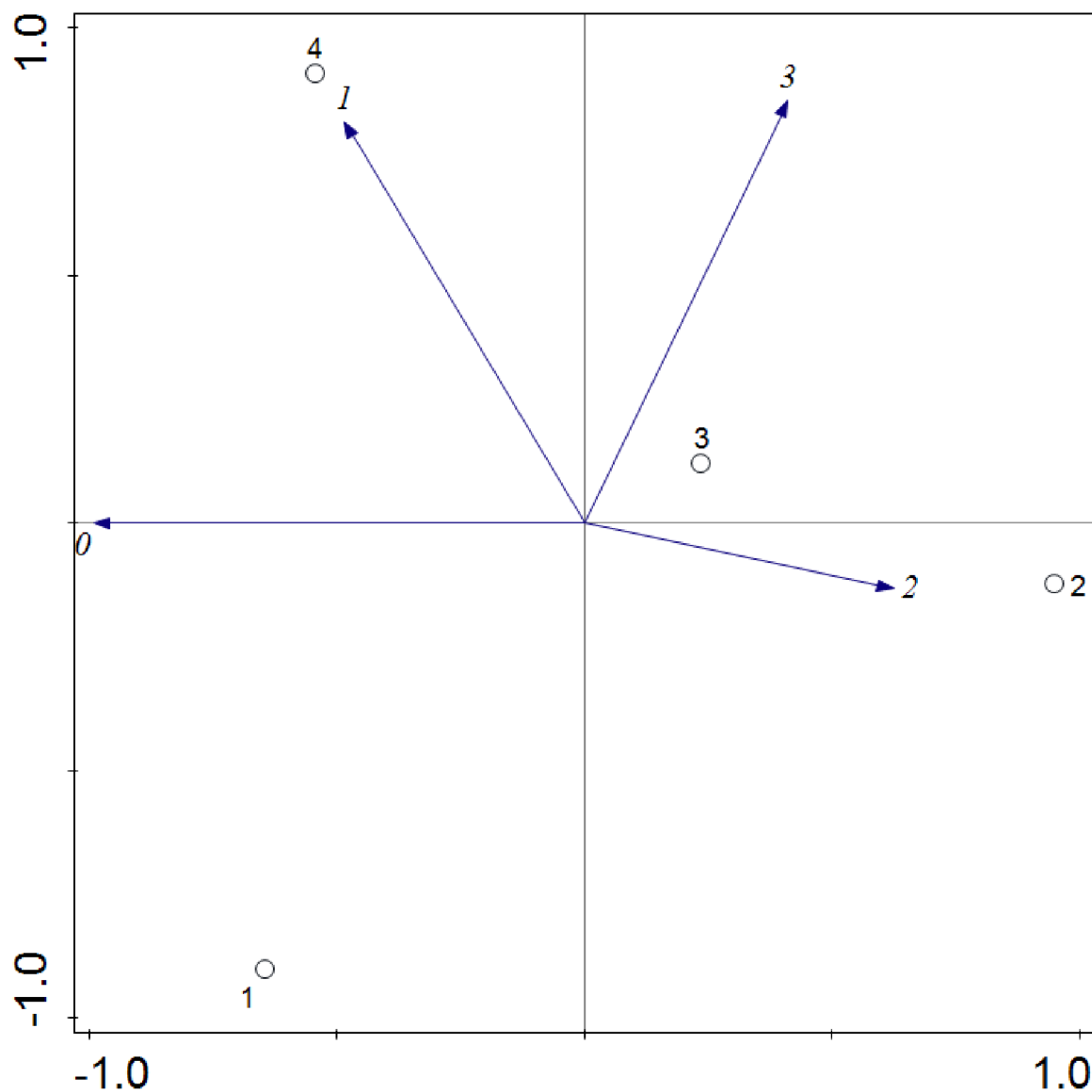
Obrázek 31: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u hlávkové kapusty.

3.1.7. Brokolice

Vybrané odrůdy brokolice hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice nízkou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 60 do 128 (tab. 7). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí pouze od 82 do 94 a hodnoty RES od 1 do 12 (obr. 34). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné klasifikovat všechny odrůdy pouze jako vysoce náchylné (DI 50-100).

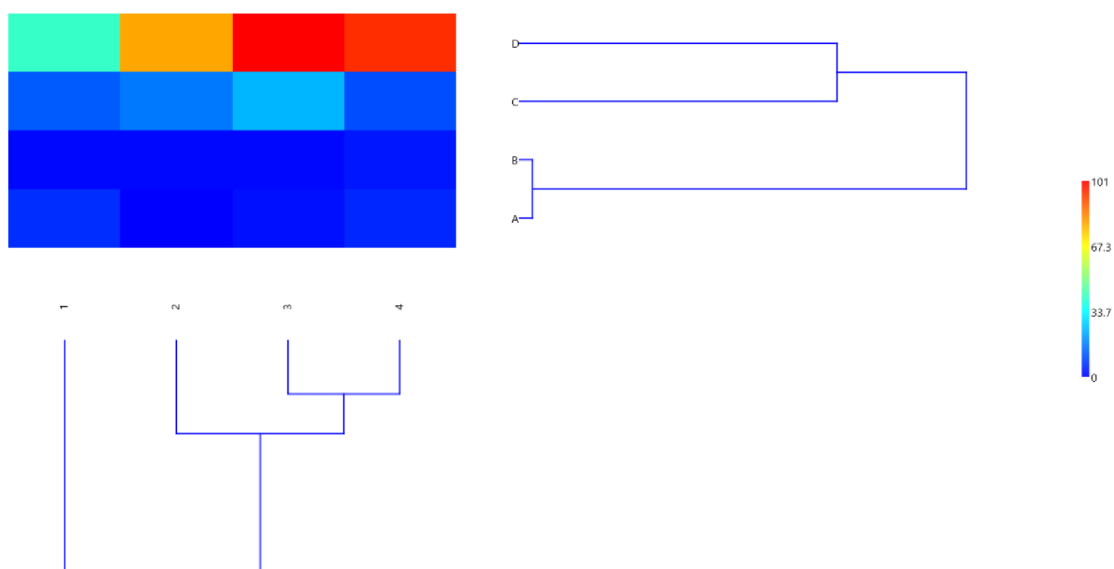
Tabulka 7: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd brokolice v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2400001	Vitamina	Československo	6	1	12	41	60	11,67	82,22
09H2400002	Cesar	Polsko	0	1	16	79	96	1,04	93,75
09H2400003	Early Purple Head	Neznámý	2	1	24	101	128	2,34	91,67
09H2400004	Limba	Česko	5	3	10	95	113	7,08	90,86



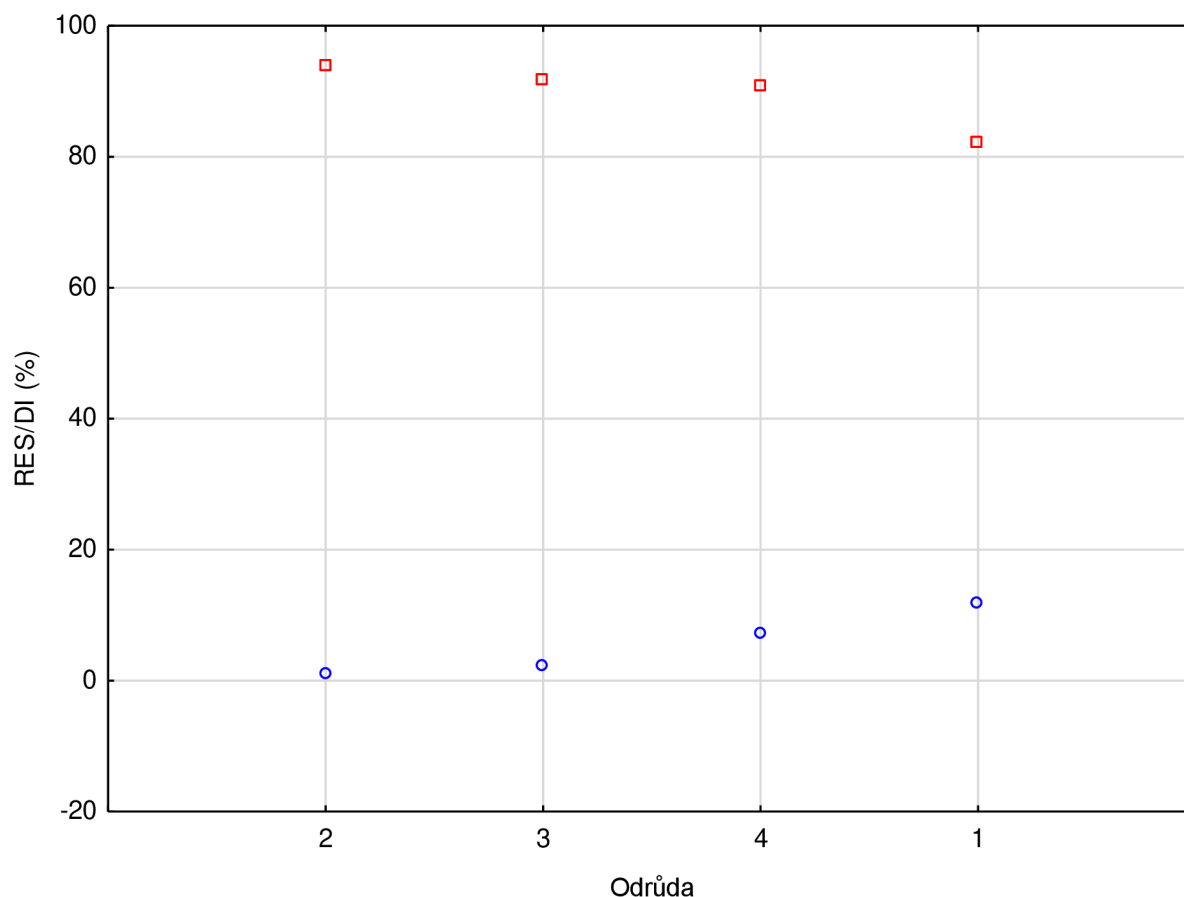
Obrázek 32: Biplot log-ratio analýzy proporčného zastoupení 4 kategórií intenzity napadení u 4 odrůd brokolice. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno pouze posledním číslem.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 32) vysvětlují 90,07 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference odolnějších (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1 a 3, kdy genotypy v horní části diagramu vykazují vyšší počet rostlin v těchto stupních napadení. Odrůda 1 je v biplotu osamostatněná kvůli poměrně vysokému zastoupení rostlin v stupni napadení 1 a nízkému ve stupni napadení 3.



Obrázek 33: Dendrogram odrůd brokolice, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Struktura zastupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, kdy zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

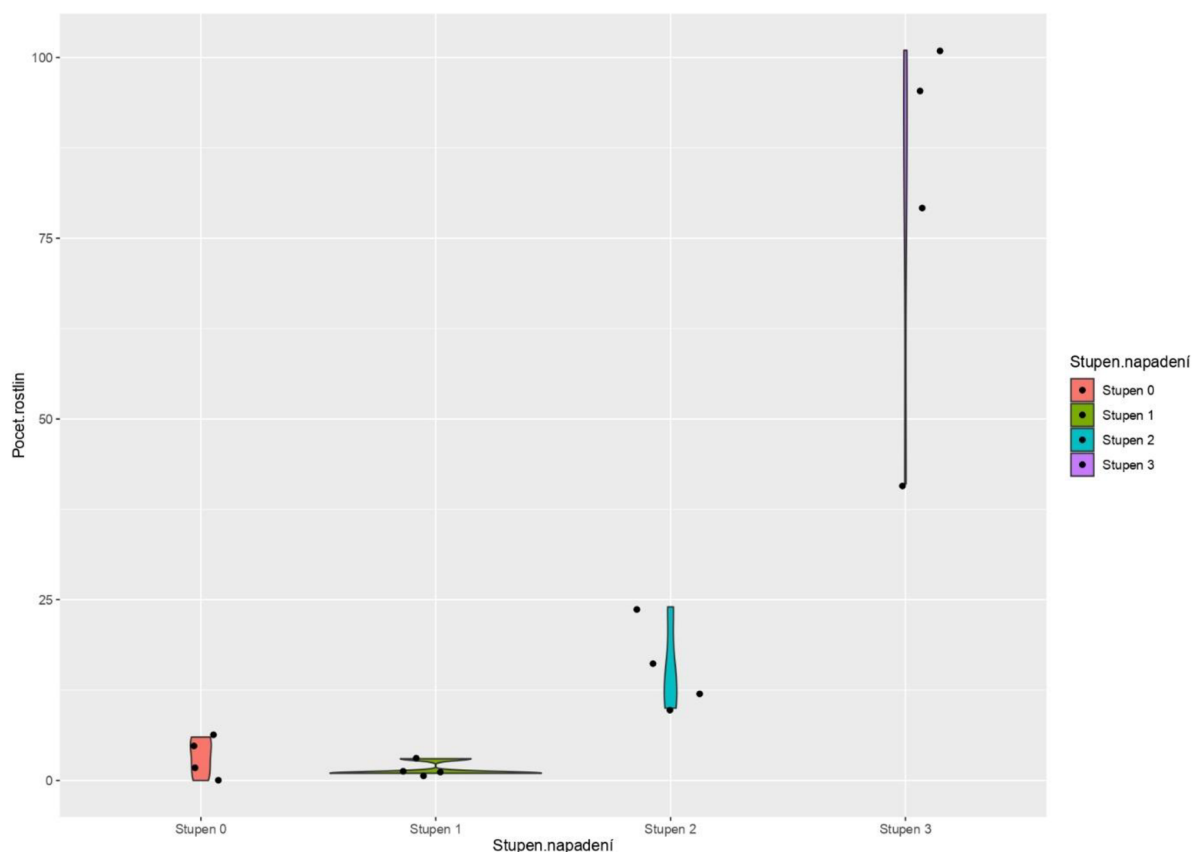
Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotypy odolné (obr. 33), genotypy citlivé (s vyšším podílem kategorie 3 a 2 a nižším podílem v kategorii 0) a kategorie genotypů velmi citlivých s dominancí stupně 3.



Obrázek 34: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd brokolice. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byla nejodolnější odrůda brokolice Vitamina (09H2400001; DI=82,22) původem z Československa, která měla také nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES=11,67). Nejméně odolná odrůda byla Cesar (09H2400002; DI=93,75), s nejnižším RES (1,04) a původem z Polska (tab. 7, obr. 34).

Obr. 35 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd v rámci jedné plodiny, v tomto případě brokolice. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se v rámci kvěťáku pohyboval od 0 do 6, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 3, ve stupni 2 od 10 do 24 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 41 do 101.



Obrázek 35: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u brokolice.

3.1.8. Vodnice

V kolekcích Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. uchovávaných v Genové bance v Praze a udržovaných na pracovišti v Olomouci se nachází pouze jedna odrůda vodnice – Albina mající původ v Československu. Tato odrůda byla hodnocená ve fytotronu a vykazovala velice vysokou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl 58 (tab. 8). Hodnota indexu napadení (DI) byla 33,33 a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) pak 62,07 (tab. 8). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné tuto odrůdu klasifikovat jako náchylnou (DI 20-50).

Tabulka 8: Výsledky hodnocení odolnosti odrůdy vodnice Albina v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2600001	Albina	Československo	34	2	10	12	58	62,07	33,33

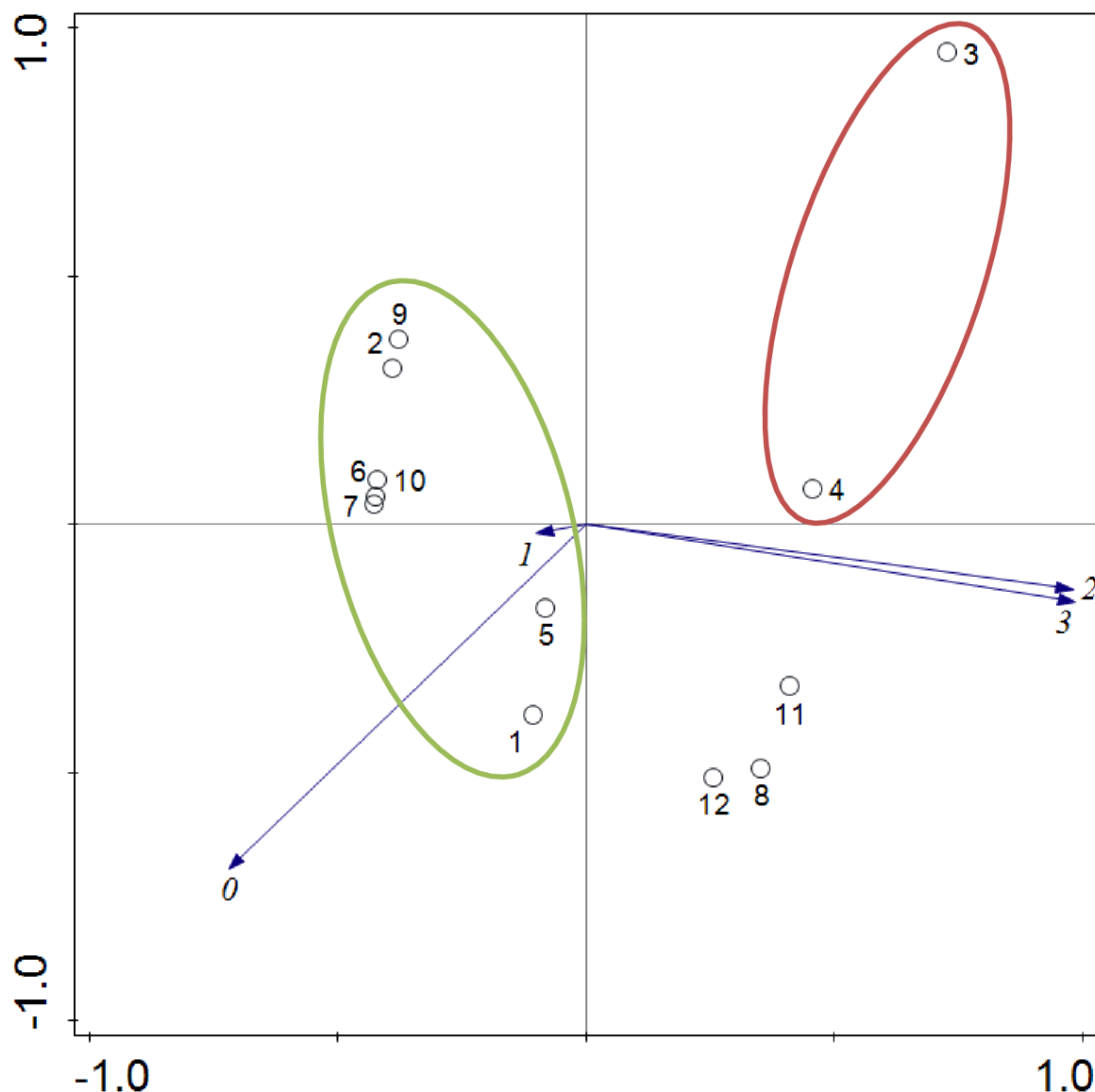
3.1.9. Tuřín

Odrůdy tuřínu hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice variabilní odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 31 do 101 (tab. 9). Hodnoty DI se totiž pohybovaly v rozmezí od 1 do 93 a hodnoty RES od 2 do 100 (obr. 38). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) by bylo možné 6 odrůd klasifikovat jako odolné (DI 0,1-

9,9), jednu odrůdu jako středně náchylnou (DI 10,0-19,9), jednu odrůdu jako náchylnou (DI 20-50), všechny ostatní (4 odrůdy) pak jako vysoce náchylné (DI 50-100).

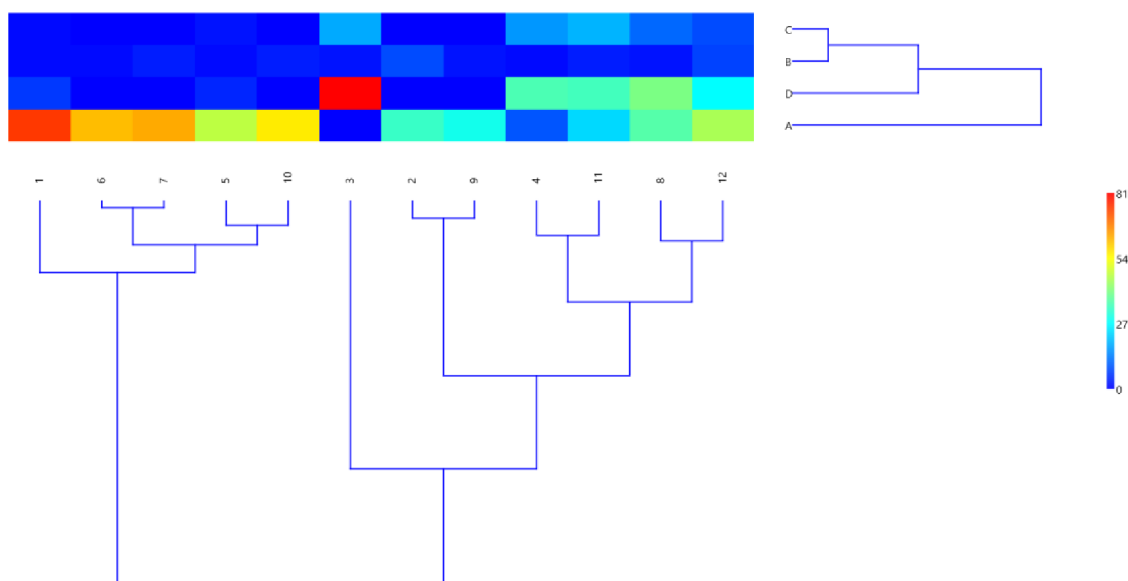
Tabulka 9: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd tuřinu v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2800001	Milevsky	Československo	75	1	1	6	83	91,57	8,43
09H2800002	Landrace (Terchova)	Slovensko	33	8	0	0	41	100,00	6,50
09H2800003	Perfection	USA	0	2	18	81	101	1,98	92,74
09H2800004	Croppa	USA	9	1	16	35	61	16,39	75,41
09H2800005	Apin	USA	47	1	2	4	54	88,89	10,49
09H2800006	Debra	USA	61	1	0	0	62	100,00	0,54
09H2800007	Unknown cultivar	USA	63	3	0	0	66	100,00	1,52
09H2800008	Laurentian	USA	36	2	11	40	89	42,70	53,93
09H2800009	Marian	Neznámý	29	2	0	0	31	100,00	2,15
09H2800010	Marian	Spojené království	56	3	0	0	59	100,00	1,69
09H2800011	Hugry Gap	Neznámý	23	3	19	34	79	32,91	60,34
09H2800012	Dalibor	Česko	45	7	8	27	87	59,77	39,85



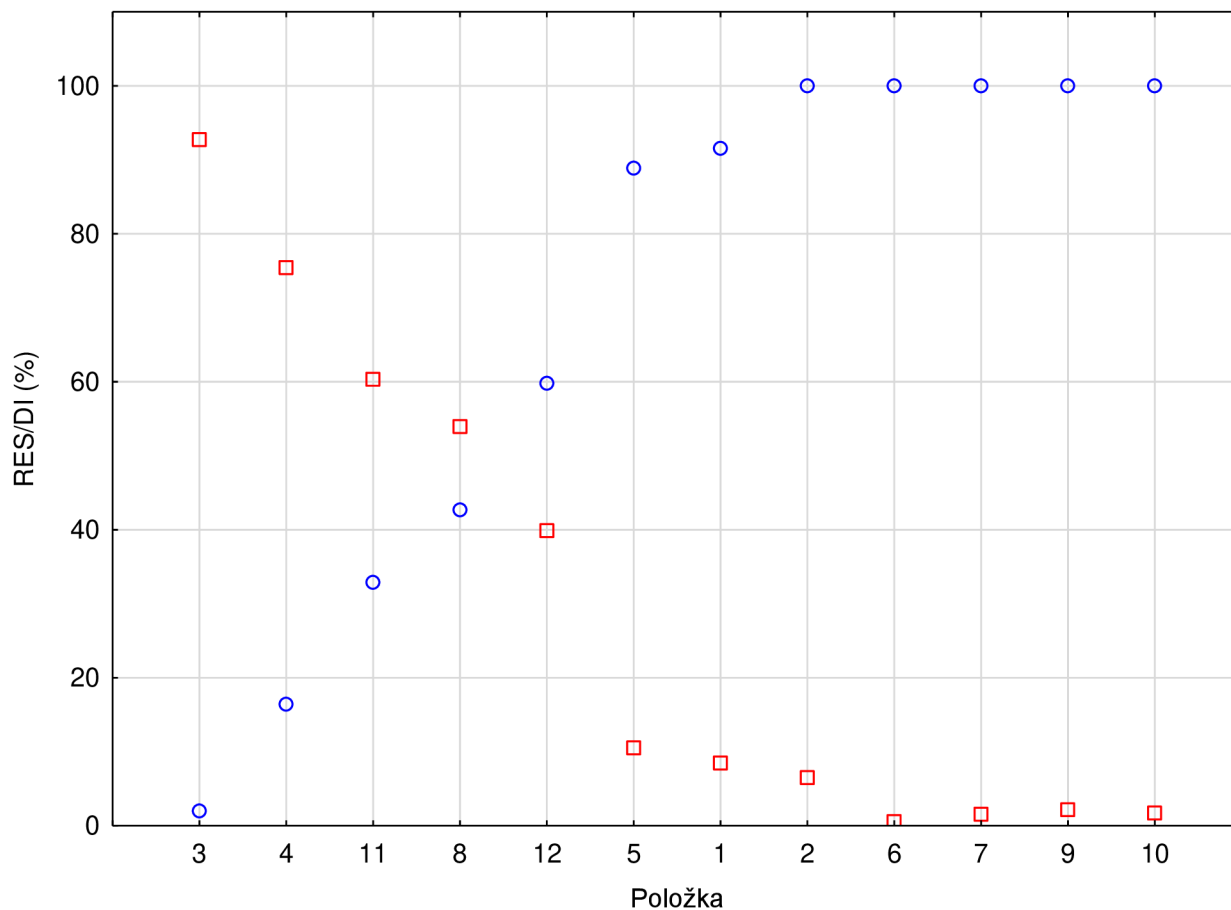
Obrázek 36: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 12 genotypů tuřinu. Vektory analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení označují směr nejprudší změny zastoupení dané kategorie napadení, úhel mezi vektory pak indikuje korelaci mezi jednotlivými kategoriemi napadení a délka vektoru pak variabilitu příslušné kategorie v souboru. Nejodolnější genotypy s $DI \leq 10$ jsou vyznačené zelenou elipsou, nejméně odolné s $DI \geq 70$ červenou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 1 až 2 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 36) vysvětlují 95,27 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diferenciacce rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Diferenciacce genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1 a 2, genotypy v horní části diagramu téměř vůbec nevykazují tuto kategorii napadení.



Obrázek 37: Dendrogram odrůd tuřínu, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Struktura zasoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

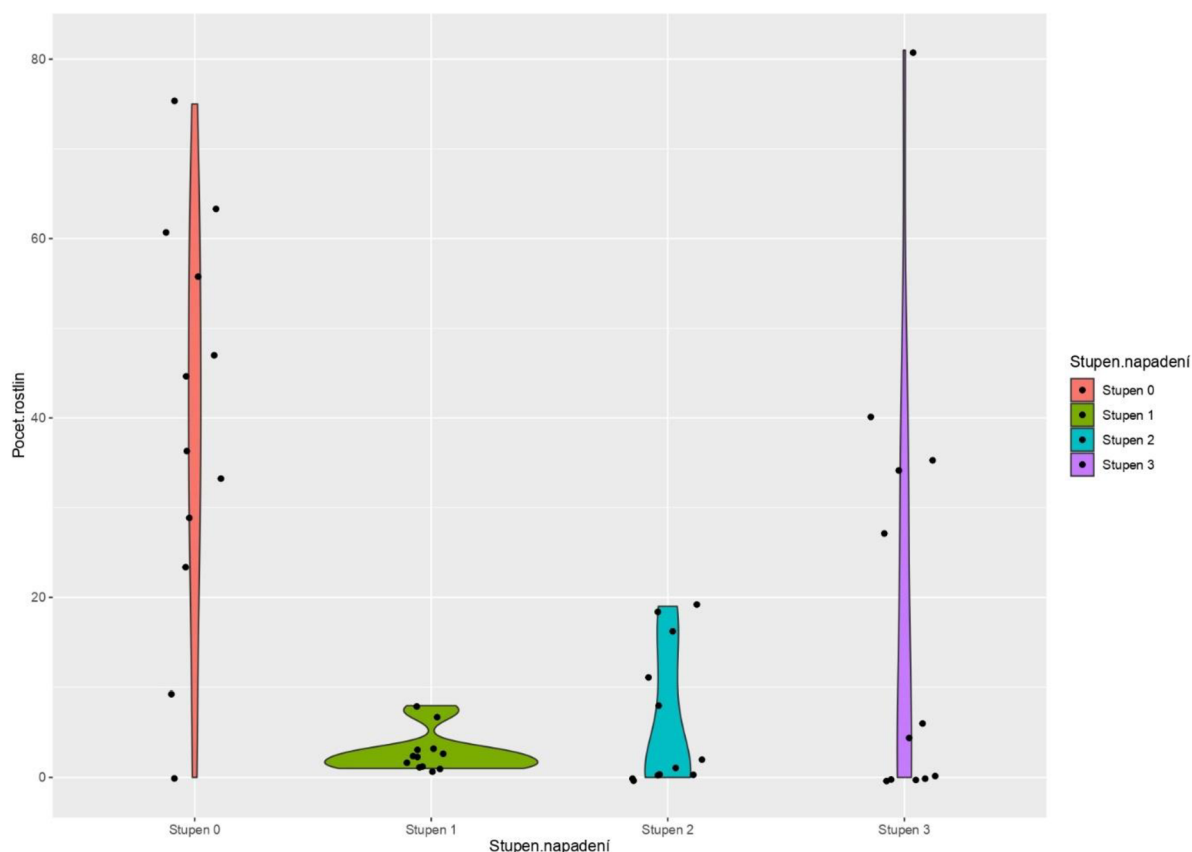
Shluková analýza klasifikovala genotypy do třech kategorií intenzity napadení: genotypy odolné s dominantním zastoupením rostlin ve stupni napadení 0 (na obrázku 37 vlevo), genotypy citlivé (převažují sice kategorie 0 a 3). Nejvíce vnímavý genotyp (1) vytvořil samostatný klastr uprostřed dendrogramu (zcela dominuje zastoupení ve stupni napadení 3).



Obrázek 38: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd tuřínu. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly nejodolnější odrůdy Debra (09H2800006; DI=0,54), Unknown cultivar (09H2800007; DI=1,52), obě původem z USA a Marian (09H2800010; DI=1,69) ze Spojeného království. Tyto odrůdy a také Marian (09H2800009) a Landrace (Terchova) (09H2800002) měly všechny rostliny ve stupních napadení 0 a 1, tj. RES=100. Nejméně odolné odrůdy byly Perfection (09H2800003; DI=92,74), Croppa (09H2800004; DI=75,41), obě původem z USA, a Hugry Gap (09H2800011; DI=60,34) neznámého původu. Tyto odrůdy měly také nejnižší RES – Perfection (09H2800003; RES=1,98), Croppa (09H2800004; RES=16,39) a Hugry Gap (09H2800011; RES=32,91) (tab. 9, obr. 38).

Obr. 39 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u tuřínu. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u tuřínu pohyboval od 0 do 75, ve stupni napadení 1 pak od 1 do 8, ve stupni 2 od 0 do 19 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 0 do 81.



Obrázek 39: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u tuřinu.

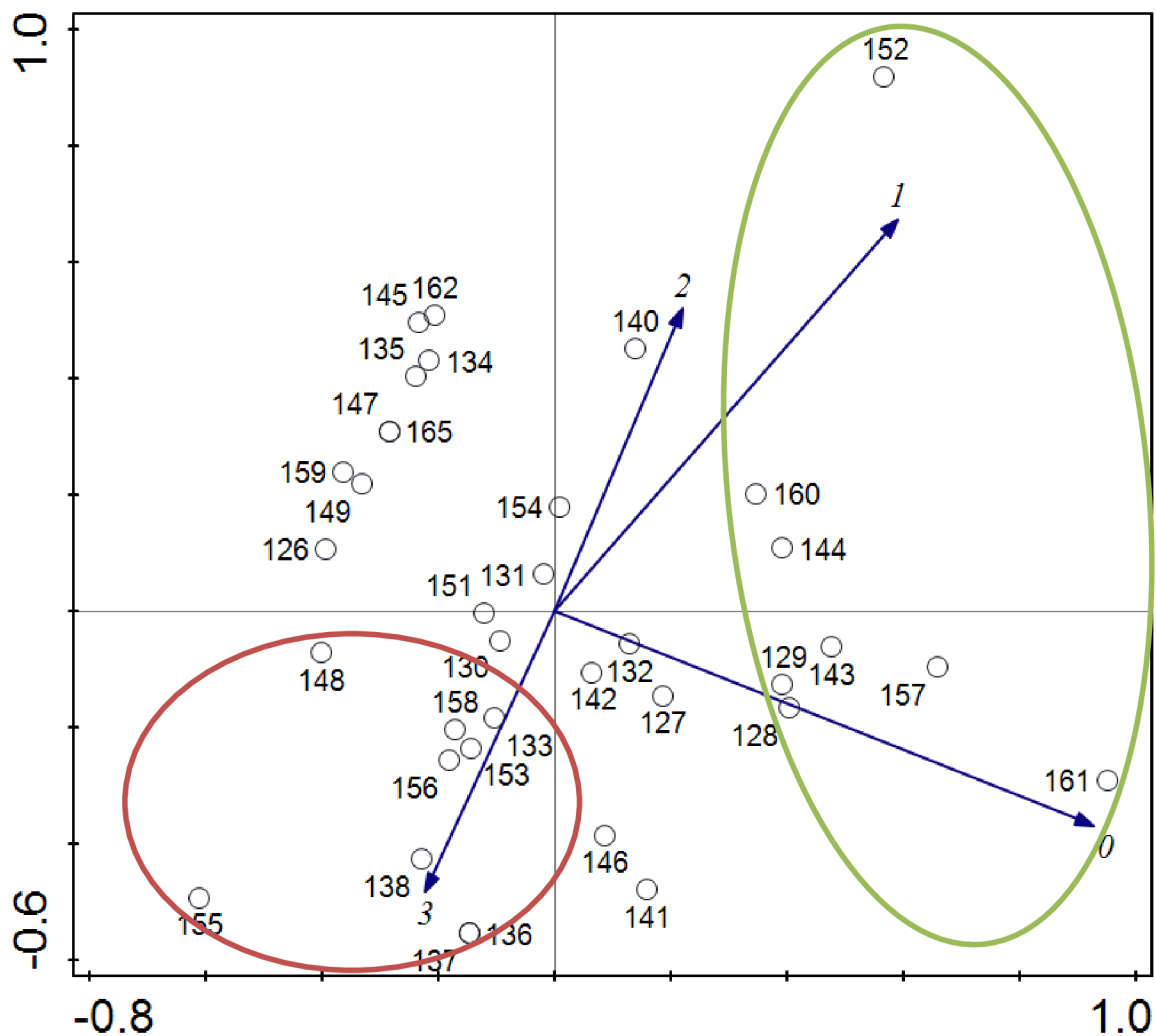
3.1.10. Brukev pekingská, brukev čínská

Odrůdy brukve pekingské a čínské (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis* a *Brassica rapa* subsp. *chinensis*) hodnocené ve fytotronu vykazovaly velice nízkou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 36 do 150 (tab. 10). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 61 do 96 a hodnoty RES od 0 do 25 (obr. 14). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné klasifikovat všechny odrůdy pouze jako vysoce náchylné (DI 50-100).

Tabulka 10: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd brukve pekingské a čínské v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

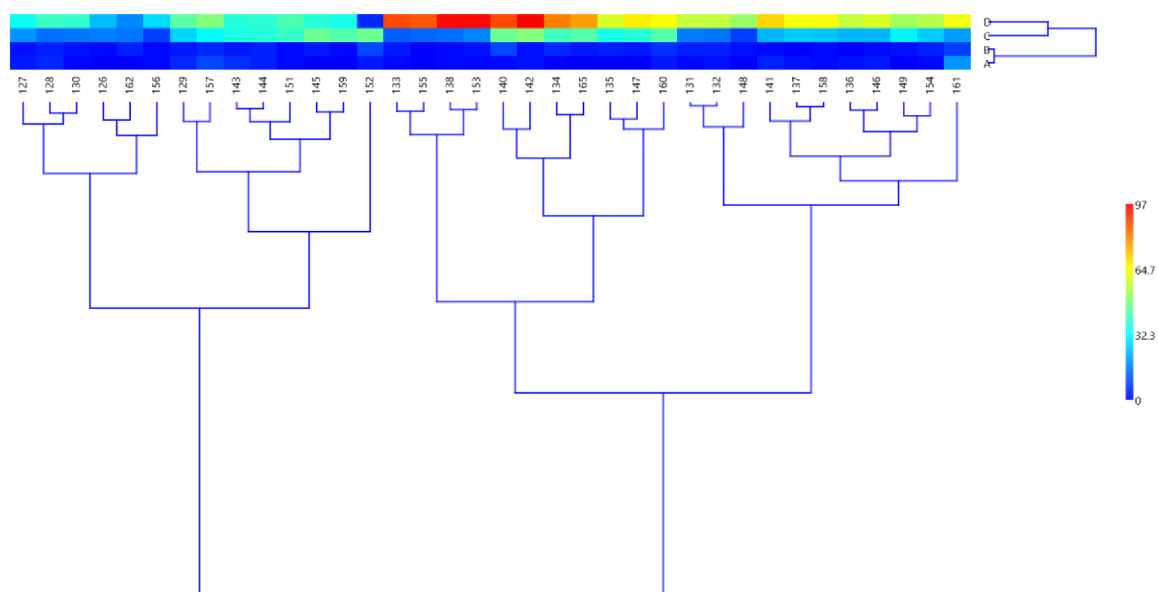
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H2700126	Nagaoka 50 Days	Japonsko	0	1	16	24	41	2,44	85,37
09H2700127	Osaka Market	Japonsko	3	2	19	34	58	8,62	81,61
09H2700128	Nagaoka Tafeta	Japonsko	5	4	14	40	63	14,29	80,42
09H2700129	Qin Bai Liu Hao	Čína	5	3	27	44	79	10,13	79,75
09H2700130	Qin Bai Si Hao	Čína	1	2	15	39	57	5,26	87,13
09H2700131	Qin Bai Wu Hao	Čína	1	4	16	57	78	6,41	88,46
09H2700132	Qin Bai Er Hao	Čína	2	4	15	57	78	7,69	87,61
09H2700133	Hilton	Česko	1	3	12	88	104	3,85	93,27

09H2700134	Wong Bok	Japonsko	0	5	40	81	126	3,97	86,77
09H2700135	Nagaoka A-1 Spring	Japonsko	0	4	35	60	99	4,04	85,52
09H2700136	Nagaoka Pride	Japonsko	2	0	23	57	82	2,44	88,21
09H2700137	Nagaoka Champion	Japonsko	2	0	26	64	92	2,17	88,41
09H2700138	Kyoto no. 2	Japonsko	1	1	14	96	112	1,79	94,35
09H2700140	Chitose Giant	Japonsko	1	9	46	88	144	6,94	84,49
09H2700141	Flowering Purple Hon Tsai Tai	Japonsko	4	1	23	70	98	5,10	87,41
09H2700142	Schanghai Pak Choi	Japonsko	2	2	49	97	150	2,67	86,89
09H2700143	Chinese Pak Choi	Japonsko	6	3	36	37	82	10,98	75,61
09H2700144	Canton Pak Choi	Japonsko	4	4	37	38	83	9,64	77,11
09H2700145	Flowering Pak Choi	Japonsko	0	3	46	37	86	3,49	79,84
09H2700146	Japane White Celery Mustard	Japonsko	3	1	23	60	87	4,60	86,97
09H2700147	Nosaki Early	Japonsko	0	3	37	67	107	2,80	86,60
09H2700148	Round Leaved Santo	Japonsko	0	2	8	52	62	3,23	93,55
09H2700149	Shantung	Japonsko	0	2	31	53	86	2,33	86,43
09H2700151	Tah-Tsai	Japonsko	1	1	39	42	83	2,41	82,33
09H2700152	Landrace (CHN 4)	Čína	3	9	46	5	63	19,05	61,38
09H2700153	Landrace (CHN 5)	Čína	1	2	17	96	116	2,59	93,10
09H2700154	Landrace (CHN 6)	Čína	1	4	26	55	86	5,81	85,66
09H2700155	Landrace (CHN 7)	Čína	0	0	13	86	99	0,00	95,62
09H2700156	Landrace (CHN 8)	Čína	1	1	8	28	38	5,26	88,60
09H2700157	Landrace (CHN 9)	Čína	9	5	32	49	95	14,74	75,79
09H2700158	Landrace (CHN 10)	Čína	1	1	25	64	91	2,20	89,01
09H2700159	Michihli	Neznámý	0	1	43	35	79	1,27	81,01
09H2700160	Landrace (CHN 11)	Čína	3	6	43	64	116	7,76	81,61
09H2700161	Landrace (CHN 12)	Čína	19	8	20	63	110	24,55	71,82
09H2700162	Granaat	Nizozemí	0	4	15	17	36	11,11	78,70
09H2700165	Nozaki	Česko	0	3	43	77	123	2,44	86,72



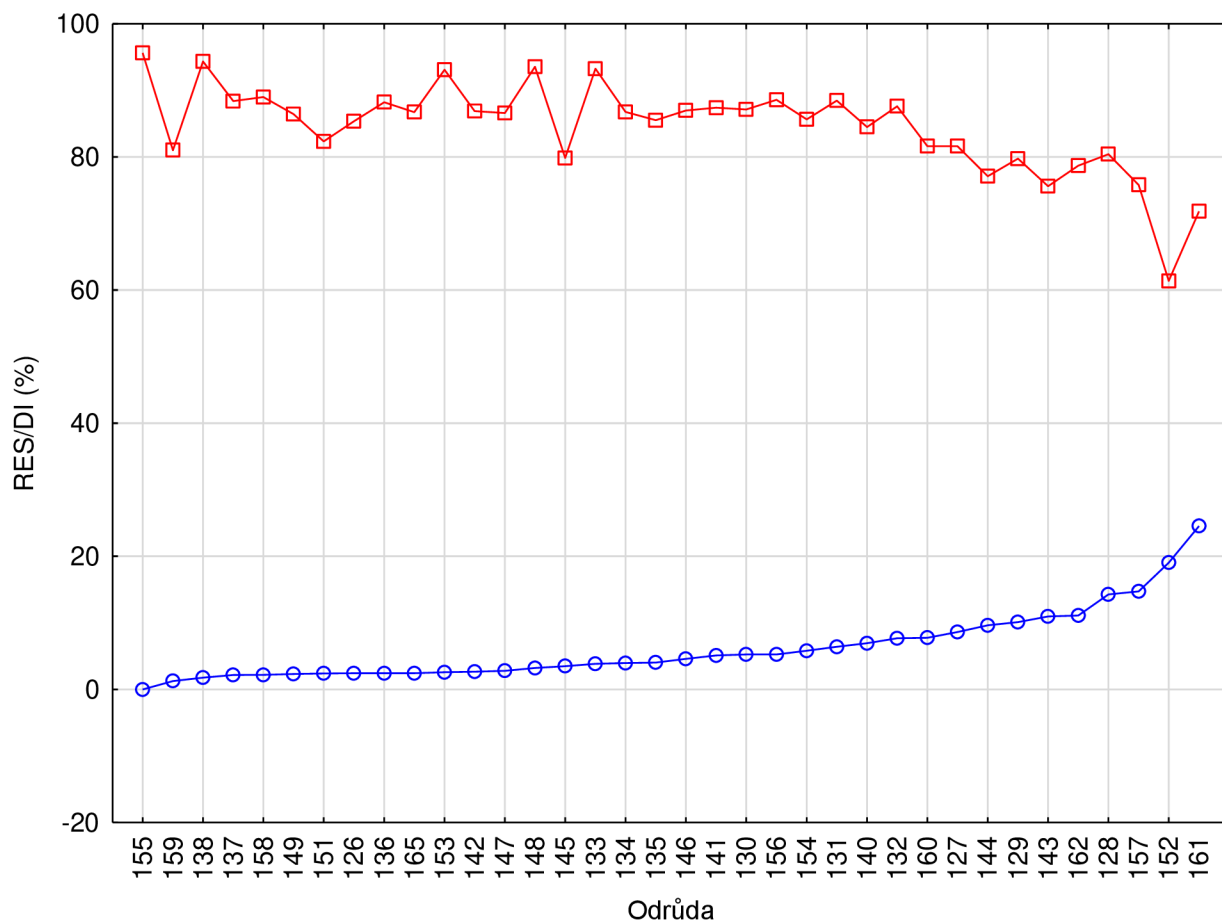
Obrázek 40: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 36 genotypů brukve pekingské a čínské. Nejméně odolnější genotypy s $DI \leq 80$ jsou vyznačeny zelenou elipsou, nejméně odolné s $DI \geq 88$ červenou barvou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 40) vysvětlují 69,53 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diference více odolných (vpravo) a vysoce citlivých genotypů (vlevo) podél první ordinační osy. Diference genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1 a 2, genotypy v dolní části diagramu téměř vůbec nevykazují tuto kategorii napadení.



Obrázek 41: Dendrogram odrůd brukve pekingské a čínské, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Struktura zasoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

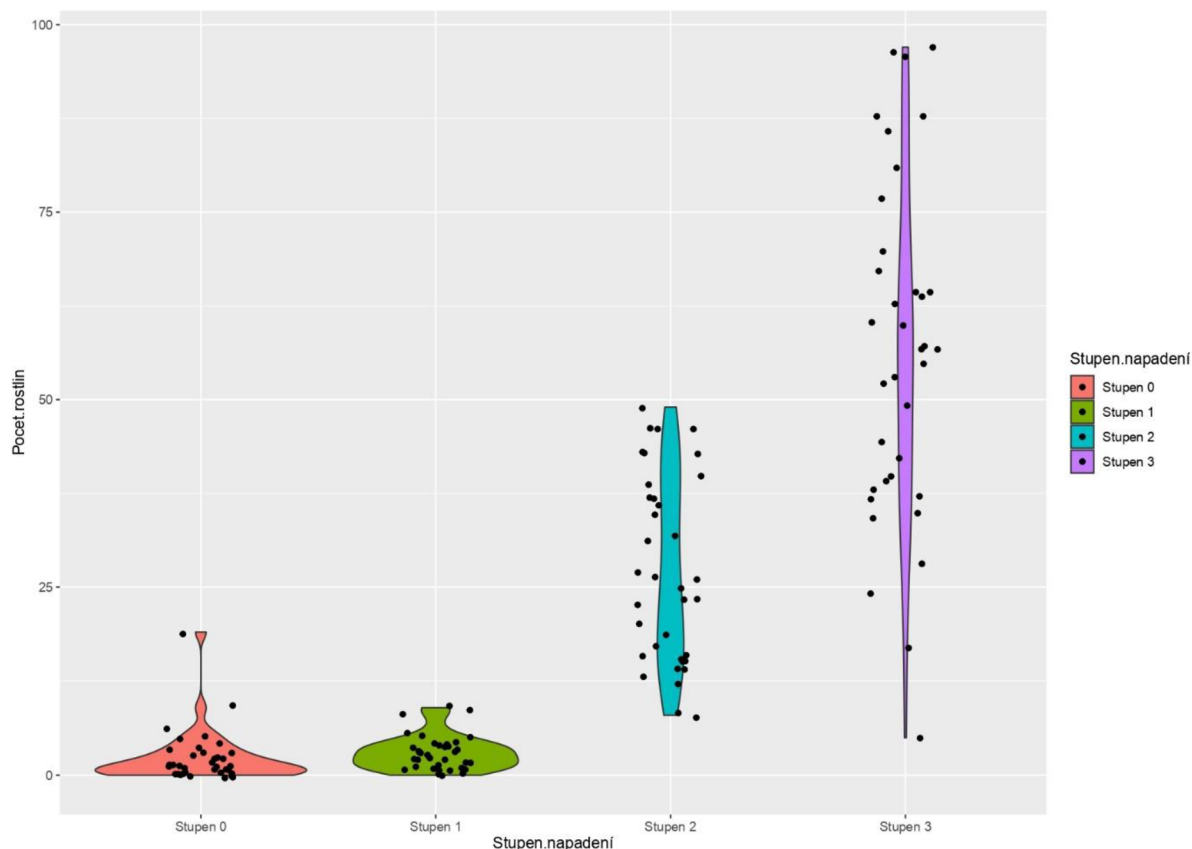
Shluková analýza rozdělila hodnocené genotypy brukve pekingské a čínské na základě podobnosti zejména v počtu rostlin jednotlivých genotypů v nejvyšším stupni napadení do třech základních shluků. Genotypy s nejvyšším počtem rostlin ve stupni napadení 3, tudíž nejméně odolné, jsou znázorněny ve středu dendrogramu na obr. 41. Naopak genotypy s nejnižším počtem rostlin ve stupni napadení 3 jsou znázorněny v levém shluku. Ostatní genotypy jsou umístěny na obrázku 41 v pravé části. Genotypy se dále shlukují na nižší hladině podle počtu rostlin zastoupených ve stupních napadení 2.



Obrázek 42: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd brukve čínské a pekingské. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly nejodolnější genotypy Landrace (CHN 4) (09H2700152; DI=61,38), Landrace (CHN 12) (09H2700161; DI=71,82) obě původem z Číny a Chinese Pak Choi (09H2700143; DI=75,61) původem z Japonska. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) měly tyto genotypy: Landrace (CHN 12) (09H2700161; RES=24,55), Landrace (CHN 4) (09H2700152; RES=19,05) a Landrace (CHN 9) (09H2700157; RES=14,74) všechny původem z Číny. Nejméně odolné odrůdy byly Landrace (CHN 7) (09H2700155; DI=95,62), Kyoto no. 2 (09H2700138; DI=94,35) a Round Leaved Santo (09H2700148; DI=93,55) obě původem z Japonska. Nejnižší RES měly odrůdy Landrace (CHN 7) (09H2700155; RES=0,00), Michihli (09H2700159; RES=1,27) neznámého původu a Kyoto no. 2 (09H2700138; RES=1,79) (tab. 10, obr. 42).

Obr. 43 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd v rámci hodnocených plodin, v tomto případě brukve čínské a pekingské. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se v rámci kvěťáku pohyboval od 0 do 19, ve stupni napadení 1 pak od 0 do 9, ve stupni 2 od 8 do 49 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 5 do 97.



Obrázek 43: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u brukve čínské a pekingské.

3.1.11. Ředkvička

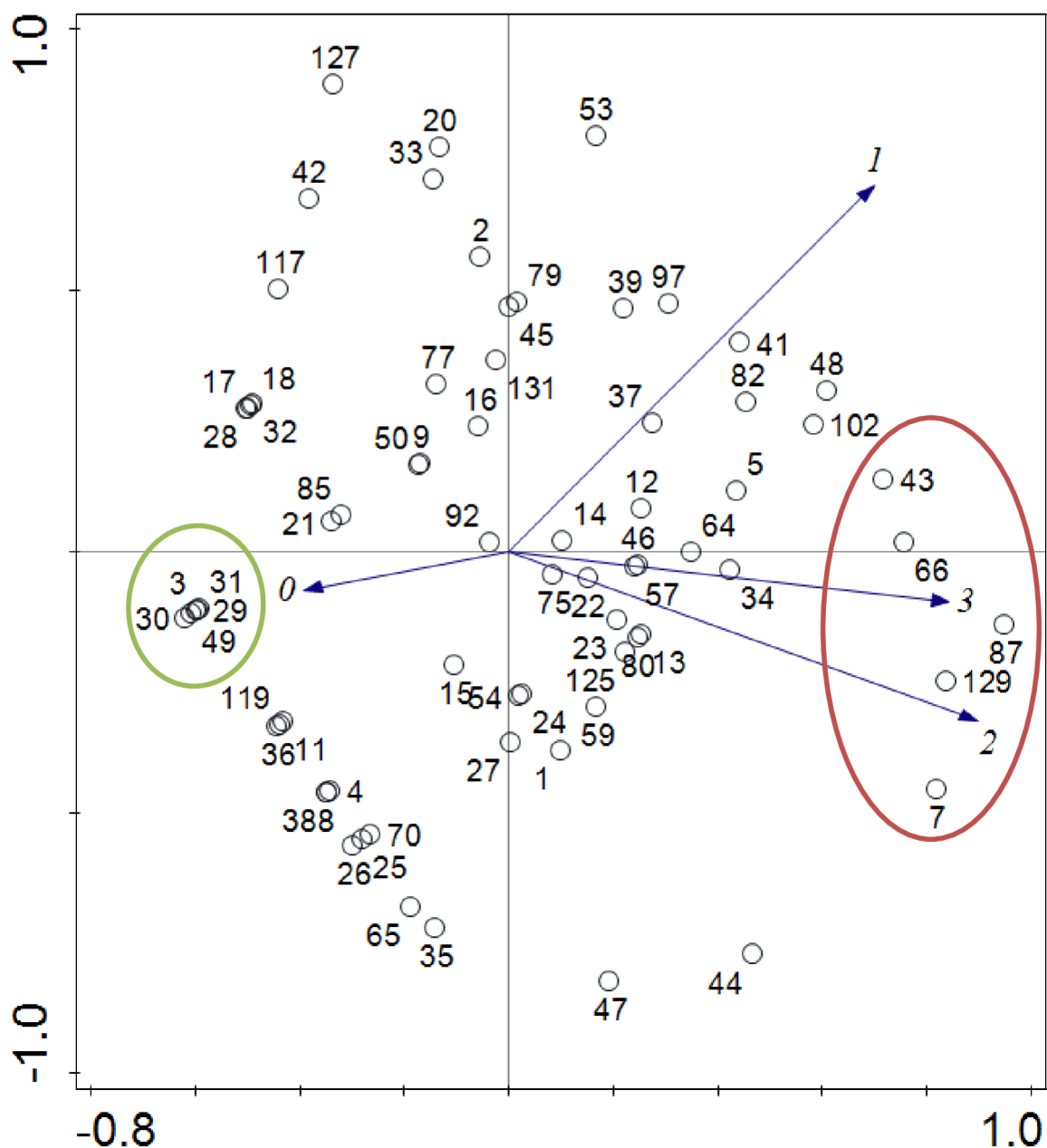
Vybrané odrůdy ředkvičky hodnocené ve fytotronu vykazovaly vysokou odolnost vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních se pohyboval od 55 do 175 (tab. 11). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 0 do 48 a hodnoty RES od 43 do 100 (obr. 46). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné klasifikovat 5 odrůd jako vysoce odolné (DI=0), 53 odrůd jako odolné, 8 odrůd jako středně náchylné a 4 odrůdy jako náchylné.

Tabulka 11: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd ředkviček v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H7400001	Duo	Československo	79	1	6	1	87	91,95	6,13
09H7400002	Granat	Československo	67	5	2	0	74	97,30	4,05
09H7400003	Helios	Československo	77	0	0	0	77	100,00	0,00
09H7400004	Maria	Československo	88	0	2	0	90	97,78	1,48
09H7400005	Rampouch	Československo	41	4	5	5	55	81,82	17,58
09H7400007	Slavia	Československo	56	3	19	12	90	65,56	28,52
09H7400008	Vera	Československo	106	0	2	0	108	98,15	1,23
09H7400009	A Forcer Rond E Carlate	Česko	80	2	2	0	84	97,62	2,38
09H7400011	Burpee's Red Giant	Česko	72	0	1	0	73	98,63	0,91

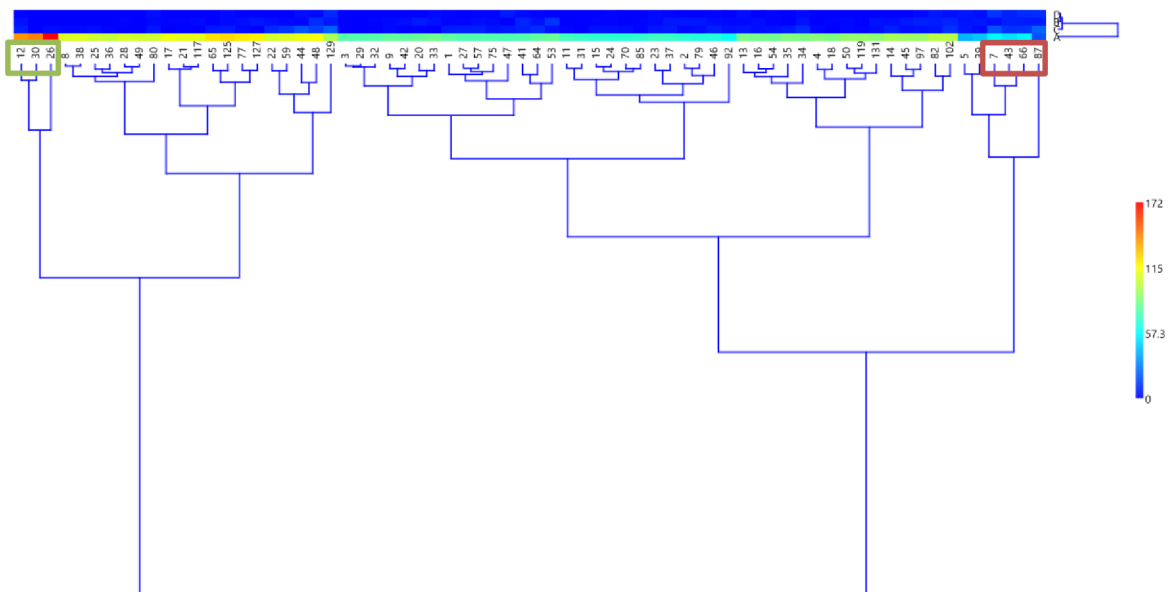
09H7400012	Candela Di Chiccio	Česko	139	4	7	1	151	94,70	4,64
09H7400013	Cavallondo	Česko	85	2	5	3	95	91,58	7,37
09H7400014	Certina	Česko	95	3	7	0	105	93,33	5,40
09H7400015	Cerveni s Beli Opaski	Česko	68	1	4	0	73	94,52	4,11
09H7400016	Early Round Red White Tipped	Česko	84	3	3	0	90	96,67	3,33
09H7400017	Early Scarlet Globe	Česko	111	1	0	0	112	100,00	0,30
09H7400018	Early Scarlet Globe Short Top	Česko	86	1	0	0	87	100,00	0,38
09H7400020	Fix	Spojené království	81	6	1	0	88	98,86	3,03
09H7400021	Flevo	Česko	109	1	1	0	111	99,10	0,90
09H7400022	Fruhrot	Česko	105	3	9	0	117	92,31	5,98
09H7400023	Gaundry Treib	Česko	71	2	5	2	80	91,25	7,50
09H7400024	Halblanges Scharlachrotes Freiland	Česko	67	1	4	1	73	93,15	5,48
09H7400025	Halblanges Scharlachrotes Freiland	Česko	104	0	3	0	107	97,20	1,87
09H7400026	Halblanges AH 88	Česko	172	0	3	0	175	98,29	1,14
09H7400027	Haubner's Fruehwunder	Česko	76	1	7	0	84	91,67	5,95
09H7400028	Husvati Udvozlet	Česko	105	1	0	0	106	100,00	0,31
09H7400029	Kader	Česko	76	0	0	0	76	100,00	0,00
09H7400030	Karissima GS	Česko	143	0	0	0	143	100,00	0,00
09H7400031	Korai Piros	Česko	70	0	0	0	70	100,00	0,00
09H7400032	Marche de Geneve	Česko	77	1	0	0	78	100,00	0,43
09H7400033	Moskovskij Belij	Neznámý	83	4	0	2	89	97,75	3,75
09H7400034	Neurot	Neznámý	86	4	10	2	102	88,24	9,80
09H7400035	Novired	Neznámý	87	0	6	0	93	93,55	4,30
09H7400036	Nr. 6225	Neznámý	102	0	1	0	103	99,03	0,65
09H7400037	Nr. 6441	Neznámý	70	5	6	1	82	91,46	8,13
09H7400038	Proradio	Neznámý	107	0	2	0	109	98,17	1,22
09H7400039	Red Boy	Neznámý	45	5	2	3	55	90,91	10,91
09H7400041	Riegel	Neznámý	76	8	7	2	93	90,32	10,04
09H7400042	Roky	Neznámý	79	3	0	0	82	100,00	1,22
09H7400043	Ronde Half Rood Half Wit	Neznámý	51	7	11	7	76	76,32	21,93
09H7400044	Ronde Scharlakenrode 929	Neznámý	111	1	19	3	134	83,58	11,94
09H7400045	Ronde Witte 948	Neznámý	93	5	3	0	101	97,03	3,63
09H7400046	Ronde Witte Roodkop	Neznámý	65	3	7	1	76	89,47	8,77
09H7400047	Rosso Rotondo Bianca	Neznámý	75	0	5	6	86	87,21	10,85
09H7400048	Rota	Neznámý	112	10	14	2	138	88,41	10,63
09H7400049	Rotondo Rosso Quarantine	Neznámý	104	0	0	0	104	100,00	0,00
09H7400050	Roud E Carlete A Bout Blance	Neznámý	91	2	2	0	95	97,89	2,11
09H7400053	Rundes Halbrot-Halbweiss	Neznámý	81	11	4	0	96	95,83	6,60

09H7400054	Rundes Rosenrotes mit Gr.Weis.	Neznámý	83	1	4	1	89	94,38	4,49
09H7400057	Southern Market Globe	Neznámý	76	3	7	1	87	90,80	7,66
09H7400059	Cherry Belle	Neznámý	107	2	12	0	121	90,08	7,16
09H7400064	Gigant	Neznámý	79	4	10	1	94	88,30	9,57
09H7400065	Parat	Neznámý	121	0	5	0	126	96,03	2,65
09H7400066	Certus	Neznámý	55	6	12	9	82	74,39	23,17
09H7400070	Treff	Neznámý	67	0	3	0	70	95,71	2,86
09H7400075	Sutton's Red Forcing	Neznámý	76	2	4	1	83	93,98	5,22
09H7400077	Crimson Giant	Neznámý	120	3	2	0	125	98,40	1,87
09H7400079	Sparkler	Neznámý	65	5	3	0	73	95,89	5,02
09H7400080	Claro	Neznámý	104	2	5	3	114	92,98	6,14
09H7400082	Early Scarlet Globe	Neznámý	99	6	5	5	115	91,30	8,99
09H7400085	Red Bay	Neznámý	68	1	1	0	70	98,57	1,43
09H7400087	Modra	Neznámý	18	6	22	10	56	42,86	47,62
09H7400092	Delia	Neznámý	59	2	4	0	65	93,85	5,13
09H7400097	Eiszapfen	Neznámý	93	7	4	2	106	94,34	6,60
09H7400102	Southern Market Globe	Neznámý	99	8	11	3	121	88,43	10,74
09H7400117	Prinz Rotin	Německo	109	2	0	0	111	100,00	0,60
09H7400119	034/1-82-1	Německo	91	0	1	0	92	98,91	0,72
09H7400125	Lora	Česko	123	2	6	2	133	93,98	5,01
09H7400127	Isabell	Německo	118	5	0	0	123	100,00	1,36
09H7400129	Duett	Německo	96	5	21	9	131	77,10	18,83
09H7400131	Polka	Česko	89	4	3	0	96	96,88	3,47



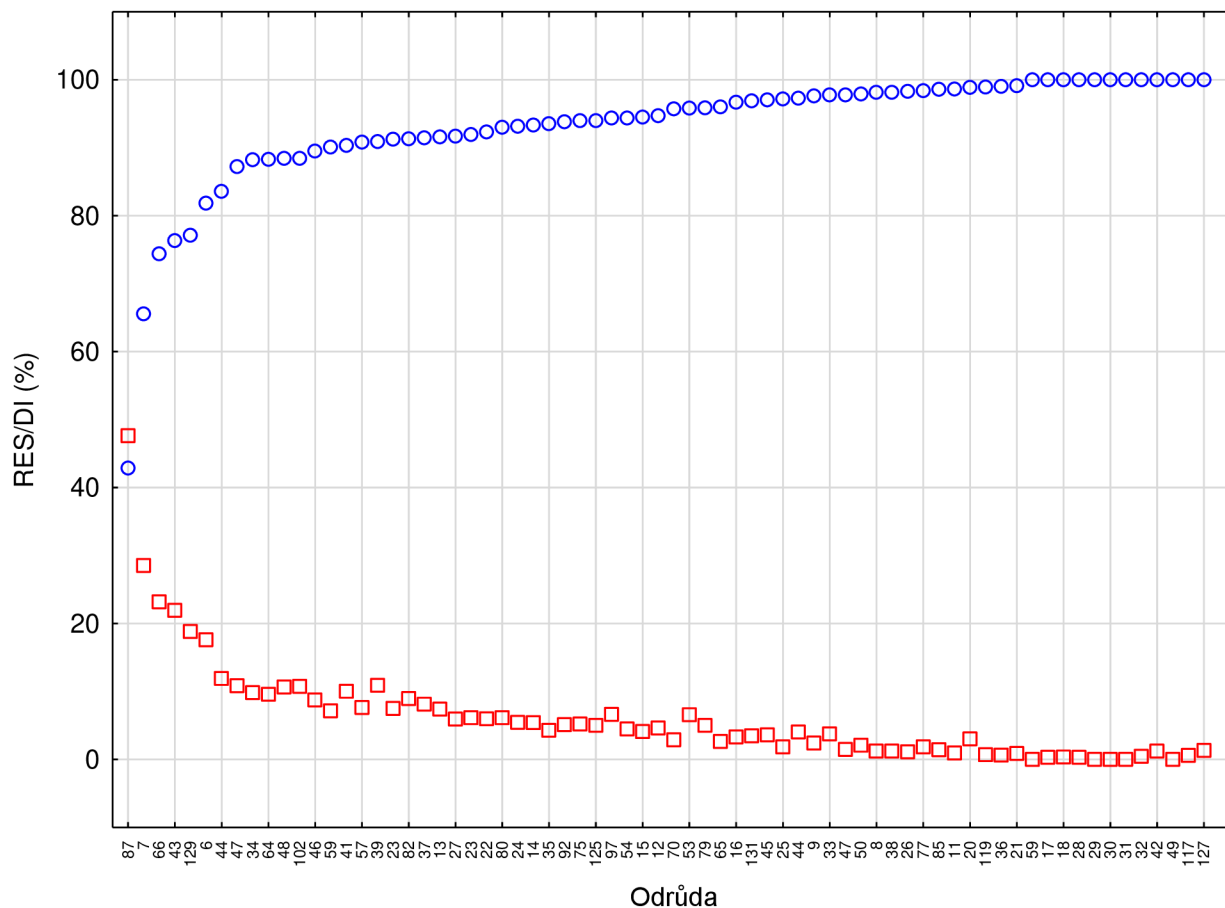
Obrázek 44: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 70 odrůd ředkviček. Nejodolnější genotypy jsou vyznačeny zelenou elipsou, nejméně odolné červenou barvou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 1 až 3 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 12) vysvětlují 84,18 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diferenciací rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Nejméně odolné odrůdy s DI větším než 18 jsou v obrázku 44 vyznačeny červenou elipsou, zcela odolné (s DI=0) pak zelenou elipsou. Diferenciací genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1, kdy genotypy v horní části diagramu vykazují vyšší počet rostlin ve stupni napadení 1.



Obrázek 45: Dendrogram odrůd ředkvičky, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Klastř odrůd s nejvyšším počtem rostlin zastoupených ve stupni napadení 0 je vyznačen zeleně, shluk nejvíce náchylných odrůd pak červeně. Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

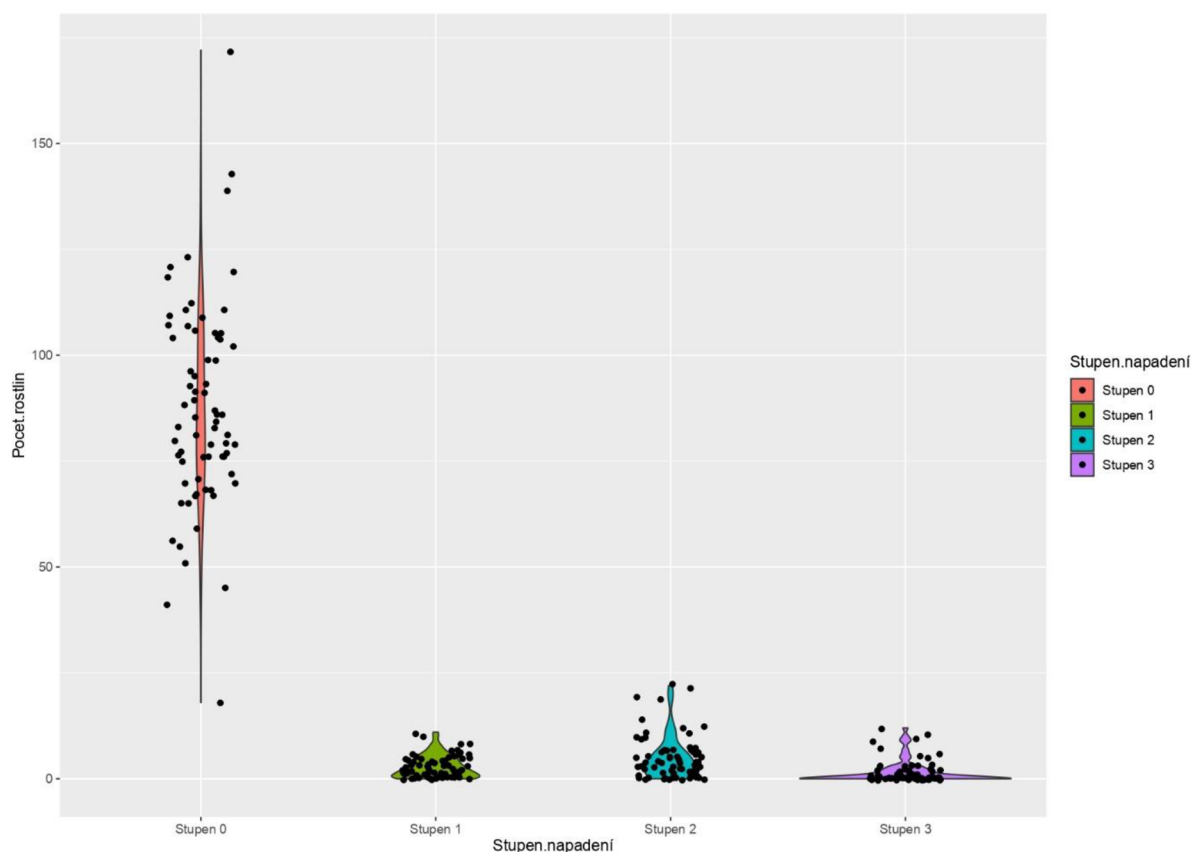
Shluková analýza klasifikovala genotypy především dle jejich zastoupení počtu rostlin ve stupni napadení 0, kdy genotypy s nejvyšším počtem rostliny v této kategorii jsou na obr. 45 zcela vlevo v zeleném rámečku, naopak genotypy nejméně odolné s nejnižším počtem rostlin zcela bez napadení jsou na obr. 45 zcela vpravo vyznačené červeným rámečkem.



Obrázek 46: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd ředkvičky. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly nejodolnější odrůdy Helios (09H7400003) z Československa, Kader (09H7400029), Karissima GS (09H7400030), Korai Piroz (09H7400031), Rotondo Rosso Quarantine (09H7400049) neznámého státu původu, všechny s indexem napadení 0. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES) měly tyto odrůdy a také Early Scarlet Globe (09H7400017), Husvati Udvozlet (09H7400028), Early Scarlet Globe Short Top (09H7400018), Marche de Geneve (09H7400032) a Prinz Rotin (09H7400117) všechny s RES=0. Nejméně odolné odrůdy byly Modra (09H7400087; DI=47,62), Slavia (09H7400007; DI=28,52) z Československa a Certus (09H7400066; DI=23,17). Tyto odrůdy měly také nejnižší RES – Modra (09H7400087; RES=2,86), Slavia (09H7400007; RES=65,56) a Certus (09H7400066; RES=74,39) (tab. 11, obr. 46).

Obr. 47 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u ředkvičky. Počet rostlin jedné odrůdy byl ve stupni napadení 0 nejvyšší a u ředkvičky se pohyboval od 18 do 172, ve stupni napadení 1 pak od 0 do 11, ve stupni 2 od 0 do 22 a ve stupni 3 pak od 0 do 12.



Obrázek 47: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u ředkvičky.

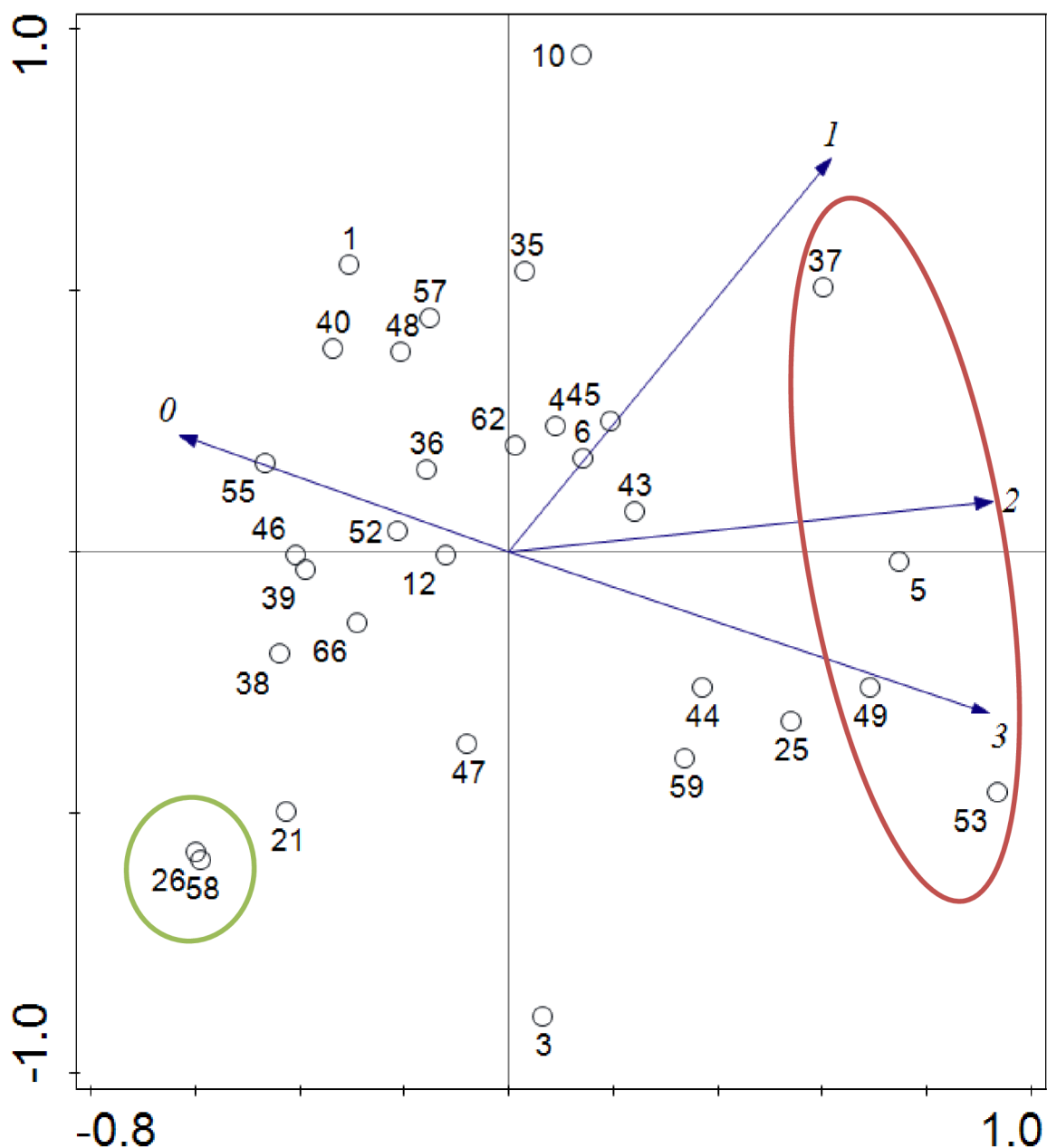
3.1.12. Ředkev

Odrůdy ředkve hodnocené ve fytotronu vykazovaly vysokou variabilitou odolnosti vůči *P. brassicae*. Celkový počet hodnocených rostlin ve třech opakováních byl od 47 do 139 (tab. 12). Hodnoty DI se pohybovaly v rozmezí od 0 do 72 a hodnoty RES od 17 do 100 (obr. 50). Podle klasifikace (Liu et al., 2018) je možné klasifikovat 2 odrůdy jako zcela odolné (DI=0), 17 odrůd jako odolné (DI 0,1-9,9), 6 odrůd jako středně náchylné (DI 10-19,9), 5 jako náchylné (DI 20-49,9) a 1 odrůda jako vysoce náchylná (DI 50-100).

Tabulka 12: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd ředkve v kontrolovaných podmínkách fytotronu.

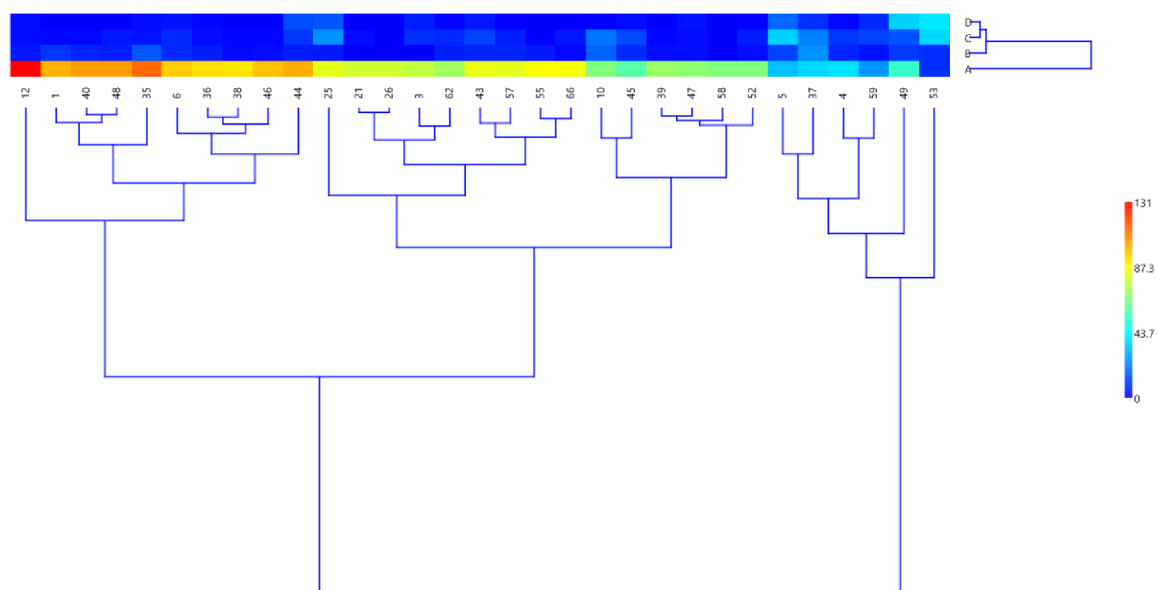
ECN	Název genotypu	Stát původu	Stupeň napadení				Celkový počet rostlin	RES	DI
			0	1	2	3			
09H7300001	Jantar	Československo	100	9	1	0	110	99,09	3,33
09H7300003	Kulata cerna	Československo	77	0	8	5	90	85,56	11,48
09H7300004	Podlouhla bílá	Československo	39	6	9	1	55	81,82	16,36
09H7300005	Czajan-tu-van-mej-hu	Neznámý	33	11	36	18	98	44,90	46,60
09H7300006	Da-gou-bzi (Belaja Sabaka)	Neznámý	96	7	7	3	113	91,15	8,85
09H7300010	Janosnapi	Neznámý	66	17	20	0	103	80,58	18,45
09H7300012	Munchener Bier	Neznámý	131	4	2	2	139	97,12	3,36

09H7300021	Weisser Peter	Neznámý	79	0	2	0	81	97,53	1,65
09H7300025	Siletta	Neznámý	83	4	25	15	127	68,50	25,98
09H7300026	Rival	Neznámý	79	0	0	0	79	100,00	0,00
09H7300035	Ohkura White	Japonsko	113	15	3	2	133	96,24	6,77
09H7300036	Shogoin Globe	Japonsko	93	5	2	1	101	97,03	3,96
09H7300037	Mino Early Long White	Japonsko	37	25	22	8	92	67,39	33,70
09H7300038	Dan-Lun-Chun	Čína	92	1	1	0	94	98,94	1,06
09H7300039	Delikates	Československo	70	2	1	0	73	98,63	1,83
09H7300040	Munchner Bier	Neznámý	104	6	1	0	111	99,10	2,40
09H7300043	Major Gaivoronec	Sovětský svaz	84	6	11	4	105	85,71	12,70
09H7300044	Cen-pchi	Jižní Korea	101	5	9	13	128	82,81	16,15
09H7300045	Censu-Bonzon	Jižní Korea	59	7	12	2	80	82,50	15,42
09H7300046	Grajvoronskaja	Sovětský svaz	98	2	1	0	101	99,01	1,32
09H7300047	Pariser	Švýcarsko	68	2	2	3	75	93,33	6,67
09H7300048	Chinese White Winter	USA	104	5	4	0	113	96,46	3,83
09H7300049	China Rose Winter	Nizozemí	53	10	14	36	113	55,75	43,07
09H7300052	Zimnaja Kruglaja Belaja	Sovětský svaz	66	2	5	0	73	93,15	5,48
09H7300053	Dachunpao	Čína	8	8	37	40	93	17,20	72,40
09H7300055	Sakurajima Mammoth White Globe	Japonsko	87	4	0	0	91	100,00	1,47
09H7300057	Miyashige long pointed rooted	Neznámý	83	6	5	0	94	94,68	5,67
09H7300058	Shogoin Round	Neznámý	66	0	0	0	66	100,00	0,00
09H7300059	White Ball	Neznámý	26	3	11	7	47	61,70	32,62
09H7300062	Sakurajimi Mammoth	Japonsko	71	5	7	1	84	90,48	8,73
09H7300066	Acord	Česko	86	1	4	0	91	95,60	3,30



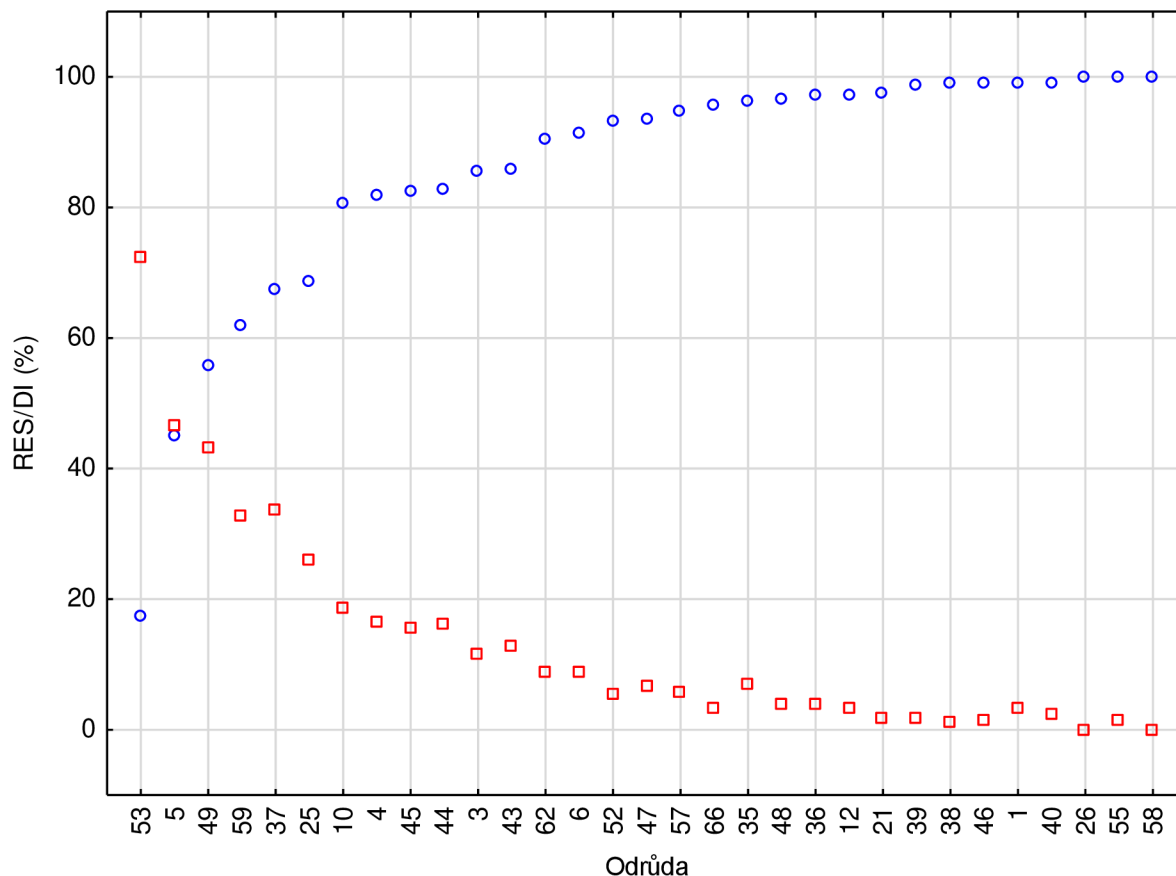
Obrázek 48: Biplot log-ratio analýzy proporčního zastoupení 4 kategorií intenzity napadení u 31 odrůd ředkvi. Nejodolnější genotypy s $DI=0$ jsou vyznačené zelenou elipsou, nejméně odolné ($DI \geq 33$) pak červenou barvou. Evidenční číslo genotypu (ECN) je pro názornost vyjádřeno posledními 1 až 2 čísly.

První dvě ordinační osy log-ratio analýzy (obr. 48) vysvětlují 88,29 % variability v datech, přičemž je z výsledku analýzy zřejmá zřetelná diferenciace rezistentních (vlevo) a vysoce citlivých genotypů (vpravo) podél první ordinační osy. Nejméně odolné odrůdy s $DI \geq 33$ a vyšším jsou na obrázku 48 vyznačené červenou elipsou, zcela odolné ($DI=0$) pak zelenou elipsou. Diferenciace genotypů podél druhé ordinační osy je spojena s rozdílnou četností výskytu kategorie napadení 1, genotypy v horní části diagramu vykazují vyšší počet rostlin v tomto stupni.



Obrázek 49: Dendrogram odrůd ředkve, zobrazující jejich podobnosti v míře odolnosti. Struktura zastoupení rostlin je znázorněna v horní části dendrogramu, zvyšující se počet jedinců zastoupených v jednotlivých stupních napadení 0-3 (označené písmeny A-D) je znázorněn zvyšujícím se zastoupením červené barvy.

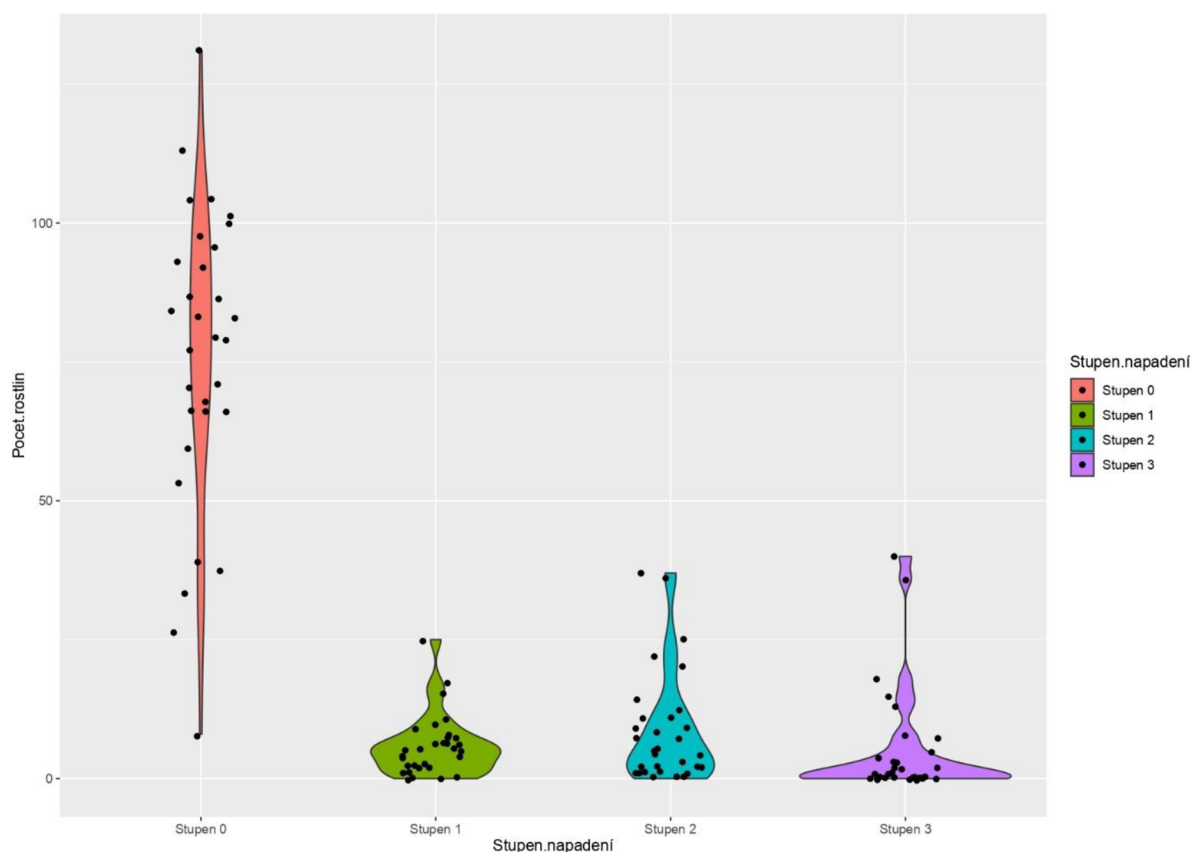
Shluková analýza klasifikovala genotypy především dle jejich zastoupení počtu rostlin ve stupni napadení 0, genotypy s nejvyšším počtem rostlin v této kategorii jsou na obr. 45 zcela vlevo (zejména genotyp s označením 12), naopak genotypy nejméně odolné s nejnižším počtem rostlin zcela bez napadení jsou na obr. 49 zcela vpravo (především genotyp s označením 53).



Obrázek 50: Procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES, modré kroužky) a index napadení (DI, červené čtverce) jednotlivých odrůd ředkve. Odrůdy jsou seřazené vzestupně dle RES.

Podle indexu napadení (DI) byly zcela odolné dvě odrůdy Shogoin Round (09H7300052) a Rival (09H7300026) s DI=0. Nejvyšší procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES=100) měly také tyto odrůdy neznámého státu původu i odrůda Sakurajima Mammoth White Globe (09H7300055) z Japonska. Naopak nejméně odolné odrůdy byly Dachunpao z Číny (09H7300053, DI=72,40), Czajan-tu-van-mej-hu neznámého státu původu (09H7300005, DI=46,60) a China Rose Winter (09H7300032, DI=43,07) z Nizozemí. Nejnižší RES měly také tyto odrůdy: Dachunpao (09H7300053, RES=17,20), Czajan-tu-van-mej-hu (09H7300005, RES=44,90) a China Rose Winter (09H7300032, RES=55,75) (tab. 12, obr. 50).

Obr. 51 znázorňuje strukturu zastoupení počtu rostlin jednotlivých odrůd u ředkve. Počet rostlin jedné odrůdy ve stupni napadení 0 se u ředkve pohyboval od 8 do 131, ve stupni napadení 1 pak od 0 do 25, ve stupni 2 od 0 do 37 a ve stupni 3 byl počet zastoupených rostlin nejvyšší a pohyboval se od 0 do 40.



Obrázek 51: Houslový graf vyjadřující počty rostlin jednotlivých odrůd ve stupních napadení u ředkve.

3.2. Výsledky hodnocení odolnosti plodin pěstovaných v polních podmínkách

3.2.1. Květák

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo hodnoceno celkem 27 genotypů květáku. Jedná se o 26 odrůd a jednu šlechtitelskou linii (St 110/71, ECN 09H2300208) převážně Československého, resp. Českého nebo neznámého státu původu (tab. 13).

Tabulka 13: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů květáku v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2300001	Bora	Československo	34	4,2	5	0,15	0,12	0,03	24,29
09H2300002	Bolero	Československo	30	4	1	0,05	0,13	0,05	37,50
09H2300003	Expres	Československo	35	5,3	2	0,05	0,15	0,03	16,51
09H2300004	Brilant	Československo	28	5,95	3	0,1	0,21	0,03	15,69
09H2300006	Regent	Československo	28	3,6	1	0,05	0,13	0,05	38,89

09H2300008	Arktur	Česko	23	5,15	1	0,05	0,22	0,05	22,33
09H2300019	Agora	Česko	32	3,7	1	0,05	0,12	0,05	43,24
09H2300187	Sesam	Neznámý	28	4,9	3	0,05	0,18	0,02	9,52
09H2300208	St 110/71	Neznámý	28	6,6	2	0,1	0,24	0,05	21,21
09H2300209	Aristo	Neznámý	30	6,15	12	0,55	0,21	0,05	22,36
09H2300210	White Goal	Neznámý	36	4,95	4	0,15	0,14	0,04	27,27
09H2300214	Alert	Neznámý	26	5,4	7	0,25	0,21	0,04	17,20
09H2300216	Revito	Neznámý	20	2,85	5	0,1	0,14	0,02	14,04
09H2300219	OE 3087	Neznámý	27	6	4	0,15	0,22	0,04	16,88
09H2300220	OE 3226	Neznámý	17	1,95	8	0,15	0,11	0,02	16,35
09H2300221	OE 3086	Neznámý	21	2,7	13	0,3	0,13	0,02	17,95
09H2300222	Newton Seale	Neznámý	20	8,35	3	0,55	0,42	0,18	43,91
09H2300229	Brio	Neznámý	25	4,2	8	0,4	0,17	0,05	29,76
09H2300231	Brigo	Neznámý	16	9,6	14	1,1	0,60	0,08	13,10
09H2300237	Movir 74	Neznámý	22	4,4	17	0,8	0,20	0,05	23,53
09H2300238	Otecestvennaja	Neznámý	13	2,3	1	0,05	0,18	0,05	28,26
09H2300239	Garantija	Neznámý	18	5,05	7	0,7	0,28	0,10	35,64
09H2300240	Rannjaja Gribovskaja	Neznámý	29	6,55	9	0,35	0,23	0,04	17,22
09H2300243	Pindus	Neznámý	19	4,85	1	0,1	0,26	0,10	39,18
09H2300244	Paloma	Neznámý	12	3,7	3	0,05	0,31	0,02	5,41
09H2300251	Moskovskaja Konservnjaja	Neznámý	32	4,2	6	0,15	0,13	0,03	19,05
09H2300259	AVX 5007	Neznámý	22	3,65	10	0,15	0,17	0,02	9,04

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zjištěn u odrůdy Newton Seale (09H2300222) s průměrnou hmotností 0,18 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Pindus (09H2300243; 0,10 kg/KR) a Garantija (09H2300239; 0,10 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl zaznamenán u odrůdy Brigo (09H2300231; 0,60 kg/KR), dále pak u odrůdy Newton Seale (09H2300222; 0,42 kg/KR) a Paloma (09H2300244; 0,31 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt), který udává hodnotu poměru hmotnosti z infekčního pozemku ke kontrolnímu násobenou stem, byl zjištěn u odrůd Newton Seale (09H2300222; Kt=43,91), Agora (09H2300019; Kt=43,24) a Pindus (09H2300243; Kt=39,18).

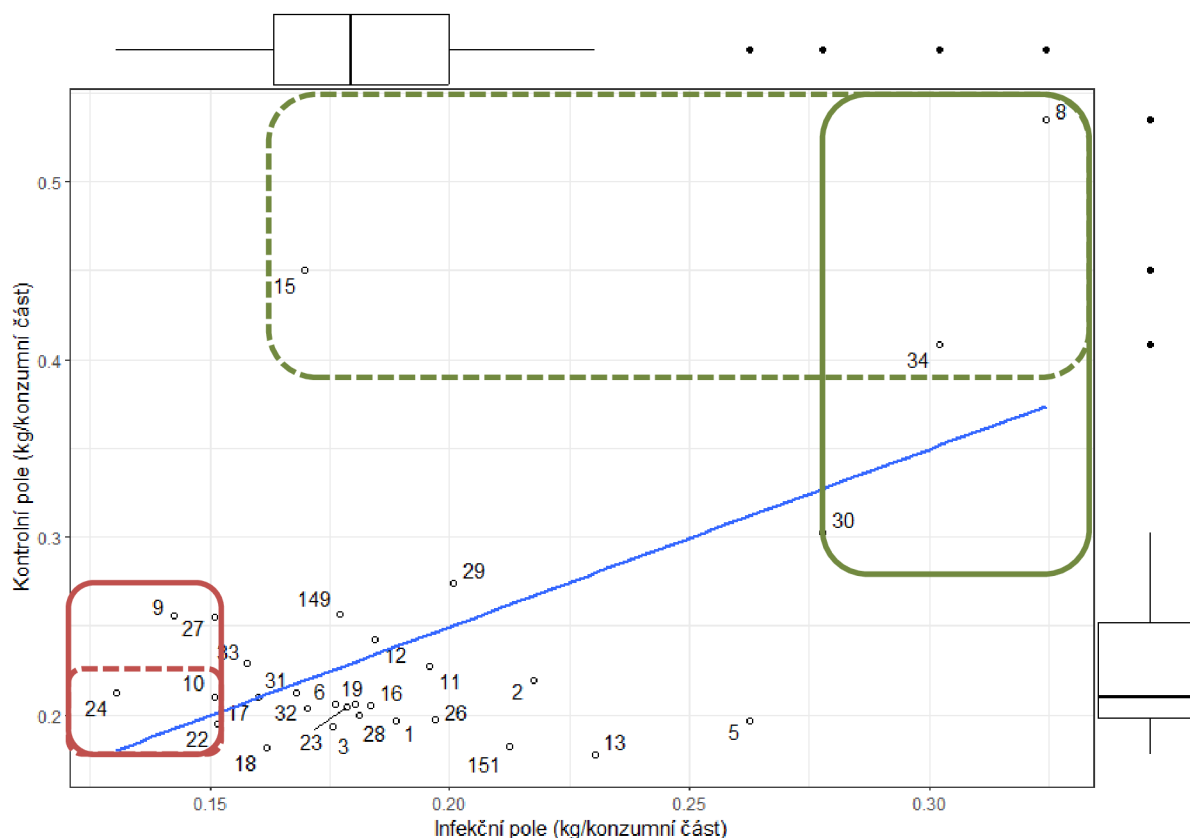
Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Paloma (09H2300244; 0,2 kg/KR), AVX 5007 (09H2300259; 0,2 kg/KR) a Sesam (09H2300187; 0,2 kg/KR), z kontrolního pozemku pak OE 3226 (09H2300220; 0,11 kg/KR), Agora (09H2300019; 0,12 kg/KR), Bora (09H2300001; 0,12 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Paloma (09H2300244; Kt=5,41), AVX 5007 (09H2300259; Kt=9,04) a Sesam (09H2300187; Kt=9,52) (tab. 13, obr. 52).

09H2200005	Moravia	Československo	28	5,5	24	6,3	0,20	0,26	133,64
09H2200006	Olmia	Československo	61	12,55	61	10,75	0,21	0,18	85,66
09H2200008	Gigant	Československo	62	33,15	51	16,55	0,53	0,32	60,69
09H2200009	Kozmanova modra	Československo	59	15,1	46	6,55	0,26	0,14	55,64
09H2200010	Violeta	Československo	58	12,2	52	7,85	0,21	0,15	71,77
09H2200011	Delikates Blauer	Německo	64	14,55	61	11,95	0,23	0,20	86,17
09H2200012	Speck Blauer Spat	Německo	58	14,05	45	8,3	0,24	0,18	76,14
09H2200013	Blusta	Německo	73	12,95	48	11,05	0,18	0,23	129,77
09H2200015	Szentesi Tartos Kek	Maďarsko	26	11,7	43	7,3	0,45	0,17	37,73
09H2200016	Nichtschiessender	Německo	66	13,55	58	10,65	0,21	0,18	89,44
09H2200017	Szentesi Nyari Feher	Maďarsko	65	13,65	60	9,6	0,21	0,16	76,19
09H2200018	Szentesi Oszi Feher	Maďarsko	63	11,45	47	7,6	0,18	0,16	88,97
09H2200019	Karlek	Dánsko	72	14,85	51	9,2	0,21	0,18	87,46
09H2200022	Dvorana	Česko	71	13,85	62	9,4	0,20	0,15	77,72
09H2200023	Luna	Česko	63	12,9	56	10	0,20	0,18	87,21
09H2200024	Praga	Česko	77	16,35	36	4,7	0,21	0,13	61,48
09H2200026	Speck	Německo	62	12,25	32	6,3	0,20	0,20	99,64
09H2200027	Domino	Německo	65	16,6	58	8,75	0,26	0,15	59,07
09H2200028	Azur Star	Německo	79	15,8	45	8,15	0,20	0,18	90,56
09H2200029	Goliath Purple	Dánsko	54	14,8	55	11,05	0,27	0,20	73,30
09H2200030	Sinij Goliath	Sovětský svaz	23	6,95	18	5	0,30	0,28	91,93
09H2200031	Matouskova modra	Československo	65	13,8	58	9,75	0,21	0,17	79,18
09H2200032	Prazska bila rana	Československo	64	13,05	59	10,05	0,20	0,17	83,54
09H2200033	Stupicka polni rana	Československo	88	20,15	45	7,1	0,23	0,16	68,91
09H2200034	Adriana	Německo	34	13,9	23	6,95	0,41	0,30	73,91
09H2200149	Delikatess Weisser	Německo	60	15,4	61	10,8	0,26	0,18	68,98
09H2200151	Indigo	Česko	31	5,65	4	0,85	0,18	0,21	116,59

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Gigant (09H2200008) s průměrnou hmotností 0,33 kg/konzumní část rostliny (KR), dále Adriana (09H2200034; 0,30 kg/KR) a Sinij Goliath (09H2200030; 0,28 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Gigant (09H2200008; 0,54 kg/KR), dále u odrůdy Szentesi Tartos Kek (09H2200015; 0,45 kg/KR) a Adriana (09H2300244; 0,41 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Speck (09H2200026; Kt=99,64), Blankyt (09H2200002; Kt=98,87) a Azur (09H2200001; Kt=95,96).

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Praga (09H2200024; 0,13 kg/KR), Kozmanova modra (09H2200009; 0,14 kg/KR) a Domino (09H2200027; 0,15 kg/KR), z kontrolního pozemku pak Szentesi Oszi Feher (09H2200018; 0,18 kg/KR),

Libochovická bílá rana (09H2200003; 0,19 kg/KR), Dvorana (09H2200022; 0,20 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Szentesi Tartos Kek (09H2200015; Kt=37,73) původem z Maďarska, Kozmanova modra (09H2200009; Kt=55,64) z bývalého Československa a Domino (09H2200027; Kt=59,07) z Německa (tab. 14, obr. 53).



Obrázek 53: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů kedluben sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku. Červeným rámečkem jsou vyznačené nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm pak medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.3. Hlávkové zelí

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 50 genotypů hlávkového zelí, původem z Bulharska, Česka, resp. Československa, Číny, Dánska, Francie, Jugoslávie, Německa, Slovenska, Sovětského svazu a USA. Průměrný výnos z konzumní části rostlin z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,07 do 0,68 kg, z kontrolního pole od 0,45 do 1,57 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 8,39 do 57,53 (tab. 15).

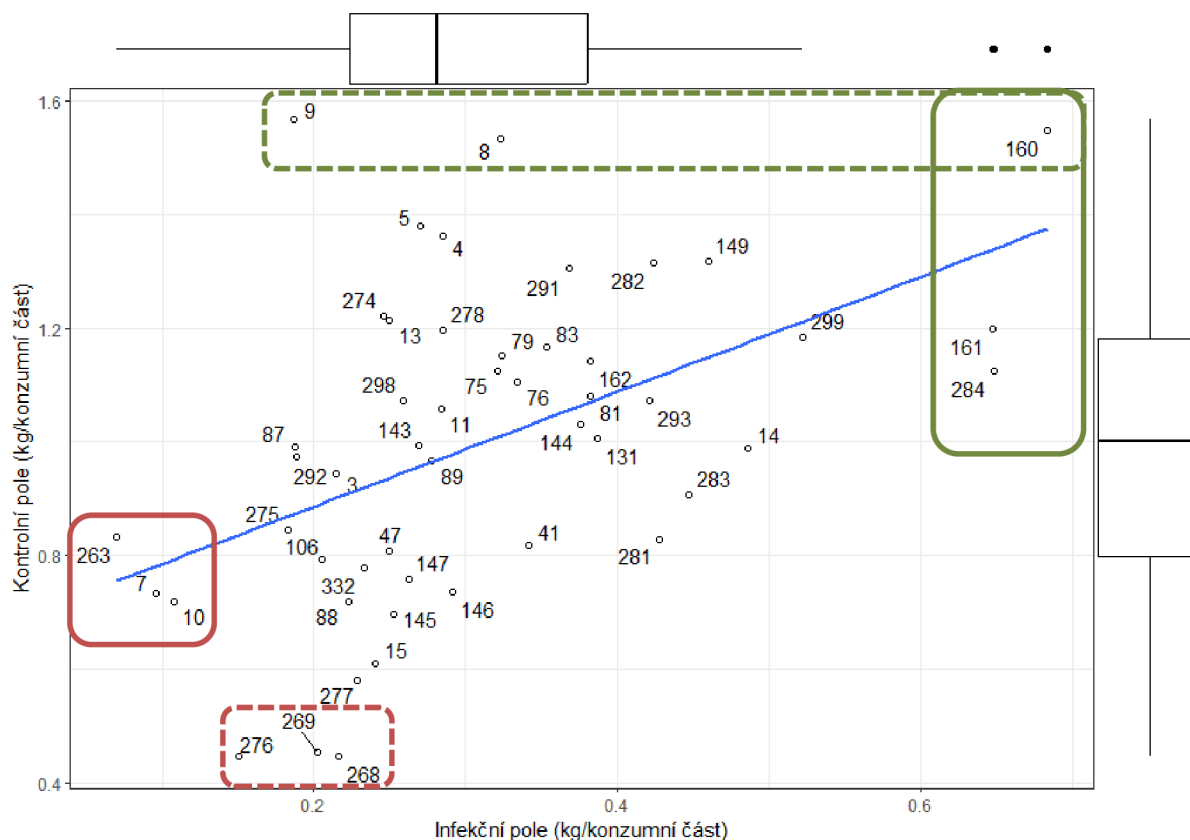
Tabulka 15: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných odrůd hlávkového zelí v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koefficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H1800003	Zora	Československo	87	82,15	61	13,1	0,94	0,21	22,74
09H1800004	Inter	Československo	34	46,3	26	7,41	1,36	0,29	20,93
09H1800005	Kodanske trzni rane	Československo	29	40	23	6,2	1,38	0,27	19,54
09H1800007	Mars	Československo	38	27,9	26	2,5	0,73	0,10	13,10
09H1800008	Dobrovodske polopozdni	Československo	34	52,1	22	7,1	1,53	0,32	21,06
09H1800009	Dobrovodske pozdni	Československo	87	136,3	46	8,6	1,57	0,19	11,93
09H1800010	Pourovo cervene	Československo	41	29,45	20	2,15	0,72	0,11	14,97
09H1800011	Holt	Československo	89	94,1	67	19	1,06	0,28	26,82
09H1800013	Polar	Československo	96	116,6	58	14,5	1,21	0,25	20,58
09H1800014	Krimicke	Československo	82	81,15	51	24,8	0,99	0,49	49,14
09H1800015	Vysocke	Československo	32	19,55	31	7,45	0,61	0,24	39,34
09H1800041	Darkri	Neznámý	43	35,2	39	13,3	0,82	0,34	41,66
09H1800047	Mastodon SG 624	Neznámý	28	22,65	14	3,5	0,81	0,25	30,91
09H1800075	Kubyshka Mestnaja	Sovětský svaz	44	49,5	19	6,1	1,13	0,32	28,54
09H1800076	Kaporka	Dánsko	49	54,15	32	10,7	1,11	0,33	30,26
09H1800079	Moskovskaja Pozdnjaja 9	Sovětský svaz	32	36,9	31	10,05	1,15	0,32	28,11
09H1800081	Moskovskaja Pozdnjaja 15	Sovětský svaz	41	44,25	36	13,75	1,08	0,38	35,39
09H1800083	Krimicke	Československo	34	39,7	29	10,25	1,17	0,35	30,27
09H1800087	SM-10	Československo	48	47,6	16	3	0,99	0,19	18,91
09H1800088	Viola	Neznámý	32	23	20	4,45	0,72	0,22	30,96
09H1800089	Landrace (CHN 1)	Čína	42	40,55	36	10	0,97	0,28	28,77
09H1800106	Marner Fruhseptember	Německo	30	23,8	19	3,9	0,79	0,21	25,87
09H1800131	Coeur De Boeuf Gros	Francie	42	42,25	38	14,7	1,01	0,39	38,46
09H1800143	Landrace (Lutise)	Slovensko	83	82,5	49	13,2	0,99	0,27	27,10
09H1800144	Landrace (Zazriva 367)	Slovensko	37	38,1	27	10,15	1,03	0,38	36,51
09H1800145	Landrace (Zazriva)	Slovensko	34	23,65	23	5,8	0,70	0,25	36,25
09H1800146	Landrace (Zakammene)	Slovensko	29	21,35	24	7	0,74	0,29	39,62
09H1800147	Landrace (Breza)	Slovensko	40	30,3	20	5,25	0,76	0,26	34,65
09H1800149	Landrace (Velicna)	Slovensko	38	50,05	31	14,25	1,32	0,46	34,90
09H1800160	Badger Shipper	USA	54	83,55	56	38,25	1,55	0,68	44,15
09H1800161	Bind Sachsener	Německo	58	69,6	54	34,95	1,20	0,65	53,94
09H1800162	Amager	Dánsko	51	58,25	28	10,7	1,14	0,38	33,46

09H1800263	Pluto	Československo	31	25,85	25	1,75	0,83	0,07	8,39
09H1800268	Kalibos	Česko	39	17,4	34	7,35	0,45	0,22	48,45
09H1800269	Rufus	Česko	41	18,65	22	4,45	0,45	0,20	44,47
09H1800274	Klokotske	Československo	43	52,5	24	5,9	1,22	0,25	20,13
09H1800275	Trvanlive D	Československo	25	21,15	20	3,65	0,85	0,18	21,57
09H1800276	Taborske	Československo	26	11,6	23	3,45	0,45	0,15	33,62
09H1800277	Turnovske	Československo	80	46,35	65	14,85	0,58	0,23	39,43
09H1800278	Lykuriska	Bulharsko	51	61	23	6,55	1,20	0,28	23,81
09H1800281	Varazdensa	Sovětský svaz	50	41,45	43	18,4	0,83	0,43	51,62
09H1800282	Zimnaja Gribovskaja	Sovětský svaz	50	65,75	21	8,9	1,32	0,42	32,23
09H1800283	Boehmerwaldkohl - Sumavske	Československo	69	62,65	53	23,7	0,91	0,45	49,25
09H1800284	Varazdinsko	Jugoslávie	58	65,3	44	28,5	1,13	0,65	57,53
09H1800291	Beloruskaja	Sovětský svaz	59	76,95	22	8,1	1,30	0,37	28,23
09H1800292	Posopskaja Mestnaja	Sovětský svaz	44	42,8	13	2,45	0,97	0,19	19,37
09H1800293	OR-100	Neznámý	56	60,05	42	17,7	1,07	0,42	39,30
09H1800298	Jersey Queen	USA	48	51,5	28	7,25	1,07	0,26	24,13
09H1800299	Wiam	Dánsko	44	52,15	29	15,15	1,19	0,52	44,08
09H1800332	Dita	Česko	33	25,65	21	4,9	0,78	0,23	30,02

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Badger Shipper (09H1800160) s průměrnou hmotností 0,68 kg/konzumní část rostliny (KR), dále Varazdinsko (09H1800284; 0,65 kg/KR) a Bind Sachsener (09H1800161; 0,65 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Dobrovodske pozdni (09H1800009; 1,57 kg/KR), dále u odrůdy Badger Shipper (09H1800160; 1,55 kg/KR) a Dobrovodske polopozdni (09H1800008; 1,53 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Varazdinsko (09H1800284; Kt=57,53) původem z bývalé Jugoslávie, Bind Sachsener (09H1800161; Kt=53,94) z Německa a Varazdensa (09H1800281; Kt=51,62) z bývalého Sovětského svazu.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Pluto (09H1800263; 0,07 kg/KR), Mars (09H1800007; 0,10 kg/KR) a Pourovo cervene (09H1800010; 0,11 kg/KR), z kontrolního pozemku pak Taborske (09H1800276; 0,45 kg/KR), Kalibos (09H1800268; 0,45 kg/KR) a Rufus (09H1800269; 0,45 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Pluto (09H1800263; Kt=8,39), Dobrovodske pozdni (09H1800009; Kt=11,93) a Mars (09H1800007; Kt=13,10), všechny původem z bývalého Československa (tab. 15, obr. 54).



Obrázek 54: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů hlávkového zelí sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku. Červeným rámečkem jsou vyznačené nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm pak medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

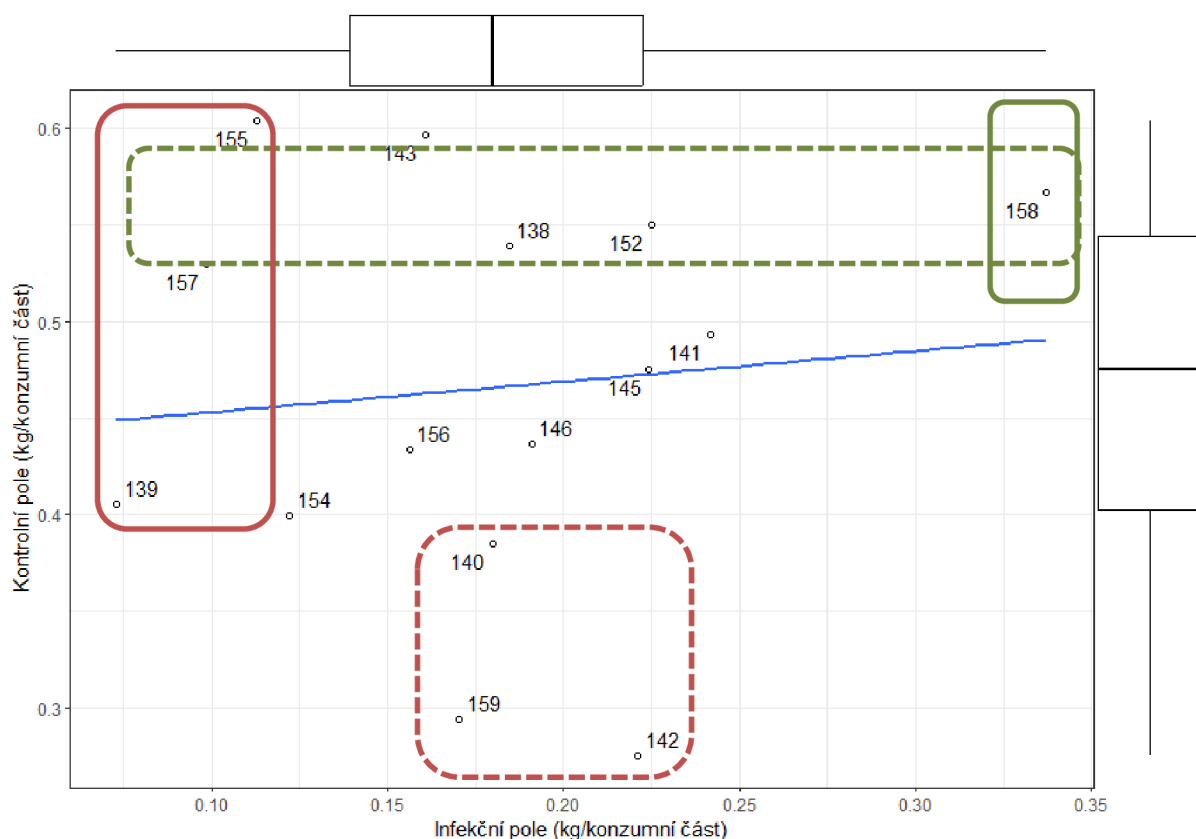
3.2.4. Kapusta kadeřavá

Na zamořeném pokusném pozemku a také na kontrolním poli bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 15 genotypů kadeřavé kapusty, původem z Česka, resp. Československa, Německa, Nizozemí, Itálie a Velké Británie (tab. 16). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,07 do 0,34 kg, z kontrolního pole od 0,28 do 0,60 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance pak od 18,04 do 80,40.

Tabulka 16: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů kadeřavé kapusty v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H1900138	Vitessa	Německo	60	32,35	65	12	0,54	0,18	34,24
09H1900139	Kaderavek Zeleny	Československo	73	29,6	54	3,95	0,41	0,07	18,04
09H1900140	Kaderavek Modry	Československo	69	26,55	52	9,35	0,38	0,18	46,73
09H1900141	Pentland Brig	Velká Británie	60	29,6	60	14,5	0,49	0,24	48,99

09H1900142	Lerchenzungen	Německo	84	23,1	45	9,95	0,28	0,22	80,40
09H1900143	Vates	Neznámý	60	35,8	33	5,3	0,60	0,16	26,92
09H1900145	Lerchen Zungen	Neznámý	68	32,3	41	9,2	0,48	0,22	47,24
09H1900146	Westlander	Neznámý	61	26,65	55	10,5	0,44	0,19	43,70
09H1900152	Verheul	Neznámý	64	35,2	58	13,05	0,55	0,23	40,91
09H1900154	Kadet	Česko	66	26,35	52	6,35	0,40	0,12	30,59
09H1900155	Kapral	Česko	67	40,45	39	4,4	0,60	0,11	18,69
09H1900156	Scarlet	Česko	59	25,6	40	6,25	0,43	0,16	36,01
09H1900157	Nero di Toscana	Itálie	65	34,45	39	3,85	0,53	0,10	18,63
09H1900158	Frosty	Nizozemí	64	36,3	55	18,55	0,57	0,34	59,46
09H1900159	Rossignol	Česko	53	15,6	44	7,5	0,29	0,17	57,91



Obrázek 55: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů kadeřavé kapusty sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku. Červeným rámečkem jsou vyznačené nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Frosty (09H1900158) s průměrnou hmotností 0,34 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Pentland Brig (09H1900141; 0,24 kg/KR) a Verheul (09H1900152; 0,23 kg/KR). Nejvyšší výnos na

kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Kapral (09H1900155; 0,60 kg/KR), dále pak u odrůdy Vates (09H1900143; 0,60 kg/KR) a Frosty (09H1900158; 0,57 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Lerchenzungen (09H1900142; Kt=80,40) původem z Německa, Frosty (09H2200002; Kt=59,46) z Nizozemí a Rossignol (09H2200001; Kt=57,91) z Česka.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Kaderavek Zeleny (09H1900139; 0,07 kg/KR), Nero di Toscana (09H1900157; 0,10 kg/KR) a Kapral (09H1900155; 0,11 kg/KR), z kontrolního pozemku pak Lerchenzungen (09H1900142; 0,28 kg/KR), Rossignol (09H2200001; 0,29 kg/KR), Kaderavek Modry (09H1900140; 0,38 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Kaderavek Zeleny (09H1900139; Kt=18,04) původem z bývalého Československa, Nero di Toscana (09H1900157; Kt=18,63) z Itálie a Kapral (09H1900155; Kt=18,69) z Česka (tab. 16, obr. 55).

3.2.5. Kapusta růžičková

Na zamořeném pokusném pozemku a na kontrolním poli bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 6 genotypů růžičkové kapusty, původem z Česka, resp. Československa a Německa (tab. 17). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,02 do 0,12 kg, z kontrolního pole od 0,11 do 1,12 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 10,74 do 52,12.

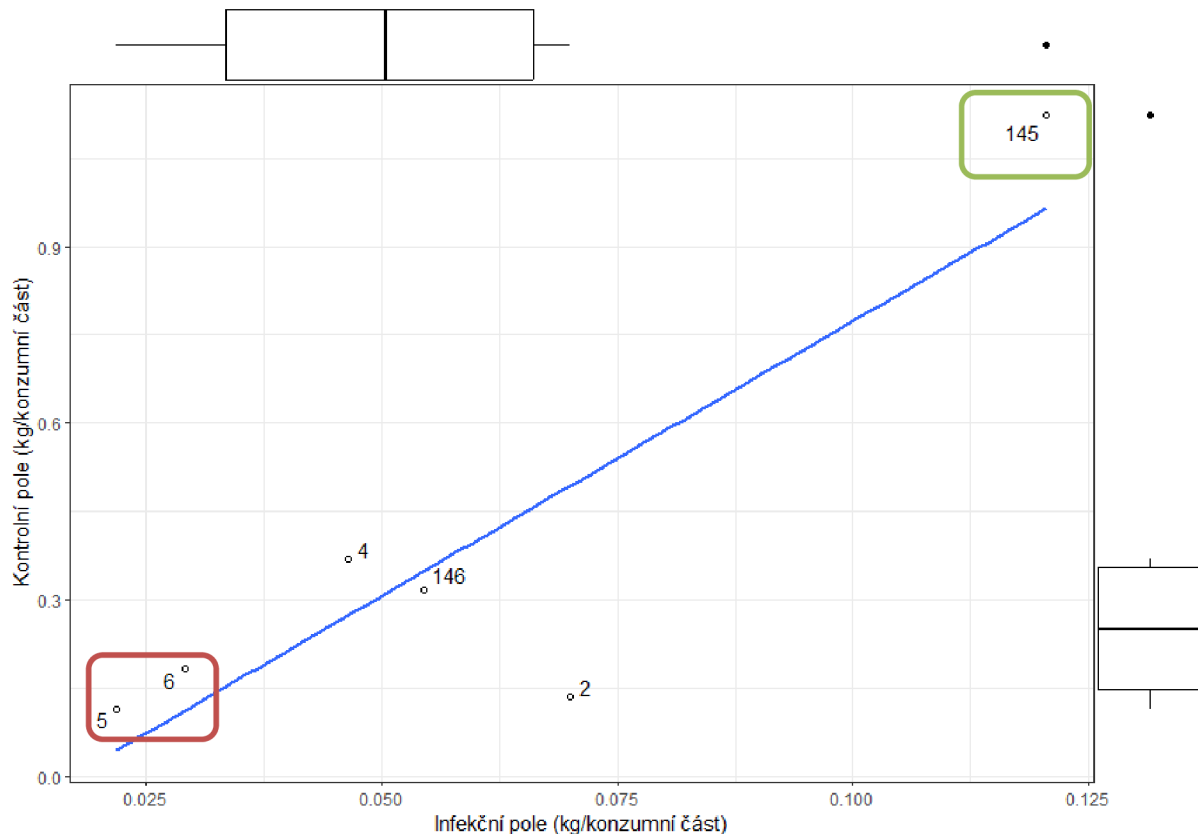
Tabulka 17: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů růžičkové kapusty v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2100002	Zavitka	Československo	51	6,85	10	0,7	0,13	0,07	52,12
09H2100004	Rozeta	Česko	45	16,6	28	1,3	0,37	0,05	12,59
09H2100005	Spirala	Česko	77	8,7	16	0,35	0,11	0,02	19,36
09H2100006	Casiopea	Česko	80	14,55	24	0,7	0,18	0,03	16,04
09H2100145	Merkator	Německo	40	44,9	17	2,05	1,12	0,12	10,74
09H2100146	Rosmarie	Německo	39	12,3	22	1,2	0,32	0,05	17,29

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Merkator (09H2100145) s průměrnou hmotností 0,12 kg/konzumní část rostliny (KR), dále Zavitka (09H2100002; 0,07 kg/KR) a Rosmarie (09H2100146; 0,05 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl zaznamenán u odrůdy Merkator (09H2100145; 1,12 kg/KR), dále u odrůdy Rozeta (09H2100004; 0,37 kg/KR) a Rosmarie (09H2100146; 0,32 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Zavitka (09H2100002; Kt=52,12), Spirala (09H2100005; Kt=19,36) a Rosmarie (09H2100146; Kt=17,29).

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Spirala (09H2100005; 0,02 kg/KR), Casiopea (09H2100006; 0,03 kg/KR) a Rozeta (09H2100004; 0,05

kg/KR), z kontrolního pozemku pak Spirala (09H2100005; 0,11 kg/KR), Zavitka (09H2100002; 0,13 kg/KR), Casiopea (09H2100006; 0,18 kg/KR). Nejnížší koeficient tolerance měly odrůdy Merkator (09H2100145; $K_t=10,74$) původem z Německa, Rozeta (09H2100004; $K_t=12,59$) z bývalého Československa a Casiopea (09H2100006; $K_t=16,04$) z Německa (tab. 17, obr. 56).



Obrázek 56: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů růžičkové kapusty sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotyp je vyznačený zeleným rámečkem, červeným rámečkem jsou vyznačeny nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm pak medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.6. Kapusta hlávková

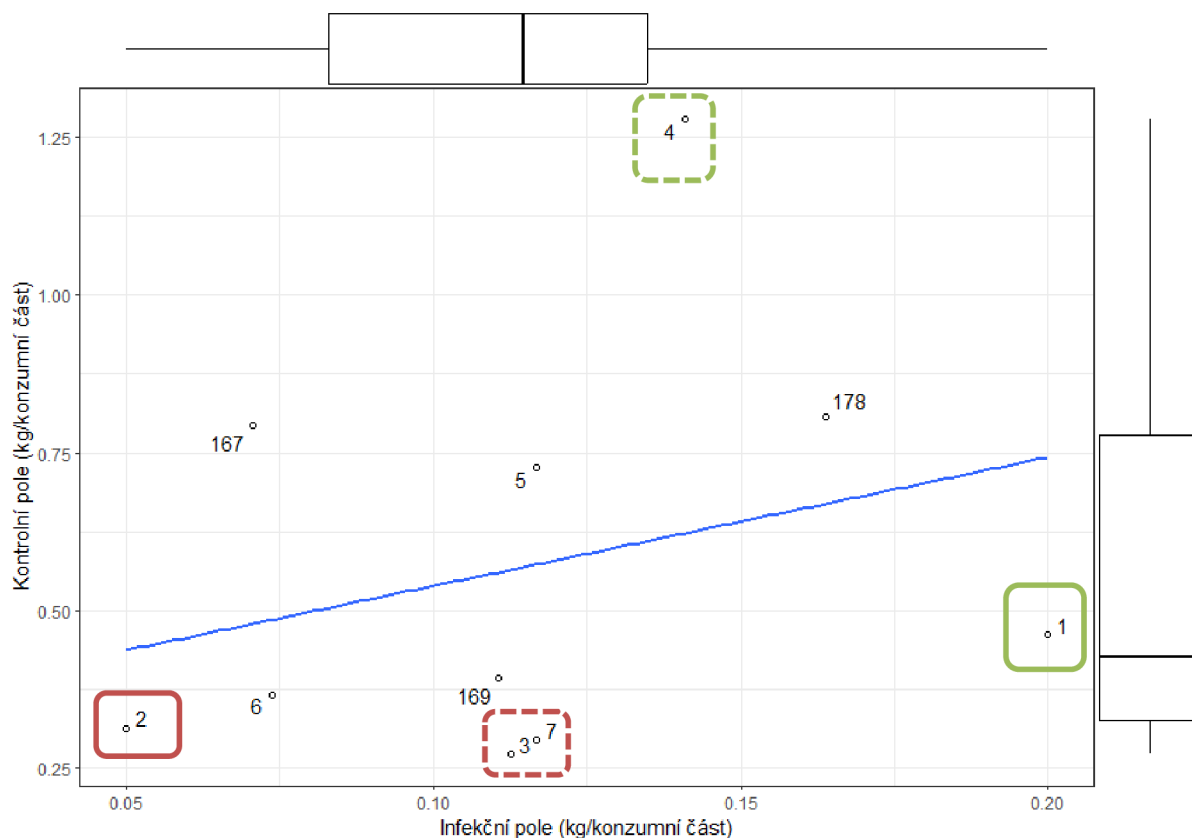
V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 10 genotypů hlávkové kapusty, původem z Československa, Německa, Nizozemí a Francie (tab. 18). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,05 do 0,20 kg, z kontrolního pole od 0,27 do 1,28 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 8,87 do 43,32.

Tabulka 18: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů hlávkové kapusty v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2000001	Predzvest	Československo	30	13,85	3	0,6	0,46	0,20	43,32
09H2000002	Raketa	Československo	24	7,5	2	0,1	0,31	0,05	16,00
09H2000003	Rana zluta	Československo	34	9,25	4	0,45	0,27	0,11	41,35
09H2000004	Langendijska	Československo	44	56,25	22	3,1	1,28	0,14	11,02
09H2000005	Vertus	Československo	61	44,3	30	3,5	0,73	0,12	16,06
09H2000006	Arkta	Československo	38	13,95	19	1,4	0,37	0,07	20,07
09H2000007	Algro	Nizozemí	34	10	21	2,45	0,29	0,12	39,67
09H2000167	Marner Grunkopf	Německo	50	39,7	22	1,55	0,79	0,07	8,87
09H2000169	Fitis	Německo	33	12,95	19	2,1	0,39	0,11	28,17
09H2000178	Pointy Perce Neige	Francie	47	37,95	19	3,11	0,81	0,16	20,27

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Predzvest (09H2000001) s průměrnou hmotností 0,20 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Pointy Perce Neige (09H2000178; 0,16 kg/KR) a Langendijska (09H2000004; 0,14 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Langendijska (09H2000004; 1,28 kg/KR), dále pak u odrůdy Pointy Perce Neige (09H2000178; 0,81 kg/KR) a Marner Grunkopf (09H2000167; 0,79 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Predzvest (09H2000001; Kt=43,32), Rana zluta (09H2000003; Kt=41,35) obě původem z bývalého Československa a Algro (09H2000007; Kt=39,67) z Nizozemí.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Raketa (09H2000002; 0,05 kg/KR), Marner Grunkopf (09H2000167; 0,07 kg/KR) a Arkta (09H2000006; 0,07 kg/KR), z kontrolního pozemku pak Rana zluta (09H2000003; 0,27 kg/KR), Algro (09H2000007; 0,29 kg/KR), Raketa (09H2000002; 0,31 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Marner Grunkopf (09H2000167; Kt=8,87) původem z Německa, Langendijska (09H2000004; Kt=11,02) a Raketa (09H2000002; Kt=16,00) z bývalého Československa (tab. 18, obr. 57).



Obrázek 57: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů kedluben sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku. Červeným rámečkem jsou vyznačené nejméně výnosné genotypy. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.7. Brokolice

V polních podmínkách uměle inokulovaného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících rocích hodnoceno celkem 6 genotypů brokolice, původem z Československa, resp. Česka a Německa (tab. 19). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,02 do 0,13 kg, z kontrolního pole od 0,31 do 0,77 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 6,64 do 23,30.

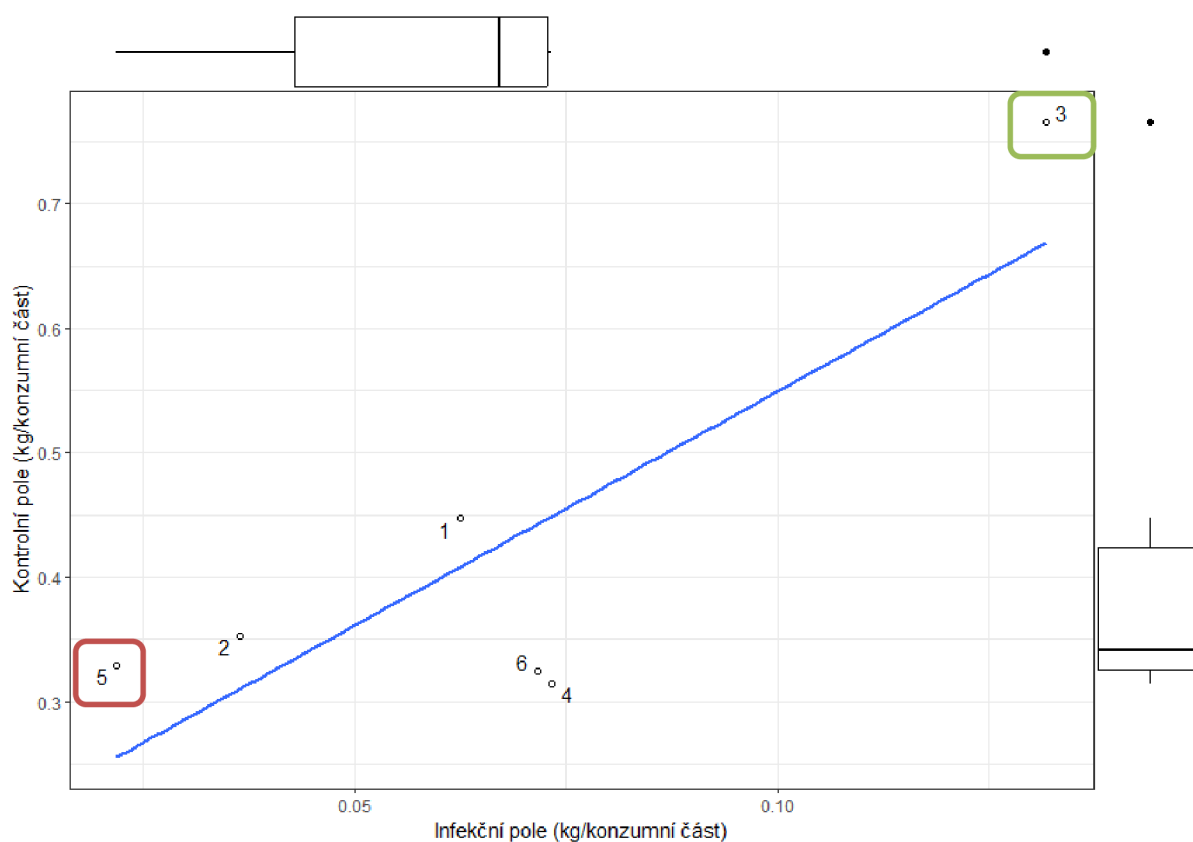
Tabulka 19: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů brokolice v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2400001	Zavítka	Československo	75	33,55	40	2,5	0,45	0,06	13,97
09H2400002	Rozeta	Česko	62	21,9	33	1,2	0,35	0,04	10,29
09H2400003	Spirála	Česko	78	59,7	44	5,8	0,77	0,13	17,22
09H2400004	Casiopea	Česko	45	14,15	43	3,15	0,31	0,07	23,30

09H2400005	Merkator	Německo	83	27,35	32	0,7	0,33	0,02	6,64
09H2400006	Rosmarie	Německo	76	24,65	30	2,15	0,32	0,07	22,10

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Spirala (09H2400003) s průměrnou hmotností 0,13 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Casiopea (09H2400004; 0,07 kg/KR) a Rosmarie (09H2400006; 0,07 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Spirala (09H2400003; 0,77 kg/KR), dále pak u odrůdy Zavitka (09H2400001; 0,45 kg/KR) a Rozeta (09H2400002; 0,35 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Casiopea (09H2400004; Kt=23,30) z Česka, Rosmarie (09H2400006; Kt=22,10) z Německa a Spirala (09H2400003; Kt=17,22) také z Česka.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Merkator (09H2400005; 0,02 kg/KR), Rozeta (09H2400002; 0,04 kg/KR) a Zavitka (09H2400001; 0,06 kg/KR), z kontrolního pozemku Casiopea (09H2400004; 0,31 kg/KR), Rosmarie (09H2400006; 0,32 kg/KR), Merkator (09H2400005; 0,33 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Merkator (09H2400005; Kt=6,64) původem z Německa, Rozeta (09H2400002; Kt=10,29) z Česka a Zavitka (09H2400001; Kt=13,97) z bývalého Československa (tab. 19, obr. 58).



Obrázek 58: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů brokolice sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější

genotyp je vyznačený zeleným rámečkem, červeným rámečkem nejméně výnosný. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.8. Vodnice

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole byl ve třech po sobě následujících letech hodnocen 1 genotyp vodnice, původem z Československa (tab. 20). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd byl 0,36 kg a z kontrolního pole 1,40 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl 25,41.

Tabulka 20: Výsledky hodnocení odolnosti odůdy vodnice Albina v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2600001	Albina	Československo	33	46,15	28	9,95	1,40	0,36	25,41

3.2.9. Tuřín

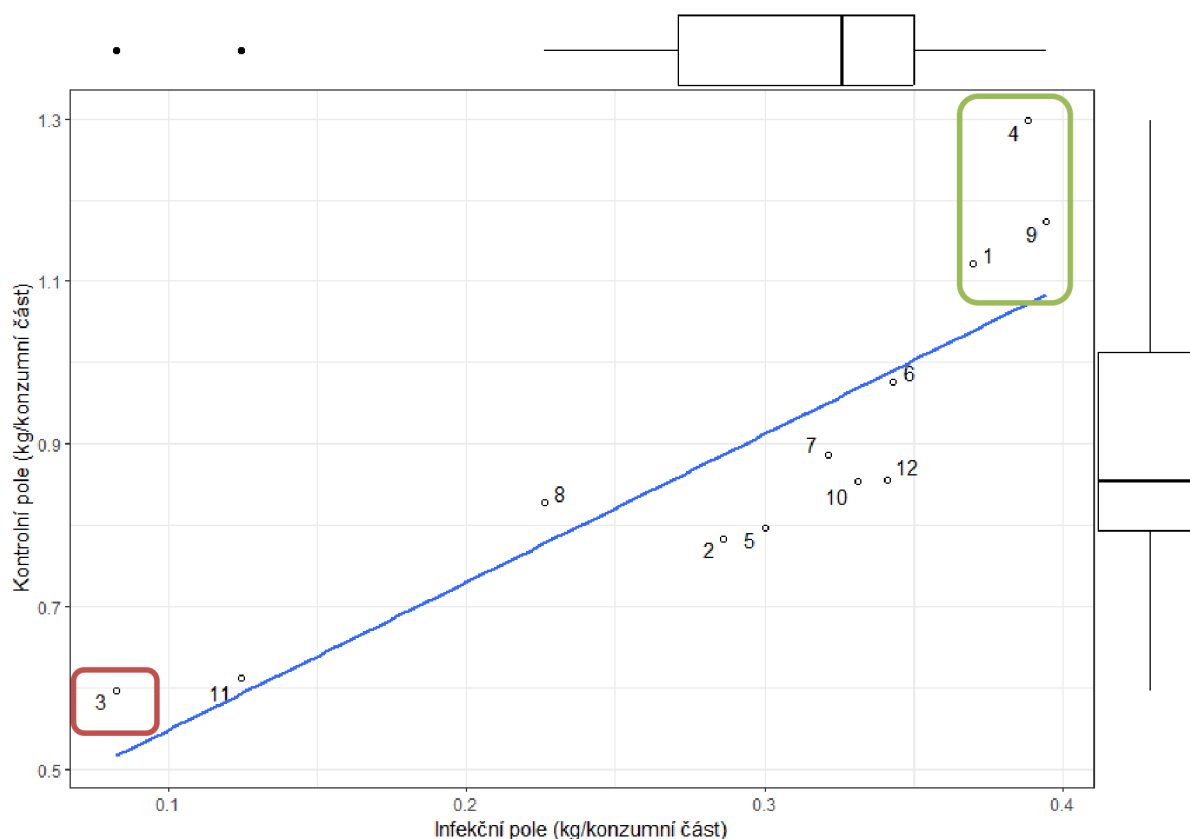
V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 12 genotypů tuřínu, původem z Československa, resp. Česka, Slovenska, USA a Velké Británie (tab. 14). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,08 do 0,39 kg, z kontrolního pole od 0,60 do 1,30 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 13,90 do 39,88.

Tabulka 21: Výsledky hodnocení odolnosti genotypů tuřínu v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2800001	Milevsky	Československo	98	109,9	76	28,1	1,12	0,37	32,97
09H2800002	Landrace (Terchova)	Slovensko	68	53,25	76	21,75	0,78	0,29	36,55
09H2800003	Perfection	USA	98	58,46	79	6,55	0,60	0,08	13,90
09H2800004	Croppa	USA	37	48	47	18,25	1,30	0,39	29,93
09H2800005	Apin	USA	48	38,2	45	13,5	0,80	0,30	37,70
09H2800006	Debra	USA	57	55,65	51	17,5	0,98	0,34	35,15
09H2800007	Unknown cultivar	USA	72	63,85	83	26,65	0,89	0,32	36,21
09H2800008	Laurentian	USA	72	59,6	61	13,8	0,83	0,23	27,33
09H2800009	Marian	Neznámý	70	82,1	90	35,5	1,17	0,39	33,63
09H2800010	Marian	Velká Británie	77	65,7	84	27,8	0,85	0,33	38,79
09H2800011	Hugry Gap	Neznámý	70	42,8	84	10,48	0,61	0,12	20,40
09H2800012	Dalibor	Česko	69	59	83	28,3	0,86	0,34	39,88

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Marian (09H2800009) s průměrnou hmotností 0,39 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Croppa (09H2800004; 0,39 kg/KR) a Milevsky (09H2800001; 0,37 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u těchto odrůd – Croppa (09H2800004; 1,30 kg/KR), Marian (09H2800009; 1,17 kg/KR) a Milevsky (09H2800001; 1,12 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Dalibor (09H2800012; Kt=39,88) z Česka, Marian (09H2800010; Kt=38,79) z Velké Británie a Apin (09H2400005; Kt=37,70) z USA.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Perfection (09H2800003; 0,08 kg/KR), Hugry Gap (09H2800011; 0,12 kg/KR) a Laurentian (09H2800008; 0,23 kg/KR), z kontrolního pozemku pak genotypy Perfection (09H2800003; 0,60 kg/KR), Hugry Gap (09H2800011; 0,61 kg/KR) a krajová odrůda (Landrace) (Terchova) (09H2800002; 0,78 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Perfection (09H2800003; Kt=13,90) původem z USA, Hugry Gap (09H2800011; Kt=20,40) neznámého státu původu a Laurentian (09H2800008; Kt=27,33) z USA (tab. 21, obr. 59).



Obrázek 59: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů tuřinu sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotypy jsou vyznačené zeleným rámečkem, červeným rámečkem pak nejméně výnosný. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.10. Brukev pekingská, brukev čínská

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících rocích hodnoceno celkem 35 genotypů brukve pekingské a brukve čínské, původem z Česka, Číny, Japonska a Nizozemí (tab. 22). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,07 do 0,51 kg, z kontrolního pole od 0,13 do 0,98 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance byl od 33,19 do 85,67.

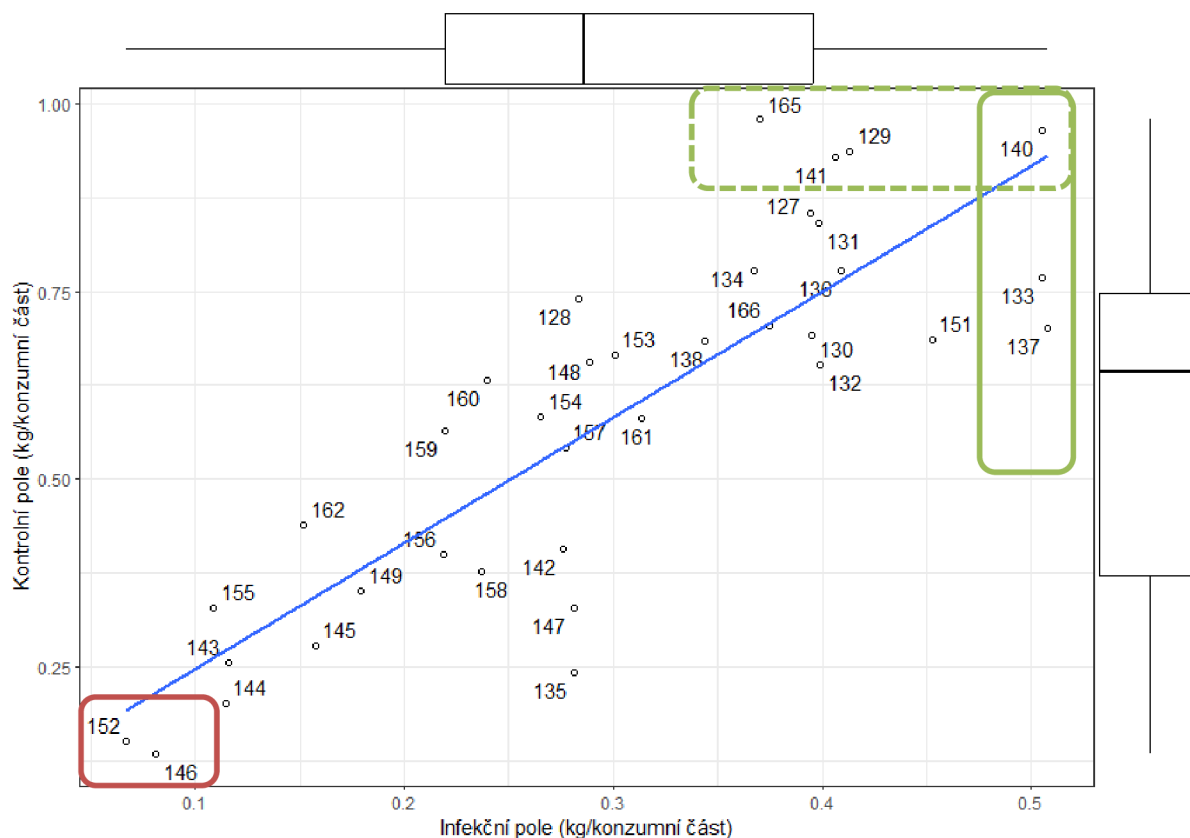
Tabulka 22: Výsledky hodnocení odolnosti genotypů brukve pekingské a b. čínské v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2700127	Nagaoka 50 Days	Japonsko	131	111,9	72	28,4	0,85	0,39	46,18
09H2700128	Osaka Market	Japonsko	100	74	55	15,6	0,74	0,28	38,33
09H2700129	Nagaoka Tafeta	Japonsko	131	122,75	72	29,75	0,94	0,41	44,10
09H2700130	Qin Bai Liu Hao	Čína	129	89,25	56	22,1	0,69	0,39	57,04
09H2700131	Qin Bai Si Hao	Čína	133	111,95	72	28,7	0,84	0,40	47,36
09H2700132	Qin Bai Wu Hao	Čína	125	81,5	60	23,95	0,65	0,40	61,22
09H2700133	Qin Bai Er Hao	Čína	120	92,15	75	37,9	0,77	0,51	65,81
09H2700134	Hilton	Česko	124	96,45	85	31,25	0,78	0,37	47,27
09H2700136	Nagaoka A-1 Spring	Japonsko	130	101	85	34,75	0,78	0,41	52,62
09H2700137	Nagaoka Pride	Japonsko	123	86,15	86	43,7	0,70	0,51	72,55
09H2700138	Nagaoka Champion	Japonsko	123	84,1	68	23,4	0,68	0,34	50,33
09H2700140	Kyoto no. 2	Japonsko	127	122,45	81	40,9	0,96	0,50	52,37
09H2700141	Chitose Giant	Japonsko	122	113,25	62	25,2	0,93	0,41	43,79
09H2700142	Flowering Purple Hon Tsai Tai	Japonsko	98	39,95	78	21,55	0,41	0,28	67,77
09H2700143	Schanghai Pak Choi	Japonsko	80	20,45	75	8,7	0,26	0,12	45,38
09H2700144	Chinese Pak Choi	Japonsko	86	17,25	69	7,9	0,20	0,11	57,08
09H2700145	Canton Pak Choi	Japonsko	92	25,5	53	8,35	0,28	0,16	56,84
09H2700146	Flowering Pak Choi	Japonsko	79	10,55	51	4,15	0,13	0,08	60,93
09H2700147	Japane White Celery Mustard	Japonsko	87	28,55	53	14,9	0,33	0,28	85,67
09H2700148	Nosaki Early	Japonsko	82	53,75	68	19,65	0,66	0,29	44,08
09H2700149	Round Leaved Santo	Japonsko	82	28,8	61	10,95	0,35	0,18	51,11
09H2700151	Shantung	Japonsko	96	65,75	57	25,8	0,68	0,45	66,09
09H2700152	Tah-Tsai	Japonsko	84	12,7	50	3,35	0,15	0,07	44,31
09H2700153	Landrace (CHN 4)	Čína	93	61,9	42	12,65	0,67	0,30	45,25
09H2700154	Landrace (CHN 5)	Čína	99	57,65	39	10,35	0,58	0,27	45,57
09H2700155	Landrace (CHN 6)	Čína	73	23,95	45	4,9	0,33	0,11	33,19
09H2700156	Landrace (CHN 7)	Čína	78	31,15	37	8,1	0,40	0,22	54,82
09H2700157	Landrace (CHN 8)	Čína	98	53	61	16,9	0,54	0,28	51,23
09H2700158	Landrace (CHN 9)	Čína	91	34,35	34	8,05	0,38	0,24	62,72
09H2700159	Landrace (CHN 10)	Čína	99	55,85	51	11,2	0,56	0,22	38,93

09H2700160	Michihli	Neznámý	90	56,85	50	12	0,63	0,24	37,99
09H2700161	Landrace (CHN 11)	Čína	90	52,3	51	16	0,58	0,31	53,99
09H2700162	Landrace (CHN 12)	Čína	86	37,7	52	7,9	0,44	0,15	34,66
09H2700165	Granaat	Nizozemí	66	64,6	70	25,9	0,98	0,37	37,80
09H2700166	Nozaki	Česko	102	71,85	73	27,35	0,70	0,37	53,19

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Nagaoka Pride (09H2700137) s průměrnou hmotností 0,51 kg/konzumní část rostliny (KR), dále Qin Bai Er Hao (09H2700133; 0,51 kg/KR) a Kyoto no. 2 (09H2700140; 0,50 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u odrůdy Granaat (09H2700165; 0,98 kg/KR), dále pak u odrůdy Kyoto no. 2 (09H2700140; 0,96 kg/KR) a Nagaoka Tafeta (09H2700129; 0,94 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůd Japane White Celery Mustard (09H2700147; Kt=85,67), Nagaoka Pride (09H2700137; Kt=72,55) a Flowering Purple Hon Tsai Tai (09H2700142; Kt=67,77) všechny původem z Japonska.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Tah-Tsai (09H2700152; 0,07 kg/KR), Flowering Pak Choi (09H2700146; 0,08 kg/KR) a Landrace (CHN 6) (09H2700155; 0,11 kg/KR), z kontrolního pozemku pak Flowering Pak Choi (09H2700146; 0,13 kg/KR), Tah-Tsai (09H2700152; 0,15 kg/KR), Chinese Pak Choi (09H2700144; 0,20 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Landrace (CHN 6) (09H2700155; Kt=33,19), Landrace (CHN 12) (09H2700162; Kt=10,29) obě původem z Číny a Granaat (09H2700165; Kt=13,97) z Nizozemí (tab. 22, obr. 60).



Obrázek 60: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů brukve pekingské a brukve čínské sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotyp je vyznačený zeleným rámečkem plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku, červeným rámečkem pak nejméně výnosný. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.11. Ředkvička

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 122 genotypů ředkvičky, původem z Československa, resp. Česka, Japonska, Německa, Nizozemí, Polska a Velké Británie (tab. 23). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,01 do 0,05 kg, z kontrolního pole od 0,02 do 0,07 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance od 15,50 do 98,01.

Tabulka 23: Výsledky hodnocení odolnosti genotypů ředkviček v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H7400001	Duo	Československo	161	5,0606	97	2,3173	0,03	0,02	76,00
09H7400003	Československo	Československo	114	4,7294	117	2,8295	0,04	0,02	58,29
09H7400004	Maria	Československo	101	3,3163	106	2,0473	0,03	0,02	58,82
09H7400005	Rampouch	Československo	104	5,5022	94	2,1717	0,05	0,02	43,67
09H7400006	Saxa	Neznámý	85	3,6729	105	2,9449	0,04	0,03	64,91

09H7400007	Slavia	Československo	44	1,6496	78	1,2932	0,04	0,02	44,22
09H7400008	Vera	Československo	101	3,4674	78	1,6652	0,03	0,02	62,19
09H7400009	A Forcer Rond E Carlate	Neznámý	108	4,5018	86	1,9963	0,04	0,02	55,69
09H7400011	Burpee's Red Giant	Neznámý	103	5,1593	61	1,9123	0,05	0,03	62,59
09H7400012	Candela Di Chiccio	Neznámý	103	3,9886	105	2,817	0,04	0,03	69,28
09H7400013	Cavalrondo	Neznámý	90	2,5174	69	1,4595	0,03	0,02	75,62
09H7400014	Certina	Neznámý	96	3,6955	97	2,0566	0,04	0,02	55,08
09H7400015	Cerveni s Beli Opaski	Neznámý	85	2,952	93	1,6684	0,03	0,02	51,66
09H7400016	Early Round Red White Tipped	Neznámý	41	1,3697	39	1,105	0,03	0,03	84,81
09H7400018	Early Scarlet Globe Short Top	Neznámý	99	2,9757	98	1,7426	0,03	0,02	59,16
09H7400020	Fix	Neznámý	93	3,1015	66	1,6233	0,03	0,02	73,75
09H7400021	Flevo	Neznámý	102	3,4049	102	1,5415	0,03	0,02	45,27
09H7400022	Fruhrot	Neznámý	123	4,6458	95	1,6838	0,04	0,02	46,93
09H7400023	Gaundry Treib	Neznámý	106	2,6018	90	1,3347	0,02	0,01	60,42
09H7400024	Halblanges Scharlachrotes Freiland	Neznámý	96	5,7718	83	2,6861	0,06	0,03	53,83
09H7400025	Halblanges Scharlachrotes Freiland	Neznámý	105	2,2861	95	1,6738	0,02	0,02	80,92
09H7400026	Halblanges AH 88	Neznámý	118	4,3661	95	2,8186	0,04	0,03	80,19
09H7400027	Haubner's Fruehwunder	Neznámý	101	2,0226	88	1,27	0,02	0,01	72,07
09H7400028	Husvati Udvozlet	Neznámý	121	4,8073	99	3,2882	0,04	0,03	83,60
09H7400030	Karissima GS	Neznámý	42	1,7654	40	1,2309	0,04	0,03	73,21
09H7400031	Korai Piros	Neznámý	91	2,8362	69	1,8857	0,03	0,03	87,69
09H7400032	Marche de Geneve	Neznámý	66	1,4208	62	1,0398	0,02	0,02	77,91
09H7400033	Moskovskij Belij	Neznámý	72	3,7167	66	3,0174	0,05	0,05	88,57
09H7400034	Neurot	Neznámý	91	2,3764	72	1,4962	0,03	0,02	79,58
09H7400035	Novired	Neznámý	82	1,9242	92	1,9511	0,02	0,02	90,38
09H7400036	Nr. 6225	Neznámý	87	1,6955	87	1,6617	0,02	0,02	98,01
09H7400037	Nr. 6441	Neznámý	99	3,833	91	2,7096	0,04	0,03	76,91
09H7400038	Proradio	Neznámý	101	3,1312	98	2,4081	0,03	0,02	79,26
09H7400039	Red Boy	Neznámý	53	1,7136	35	0,8742	0,03	0,02	77,25
09H7400040	Red Prince	Neznámý	100	2,785	74	1,8762	0,03	0,03	91,04
09H7400041	Riegel	Neznámý	61	1,5347	45	0,8744	0,03	0,02	77,23
09H7400042	Roky	Neznámý	97	2,535	85	1,875	0,03	0,02	84,41
09H7400043	Ronde Half Rood Half Wit	Neznámý	115	2,7187	85	1,5901	0,02	0,02	79,13
09H7400044	Ronde Scharlakenrode 929	Neznámý	114	3,0806	91	2,1387	0,03	0,02	86,97

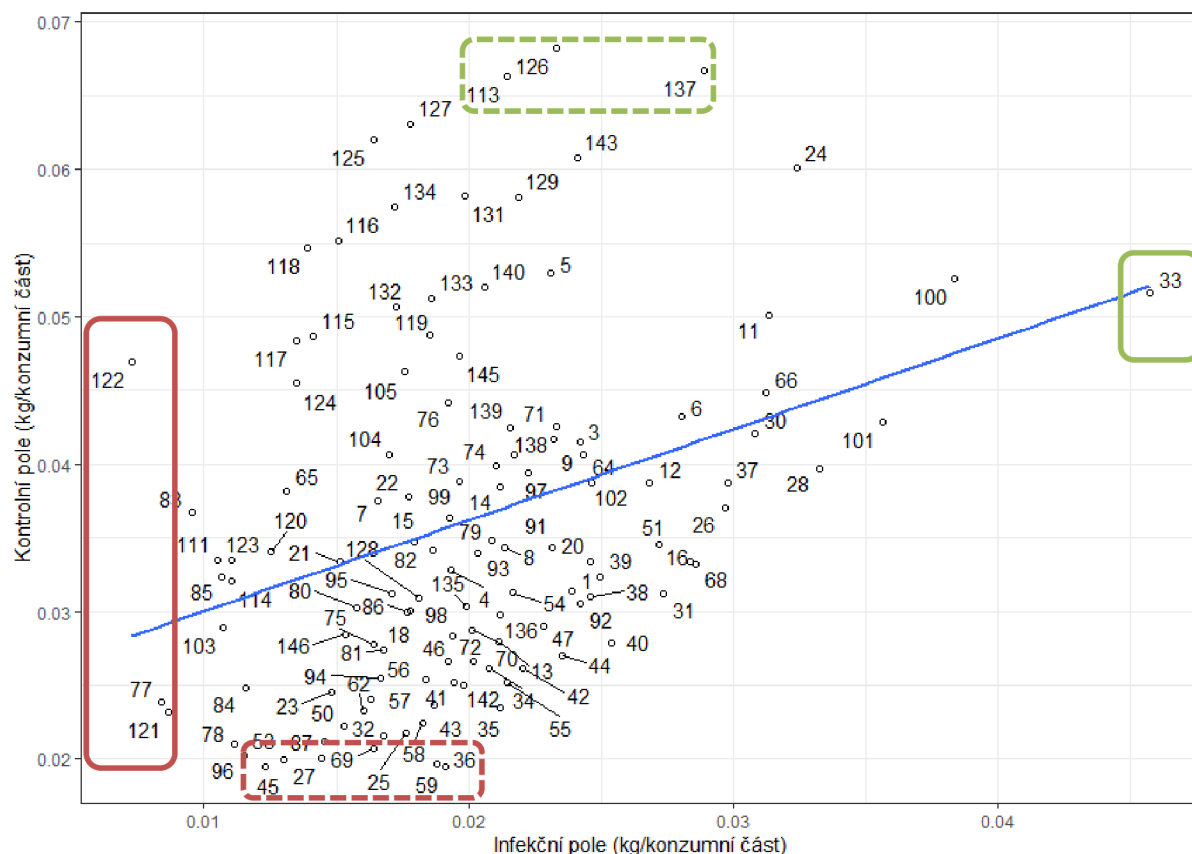
09H7400045	Ronde Witte 948	Neznámý	53	1,0294	41	0,505	0,02	0,01	63,42
09H7400046	Ronde Witte Roodkop	Neznámý	96	2,5513	68	1,3067	0,03	0,02	72,31
09H7400047	Rosso Rotondo Bianca	Neznámý	110	3,1907	83	1,8959	0,03	0,02	78,75
09H7400050	Roud E Carlete A Bout Blance	Neznámý	50	1,1111	47	0,7187	0,02	0,02	68,81
09H7400051	Rudes Rotes No. 218	Neznámý	99	3,4227	74	2,0123	0,03	0,03	78,66
09H7400053	Rundes Halbrod-Halbweiss	Neznámý	104	2,0728	80	1,0424	0,02	0,01	65,38
09H7400054	Rundes Rosenrotes mit Gr.Weis.	Neznámý	104	3,2499	85	1,8401	0,03	0,02	69,28
09H7400055	Scharo 943	Neznámý	119	3,0002	95	2,0367	0,03	0,02	85,04
09H7400056	Schwyzerli Rot mit Weisser Spi	Neznámý	108	2,7387	82	1,5047	0,03	0,02	72,36
09H7400057	Southern Market Globe	Neznámý	119	2,8578	82	1,3356	0,02	0,02	67,82
09H7400058	Sutton's Succulent	Neznámý	154	3,4558	142	2,5923	0,02	0,02	81,35
09H7400059	Cherry Belle	Neznámý	165	3,2353	133	2,4977	0,02	0,02	95,78
09H7400062	Promptus	Neznámý	111	2,5856	90	1,4412	0,02	0,02	68,75
09H7400064	Gigant	Neznámý	94	3,8197	84	2,0428	0,04	0,02	59,85
09H7400065	Parat	Neznámý	93	3,5523	103	1,3506	0,04	0,01	34,33
09H7400066	Certus	Neznámý	78	3,4979	53	1,6558	0,04	0,03	69,67
09H7400068	Halblanges Rosenrotes Treib 34	Neznámý	83	2,7548	64	1,8285	0,03	0,03	86,08
09H7400069	Haubner's Fruhwunder	Neznámý	76	1,5718	86	1,4093	0,02	0,02	79,24
09H7400070	Treff	Neznámý	88	2,5308	79	1,5888	0,03	0,02	69,93
09H7400071	Neckarperle	Neznámý	81	3,4435	66	1,5378	0,04	0,02	54,81
09H7400072	Eterna	Neznámý	105	2,7998	94	1,8958	0,03	0,02	75,64
09H7400073	Brunner Riesen	Neznámý	48	1,8651	37	0,7273	0,04	0,02	50,59
09H7400074	Sjao-chun-juan	Neznámý	109	4,3435	63	1,3228	0,04	0,02	52,69
09H7400075	Sutton's Red Forcing	Neznámý	125	3,4716	88	1,4416	0,03	0,02	58,99
09H7400076	Champion	Neznámý	116	5,1238	96	1,8469	0,04	0,02	43,55
09H7400077	Crimson Giant	Velká Británie	34	0,8114	24	0,2014	0,02	0,01	35,16
09H7400078	Scarlet Knight	Neznámý	103	2,1615	85	0,9465	0,02	0,01	53,06
09H7400079	Sparkler	Neznámý	111	3,8699	86	1,7952	0,03	0,02	59,87
09H7400080	Claro	Neznámý	91	2,754	83	1,3071	0,03	0,02	52,04
09H7400081	Eterna	Neznámý	99	2,7075	76	1,2762	0,03	0,02	61,40
09H7400082	Early Scarlet Globe	Neznámý	120	4,0943	68	1,2668	0,03	0,02	54,60
09H7400083	Camet	Neznámý	60	2,2027	45	0,4288	0,04	0,01	25,96
09H7400084	Rovi	Neznámý	127	3,1462	95	1,0999	0,02	0,01	46,74

09H7400085	Red Bay	Neznámý	58	1,8775	52	0,5559	0,03	0,01	33,02
09H7400086	Cavalier	Neznámý	126	3,7799	116	2,0499	0,03	0,02	58,91
09H7400087	Modra	Neznámý	132	2,7957	98	1,4252	0,02	0,01	68,66
09H7400091	Non Plus Ultra 357	Neznámý	116	3,981	93	2,1523	0,03	0,02	67,44
09H7400092	Delia	Neznámý	130	3,9632	84	2,0344	0,03	0,02	79,44
09H7400093	Fota	Neznámý	58	1,9726	46	0,9342	0,03	0,02	59,71
09H7400094	Plasto	Neznámý	68	1,7298	48	0,7997	0,03	0,02	65,49
09H7400095	Korto	Neznámý	125	3,9044	94	1,6071	0,03	0,02	54,74
09H7400096	Rundes Rotes	Neznámý	135	2,7297	96	1,1053	0,02	0,01	56,94
09H7400097	Eiszapfen	Neznámý	121	4,7684	101	2,2471	0,04	0,02	56,46
09H7400098	Ilka	Neznámý	56	1,5874	44	0,8524	0,03	0,02	68,34
09H7400099	Korund	Neznámý	98	3,56	75	1,4464	0,04	0,02	53,09
09H7400100	Rodos	Neznámý	49	2,578	30	1,1497	0,05	0,04	72,84
09H7400101	Bicolor	Neznámý	34	1,4556	22	0,7842	0,04	0,04	83,26
09H7400102	Southern Market Globe	Neznámý	36	1,3946	22	0,542	0,04	0,02	63,60
09H7400103	Red Devil	Neznámý	118	3,4125	76	0,8141	0,03	0,01	37,04
09H7400104	Ronde Rode Grootwitpunt	Neznámý	106	4,3049	77	1,31	0,04	0,02	41,89
09H7400105	Saxafire	Neznámý	100	4,6227	91	1,5998	0,05	0,02	38,03
09H7400111	Real	Neznámý	95	3,1788	83	0,8738	0,03	0,01	31,46
09H7400113	Maslova obri	Československo	26	1,724	33	0,7072	0,07	0,02	32,32
09H7400114	Runde Weisse	Nizozemí	106	3,3958	90	0,9927	0,03	0,01	34,43
09H7400115	Robijn	Nizozemí	102	4,9591	85	1,2023	0,05	0,01	29,09
09H7400116	Bila kulata	Československo	106	5,8424	102	1,5362	0,06	0,02	27,33
09H7400117	Prinz Rotin	Německo	93	4,4986	92	1,2388	0,05	0,01	27,84
09H7400118	Carnita	Německo	64	3,5	49	0,6822	0,05	0,01	25,46
09H7400119	034/1-82-1	Německo	93	4,538	84	1,5562	0,05	0,02	37,97
09H7400120	Silesia	Polsko	108	3,6776	87	1,0889	0,03	0,01	36,76
09H7400121	Scarlet Globe	Neznámý	92	2,133	79	0,6823	0,02	0,01	37,25
09H7400122	China Rose NO-4725	Neznámý	96	4,5085	93	0,6771	0,05	0,01	15,50
09H7400123	Neoro	Německo	100	3,3528	81	0,8932	0,03	0,01	32,89
09H7400124	Jarka	Československo	97	4,41	100	1,35	0,05	0,01	29,69
09H7400125	Lora	Česko	99	6,1367	73	1,196	0,06	0,02	26,43
09H7400126	Presto	Německo	55	3,75	35	0,8152	0,07	0,02	34,16
09H7400127	Isabell	Německo	49	3,0888	29	0,5164	0,06	0,02	28,25
09H7400128	White Breakfast	Německo	103	3,1866	69	1,2498	0,03	0,02	58,55
09H7400129	Duett	Německo	101	5,8682	66	1,4426	0,06	0,02	37,62
09H7400131	Polka	Česko	92	5,3528	56	1,1119	0,06	0,02	34,13
09H7400132	Slovana	Česko	97	4,9136	62	1,0701	0,05	0,02	34,07
09H7400133	Stela	Česko	78	3,9948	89	1,6556	0,05	0,02	36,32
09H7400134	Ria	Česko	73	4,1894	51	0,8782	0,06	0,02	30,01
09H7400135	Albena	Česko	119	3,6133	64	1,2755	0,03	0,02	65,64
09H7400136	Lidka	Česko	107	3,1833	79	1,6751	0,03	0,02	71,27

09H7400137	Viola	Česko	45	3	33	0,9531	0,07	0,03	43,32
09H7400138	Zlata	Česko	48	1,95	51	1,1076	0,04	0,02	53,46
09H7400139	Poloneza	Česko	60	2,55	60	1,2931	0,04	0,02	50,71
09H7400140	Crimson Giant	Velká Británie	97	5,0462	90	1,852	0,05	0,02	39,56
09H7400142	Roxana	Česko	141	3,5283	87	1,7217	0,03	0,02	79,08
09H7400143	Barka	Česko	110	6,6811	115	2,7707	0,06	0,02	39,67
09H7400145	Faraon	Česko	138	6,5323	111	2,1806	0,05	0,02	41,50
09H7400146	Ester	Česko	58	1,65	47	0,7203	0,03	0,02	53,87

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Moskovskij Belij (09H7400033) s průměrnou hmotností 0,05 kg/konzumní část rostliny (KR), dále Rodos (09H7400100; 0,04 kg/KR) a Bicolor (09H7400101; 0,04 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl zaznamenán u odrůdy Presto (09H7400126; 0,07 kg/KR), dále u odrůdy Viola (09H7400137; 0,07 kg/KR) a Maslova obri (09H7400113; 0,07 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u genotypu Nr. 6225 (09H7400036; Kt=98,01), Cherry Belle (09H7400059; Kt=95,78) a Red Prince (09H7400040; Kt=91,04).

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd China Rose NO-4725 (09H7400122; 0,01 kg/KR), Crimson Giant (09H7400077; 0,01 kg/KR) a Scarlet Globe (09H7400121; 0,01 kg/KR), z kontrolního pozemku Ronde Witte 948 (09H7400045; 0,02 kg/KR), Nr. 6225 (09H7400036; 0,02 kg/KR), Cherry Belle (09H7400059; 0,02 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy China Rose NO-4725 (09H7400122; Kt=15,50), Carnita (09H7400118; Kt=25,46) a Camet (09H7400083; Kt=25,96) (tab. 23, obr. 61).



Obrázek 61: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů ředkviček sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotyp je vyznačený zeleným rámečkem, plným z infekčního, přerušovaným z kontrolního pozemku a červeným rámečkem pak nejméně výnosný. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.12. Krmná kapusta

V polních podmínkách uměle inokulovaného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 10 genotypů krmné kapusty, původem z Československa, Francie, Německa, Polska, Švédska a Velké Británie (tab. 24). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,05 do 0,35 kg, z kontrolního pole od 0,59 do 1,86 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance od 7,83 do 20,66.

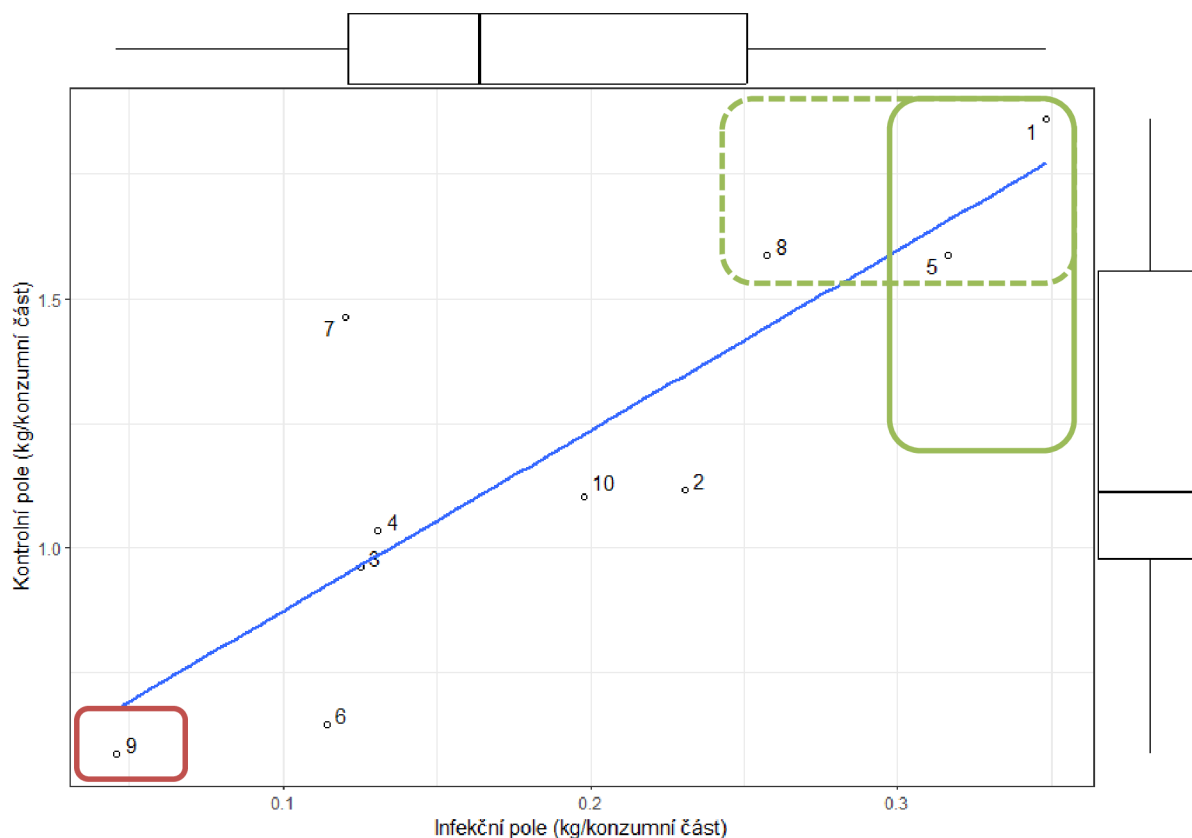
Tabulka 24: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů krmné kapusty v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H1730001	Inka	Československo	90	167,4	65	22,65	1,86	0,35	18,73
09H1730002	Elevator	Francie	116	129,5	85	19,6	1,12	0,23	20,66
09H1730003	Polycaul	Francie	52	49,95	40	5	0,96	0,13	13,01

09H1730004	Mapro	Německo	30	31	18	2,35	1,03	0,13	12,63
09H1730005	Camaro	Německo	69	109,55	56	17,7	1,59	0,32	19,91
09H1730006	Furchenkohl	Německo	53	34,2	46	5,25	0,65	0,11	17,69
09H1730007	Pulawska Zielona	Polsko	55	80,5	40	4,8	1,46	0,12	8,20
09H1730008	Veteran	Švédsko	81	128,6	54	13,9	1,59	0,26	16,21
09H1730009	Debella	Velká Británie	7	4,1	12	0,55	0,59	0,05	7,83
09H1730010	Debrina	Velká Británie	69	76,15	43	8,5	1,10	0,20	17,91

Nejvyšší výnos na infekčním poli byl zaznamenán u odrůdy Inka (09H1730001) s průměrnou hmotností 0,35 kg/konzumní část rostliny (KR), dále pak Camaro (09H1730005; 0,32 kg/KR) a Veteran (09H1730008; 0,26 kg/KR). Nejvyšší výnos na kontrolním nezamořeném pozemku byl také zaznamenán u těchto odrůd: Inka (09H1730001; 1,86 kg/KR), dále pak u odrůdy Camaro (09H1730005; 1,59 kg/KR) a Veteran (09H1730008; 1,59 kg/KR). Nejvyšší koeficient tolerance (Kt), který udává hodnotu poměru hmotnosti z infekčního pozemku ke kontrolnímu násobenou stem, byl zjištěn u odrůd Elevator (09H1730002; Kt=20,66) z Francie, Camaro (09H1730005; Kt=19,91) z Německa a Inka (09H1730001; Kt=18,73) také z Československa.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole byl zaznamenán u odrůd Debella (09H1730009; 0,05 kg/KR), Furchenkohl (09H1730006; 0,11 kg/KR) a Pulawska Zielona (09H1730007; 0,12 kg/KR), z kontrolního pozemku také Debella (09H1730009; 0,59 kg/KR), Furchenkohl (09H1730006; 0,65 kg/KR), Polycaul (09H1730003; 0,96 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měly odrůdy Debella (09H1730009; Kt=7,83) původem z Velké Británie, Pulawska Zielona (09H1730007; Kt=8,20) z Polska a Mapro (09H1730004; Kt=13,97) z Německa (tab. 24, obr. 62).



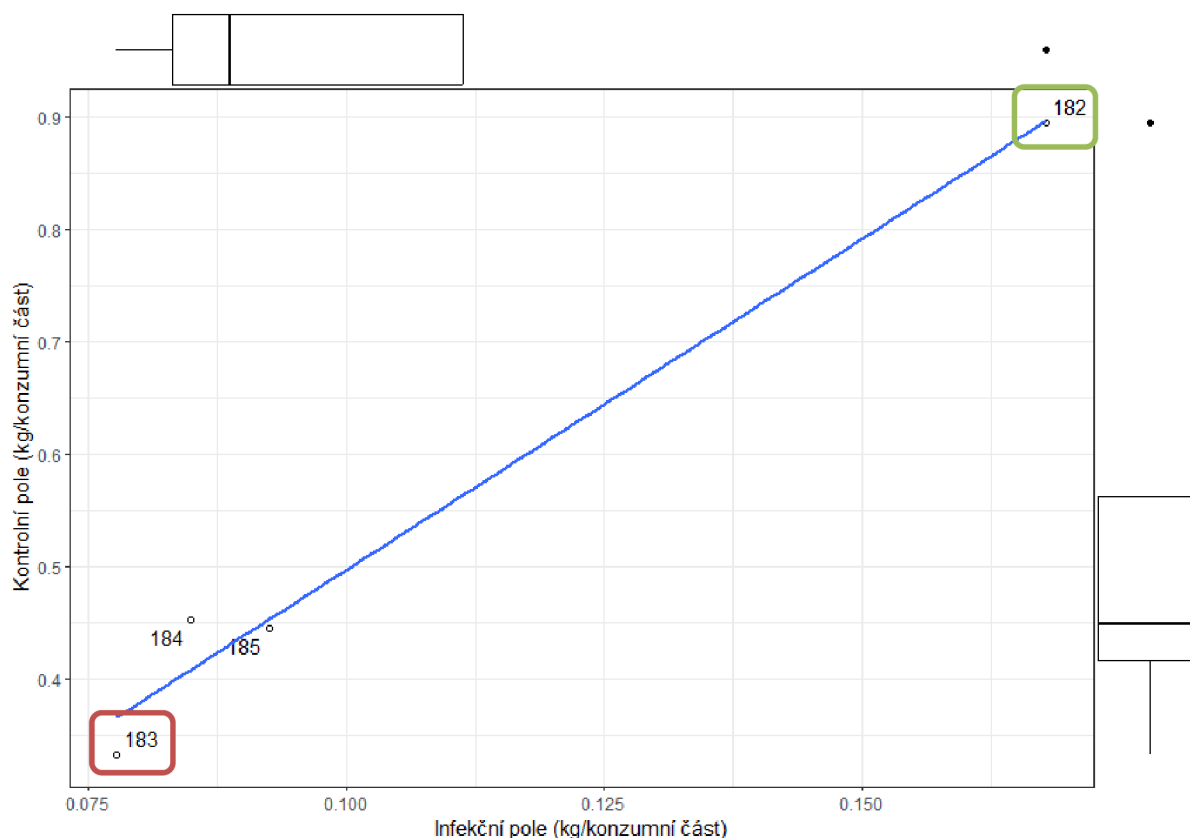
Obrázek 62: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů krmné kapusty sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotyp je vyznačený zeleným rámečkem, přerušovaným z infekčního pole, červeným rámečkem pak nejméně výnosný. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.2.13. Brukev sítinovitá

V polních podmínkách zamořeného pozemku a kontrolního pole bylo ve třech po sobě následujících letech hodnoceno celkem 4 genotypy brukve sítinovité (*Brassica juncea*), původem z Japonska (tab. 25). Průměrný výnos z konzumní části rostliny z infekčního pokusného pozemku jednotlivých odrůd se pohyboval v rozmezí od 0,09 do 0,17 kg, z kontrolního pole od 0,33 do 0,89 kg. Následně vypočítaný koeficient tolerance od 18,77 do 23,42.

Tabulka 25: Výsledky hodnocení odolnosti vybraných genotypů brukve sítinovité v polních podmínkách.

ECN	Název genotypu	Stát původu	Kontrolní pozemek		Infekční pole		Výnos kontrolní (kg/ks)	Výnos infekční (kg/ks)	Koeficient tolerance (%)
			ks	kg	ks	kg			
09H2900182	Komatzuna	Japonsko	9	8,05	14	2,35	0,89	0,17	18,77
09H2900183	Hornet Mustard	Japonsko	14	4,65	18	1,4	0,33	0,08	23,42
09H2900184	Green in Snow	Japonsko	21	9,5	20	1,7	0,45	0,09	18,79
09H2900185	Chinese Kai Choi	Japonsko	9	4	20	1,85	0,44	0,09	20,81



Obrázek 63: Bodový graf znázorňující průměrnou hmotnost konzumních částí rostlin jednotlivých genotypů brukve sítinové sklizených na infekčním a kontrolním poli. Nejvýnosnější genotyp je vyznačený zeleným rámečkem, červeným rámečkem pak nejméně výnosný genotyp. Horní a spodní (resp. pravá a levá) hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí. Plné kolečko odlehlou hodnotu.

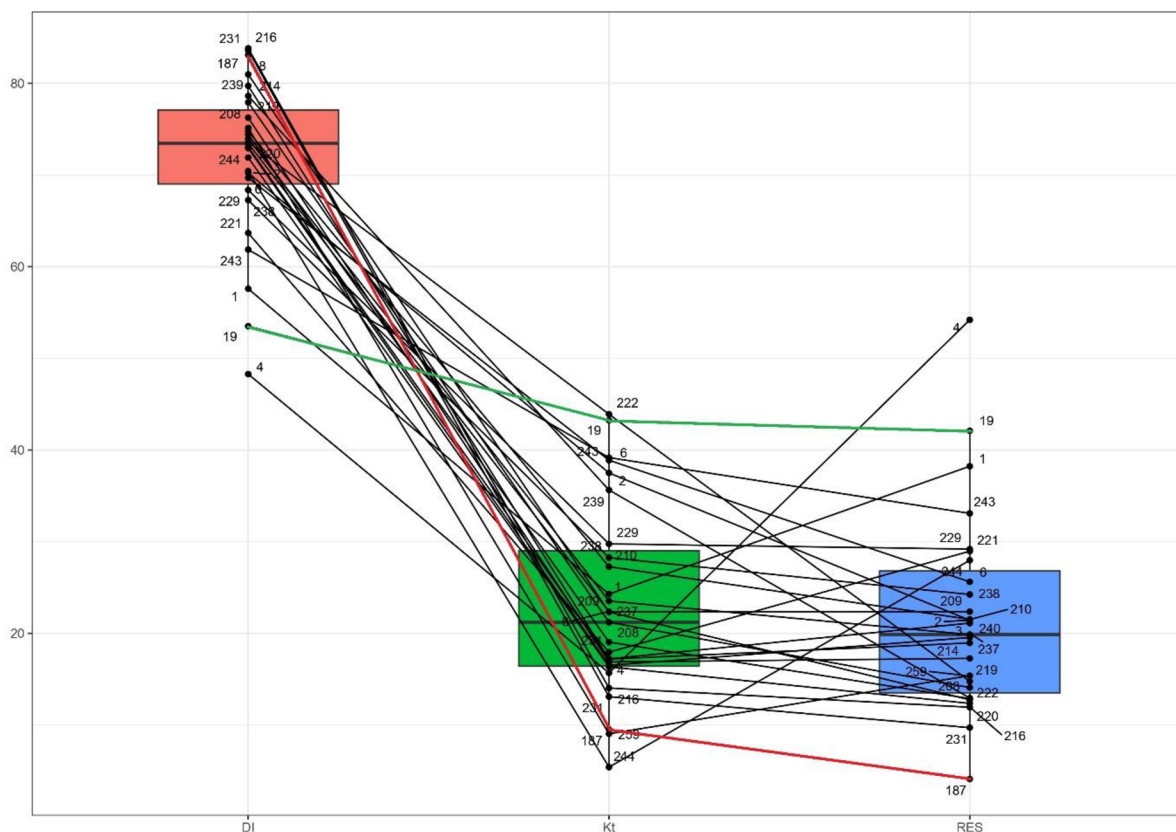
Nejvyšší výnos na infekčním poli i kontrolním pozemku byl zaznamenán u genotypu Komatzuna (09H2900182) s průměrnou hmotností 0,17 kg/konzumní část rostliny (KR), resp. 0,89 kg/KR. Nejvyšší koeficient tolerance (Kt) byl zjištěn u odrůdy Hornet Mustard (09H2900183; $K_t=23,42$) z Japonska.

Naopak nejnižší výnos z infekčního pole i kontrolního pozemku byl zaznamenán u genotypu Hornet Mustard (09H2900183; 0,08 resp. 0,33 kg/KR). Nejnižší koeficient tolerance měl genotyp Komatzuna (09H2900182; $K_t=18,77$) původem z Japonska (tab. 25, obr. 63).

3.3. Porovnání výsledků z kontrolovaných a polních podmínek pěstování

3.3.1. Květák

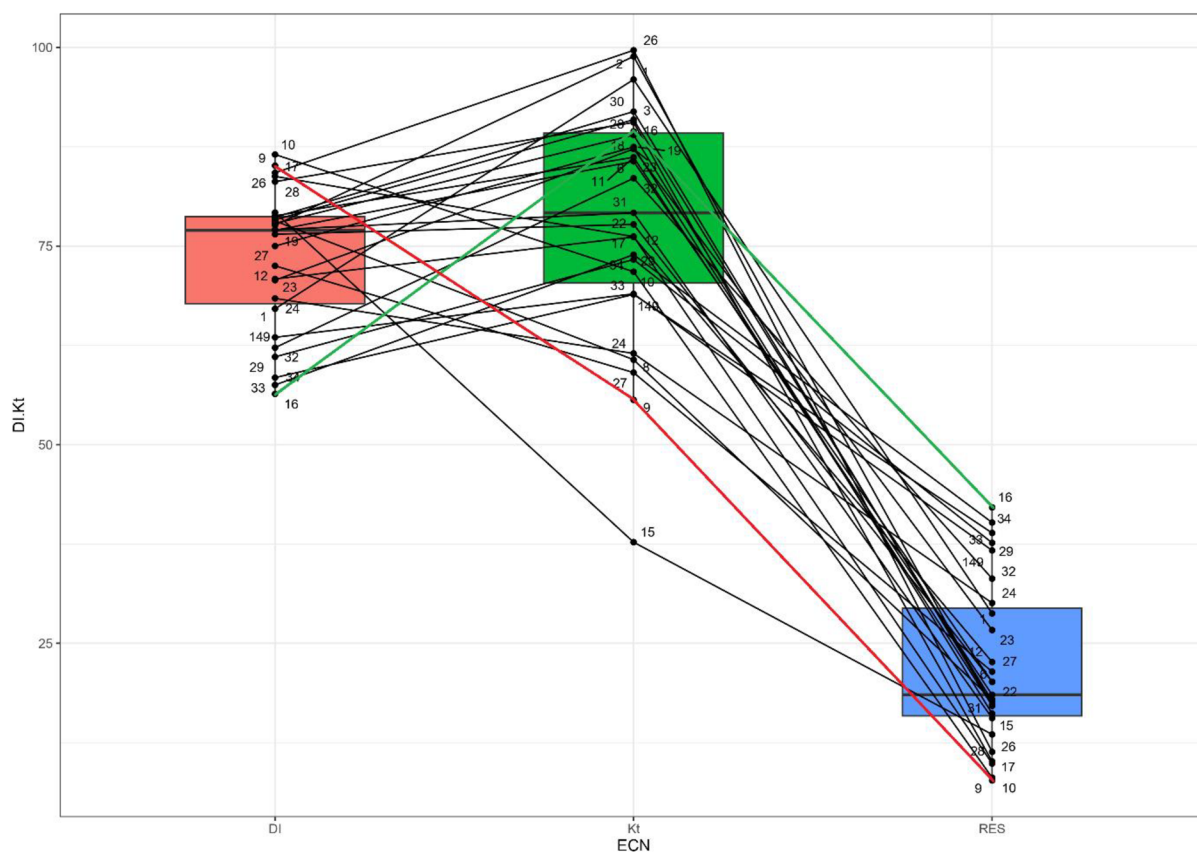
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejdolnější odrůdou květáku je Agora (09H2300019) z Česka, nejméně odolným genotypem pak Sesam (09H2300187) (obr. 64).



Obrázek 64: Porovnání jednotlivých genotypů kvěťáku v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.2. Kedluben

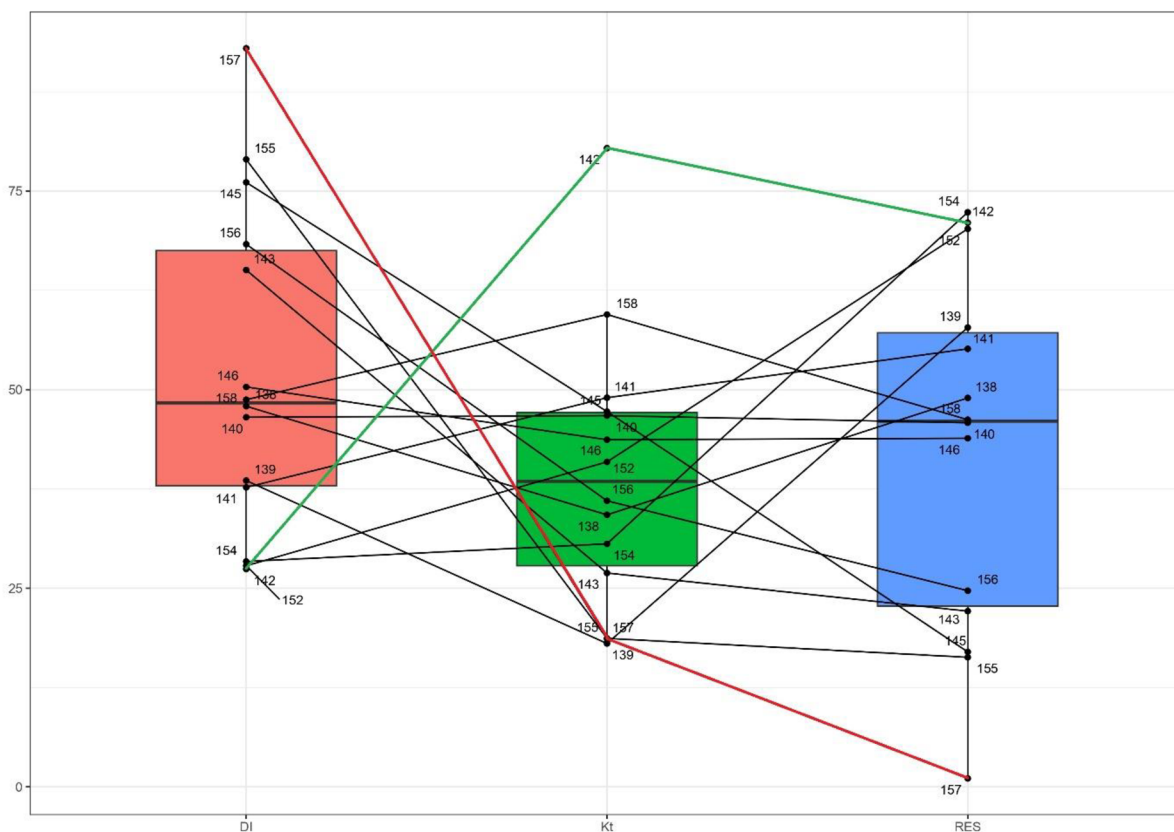
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou kedluben je Nichtschiessender (09H2300019) z Německa, nejméně odolným genotypem pak Kozmanova modra (09H2200016) z Československa (obr. 65, tab. 2 a 14).



Obrázek 65: Porovnání jednotlivých genotypů kedluben v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.3. Kapusta kadeřavá

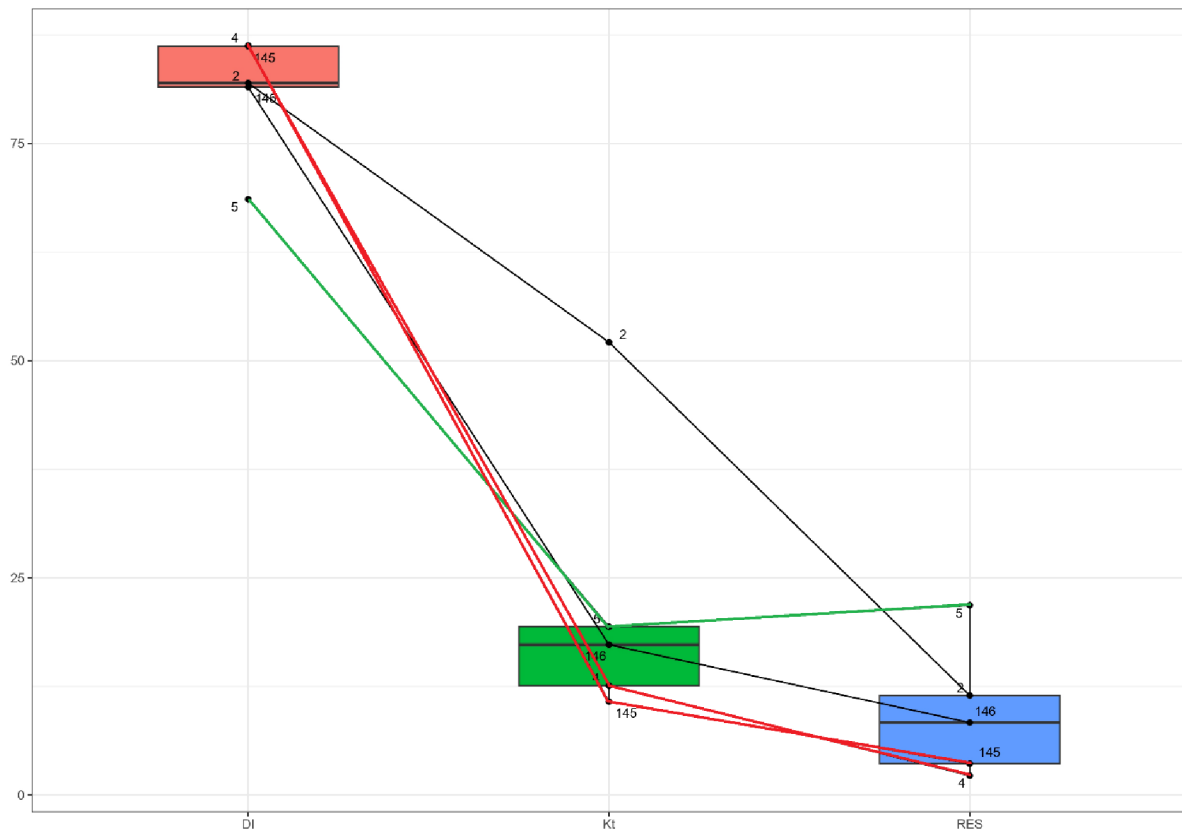
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou kapusty kadeřavé je Lerchenzungen (09H1900142) z Německa, nejméně odolným genotypem pak Nero di Toscana (09H1900157) z Itálie (obr. 66, tab. 4 a 16).



Obrázek 66: Porovnání jednotlivých genotypů kapusty kadeřavé v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.4. Kapusta růžičková

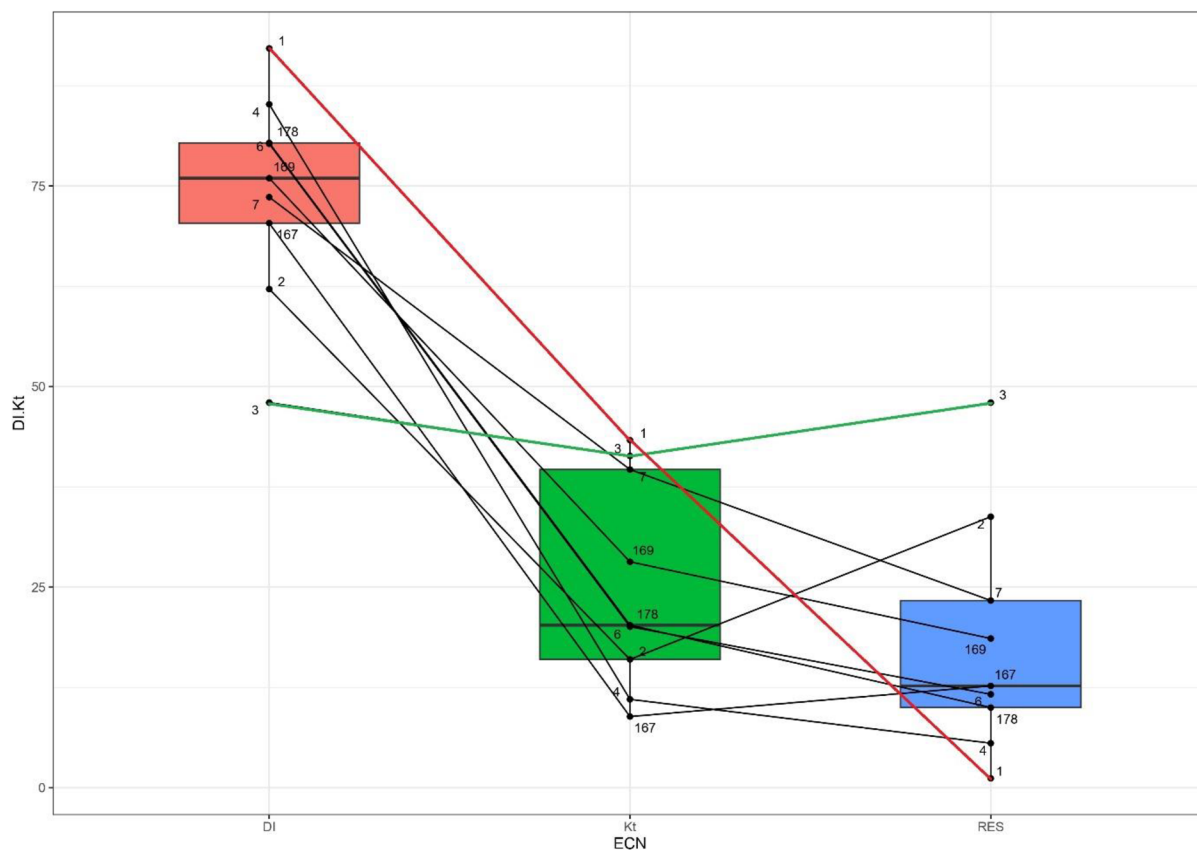
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou kapusty růžičkové je Spirala (09H2100005) z Česka, nejméně odolnými genotypy pak Merkator (09H2100145) z Německa a Rozeta z Česka (09H2100004) (obr. 67, tab. 5 a 17).



Obrázek 67: Porovnání jednotlivých genotypů růžičkové kapusty v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolné genotypy. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.5. Kapusta hlávková

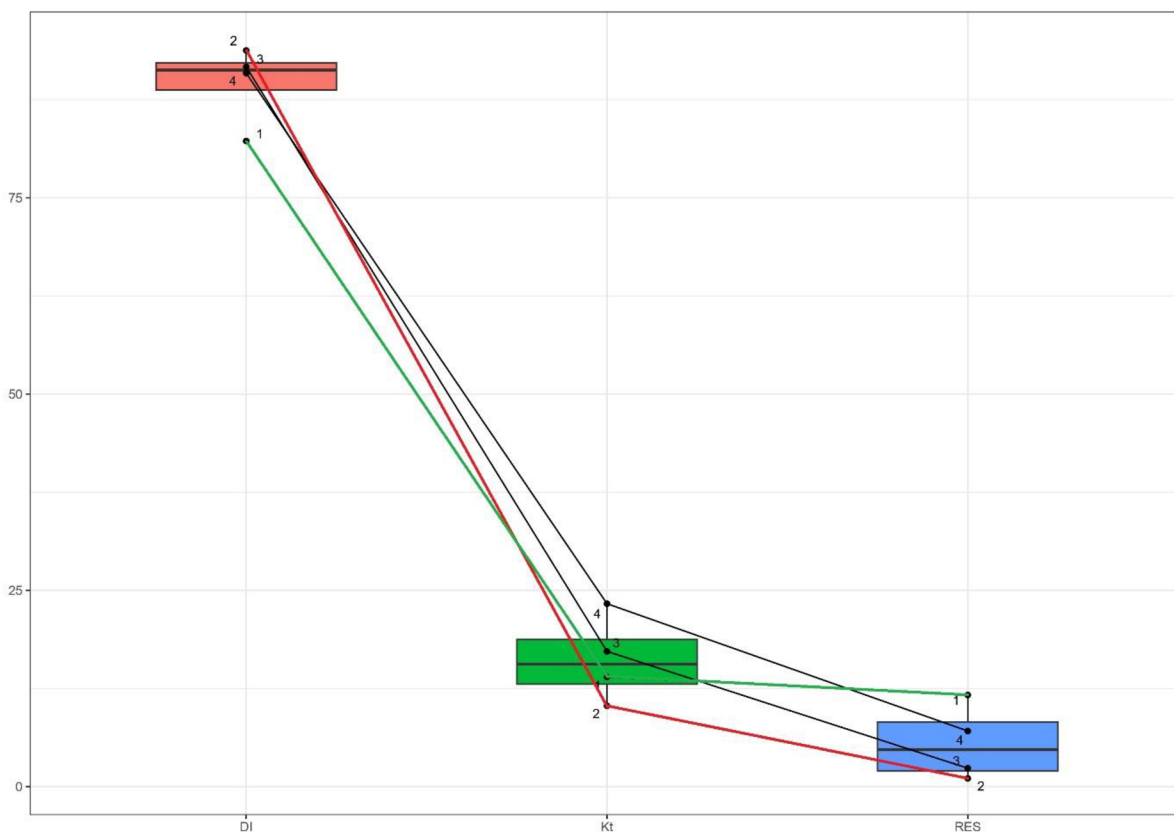
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou kapusty hlávkové je Rana zluta (09H2000003) z Československa, nejméně odolným genotypem pak Predzvest (09H2000001) také z Československa (obr. 68, tab. 6 a 18).



Obrázek 68: Porovnání jednotlivých genotypů hlávkové kapusty v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.6. Brokolice

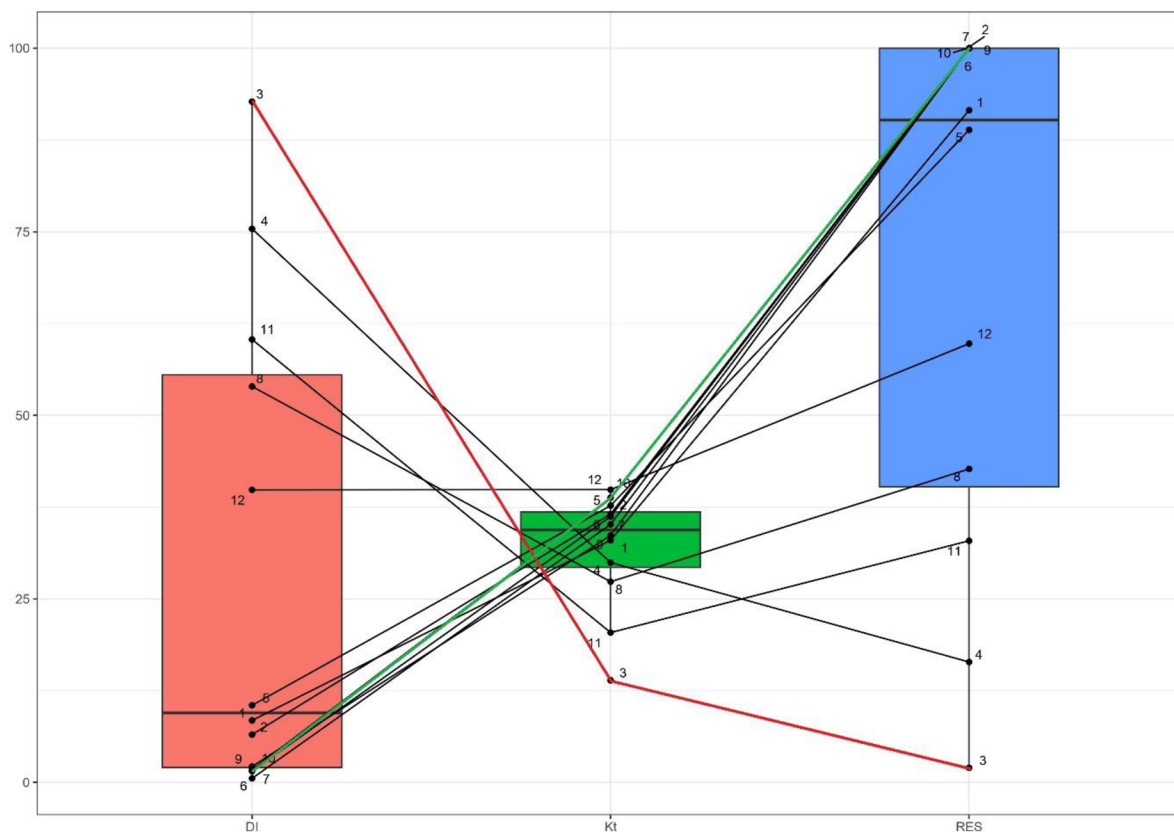
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou brokolice je Zavitka (09H2400001) z Československa, nejméně odolným genotypem pak Rozeta (09H2400002) z Česka (obr. 69, tab. 7 a 19).



Obrázek 69: Porovnání jednotlivých genotypů brokolice v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.7. Tuřín

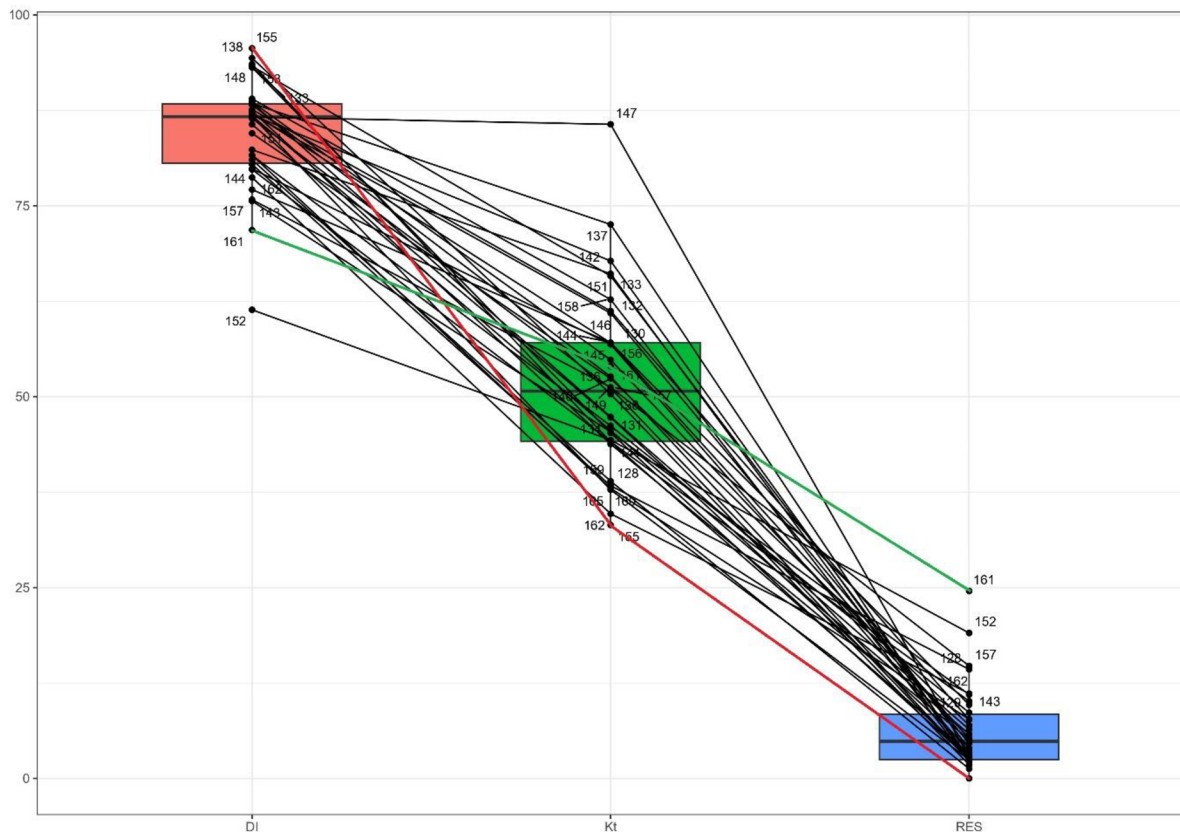
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnější odrůdou tuřinu je Marian (09H2800010) z Velké Británie, nejméně odolným genotypem pak Perfection (09H2800003) z USA (obr. 70, tab. 9 a 21).



Obrázek 70: Porovnání jednotlivých genotypů tuřinu v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejedolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.8. Brukev pekingská, brukev čínská

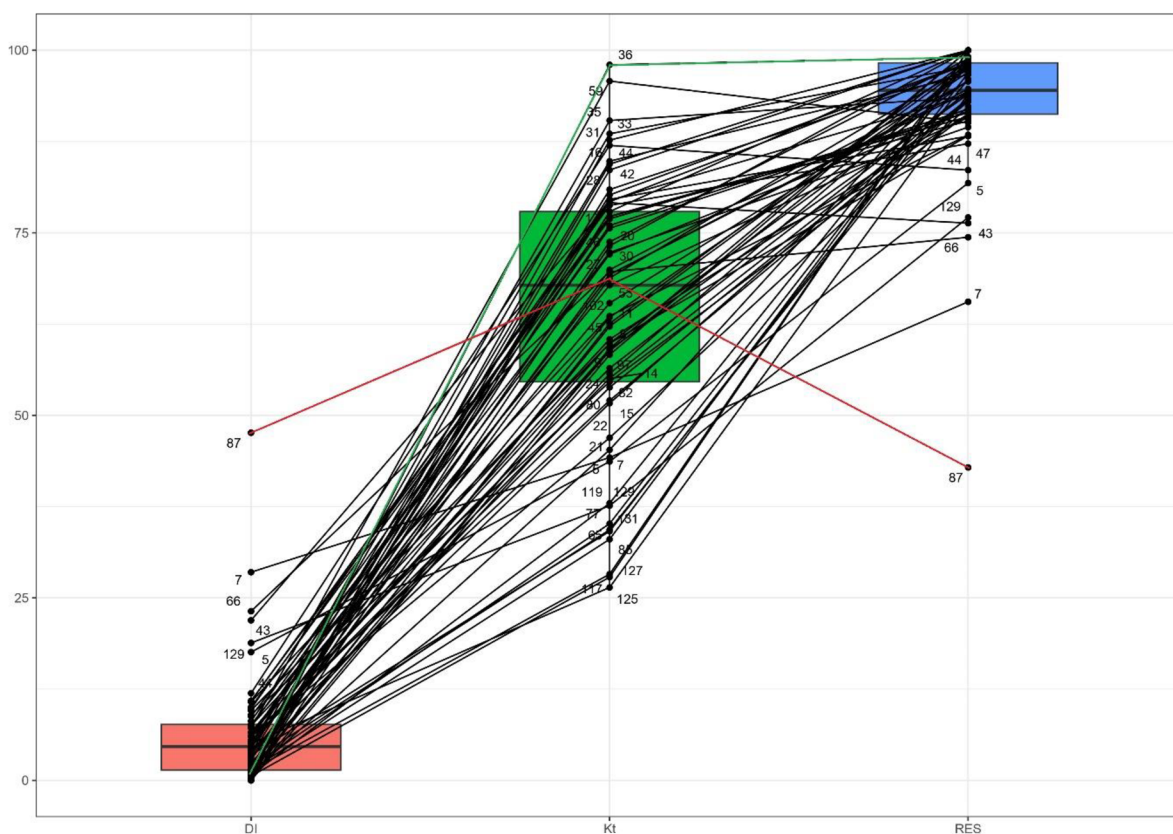
Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejodolnějším genotypem brukve pekingské a čínské je Landrace (CHN 12) (09H2700161) z Číny, nejméně odolným genotypem pak Landrace (CHN 7) (09H2700155) také z Číny (obr. 71, tab. 10 a 22).



Obrázek 71: Porovnání jednotlivých genotypů brukve pekingské a čínské v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejdolnější genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejméně odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.3.9. Ředkvička

Porovnáním výsledků z kontrolovaných podmínek fytotronu (index napadení a procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a z polních podmínek (koeficient tolerance) bylo zjištěno, že nejdolnější genotypem ředkvičky je Nr. 6225 (09H7400036), nejméně odolným genotypem pak Modra (09H7400087) (obr. 72, tab. 11 a 23).



Obrázek 72: Porovnání jednotlivých genotypů ředkvičky v kontrolovaných podmínkách fytotronu (DI – index napadení a RES – procento rostlin ve stupních napadení 0 a 1) a v polních podmínkách (Kt – koeficient tolerance). Nejméně odolný genotyp je vyznačený zelenou linií, červenou nejvíce odolný genotyp. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.4. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin

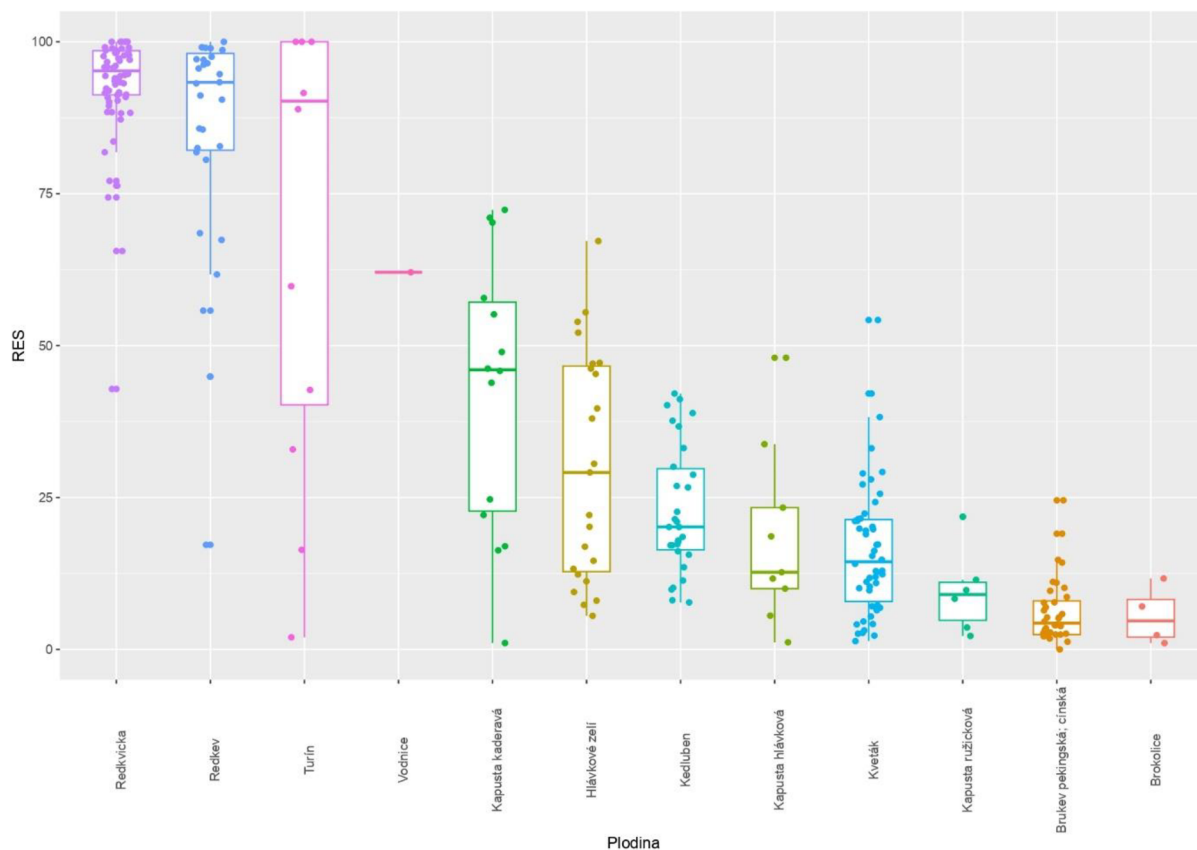
3.4.1. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle RES

Nejvíce odolnou plodinou v kontrolovaných podmínkách fytotronu na základě procenta rostlin zastoupených v kategorii napadení 0 a 1 (RES) je ředkvička s průměrnou hodnotou RES 93,05; mediánem 95,21; minimální hodnotou 42,86 a maximální hodnotou 100, následovaná ředkví (85,55; 93,33; 17,20; 100) a tuřínem (69,52; 90,23; 1,98; 90,23). Nejméně odolnými plodinami vůči nádorovitosti brukvovitých je brokolice (5,53; 4,71; 1,04; 11,67), brukev pekingská a čínská (6,22; 4,32; 0; 24,55) a kapusta růžičková (9,54; 9,04; 2,22; 21,84) (tab. 26, obr. 73).

Tabulka 26: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v kontrolovaných podmínkách fytotronu dle procenta rostlin ve stupních napadení 0 a 1.

plodina	min	max	průměr	sm. odchylka	medián
brokolice	1,04	11,67	5,53	4,84	4,71
brukev pekingská, b. čínská	0,00	24,55	6,22	5,31	4,32
hlávkové zelí	5,53	67,20	30,12	18,91	29,12
kapusta hlávková	1,18	48,00	18,31	14,78	12,70

kapusta kadeřavá	1,05	72,34	42,33	22,74	46,03
kapusta růžičková	2,22	21,84	9,54	7,00	9,04
kedluben	7,74	42,11	22,86	10,47	20,15
květák	1,36	54,21	16,33	11,01	14,42
ředkev	17,20	100,00	85,55	19,13	93,33
ředkvička	42,86	100,00	93,05	9,05	95,21
tuřín	1,98	100,00	69,52	36,98	90,23
vodnice	62,07	62,07	62,07	0,00	62,07



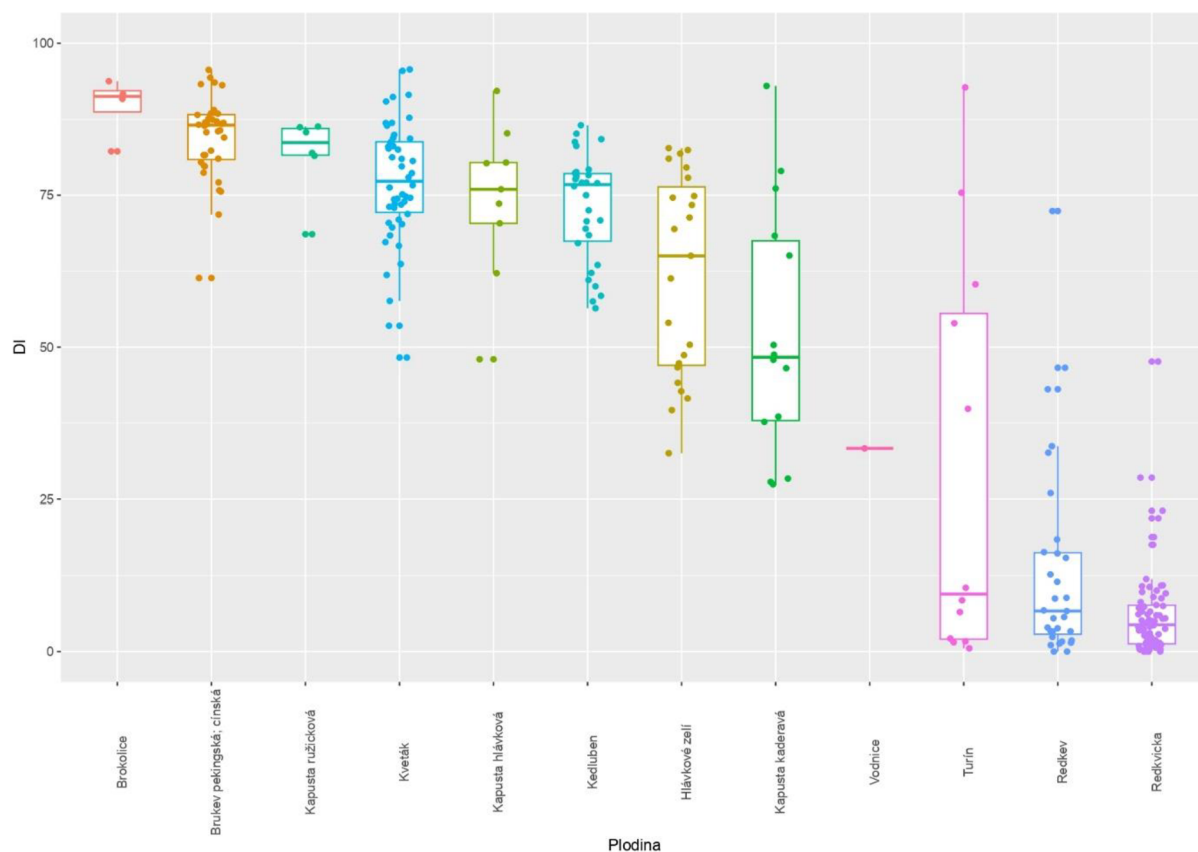
Obrázek 73: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v kontrolovaných podmínkách fytotronu dle procenta rostlin ve stupních napadení 0 a 1 (RES). Plodiny jsou dle odolnosti seřazeny sestupně. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.4.2. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle DI

Odolnost plodin dle DI koreluje s odolností plodin dle RES. Nejméně odolnou plodinou v kontrolovaných podmínkách fytotronu na základě indexu napadení (DI) je brokolice s průměrnou hodnotou DI 89,62; mediánem 91,26, minimální hodnotou 82,22 a maximální 93,75; následovaná brukví pekingskou a čínskou (84,53; 86,52; 61,38; 95,62) a kapustou růžičkovou (81,64; 83,66; 68,58; 86,30). Nejvíce odolné plodiny vůči nádorovitosti brukvovitých se jeví být brokolice (5,53; 4,71; 1,04; 11,67), brukvev pekingská a čínská (6,22; 4,32; 0; 24,55) a kapusta růžičková (9,54; 9,04; 2,22; 21,84) (tab. 27, obr. 74).

Tabulka 27: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v kontrolovaných podmínkách fytotronu dle indexu napadení (DI).

plodina	min	max	průměr	sm. odchylka	medián
brokolice	82,22	93,75	89,62	5,08	91,26
brukev pekingská, b. čínská	61,38	95,62	84,53	6,82	86,52
hlávkové zelí	32,53	82,75	61,87	16,61	65,02
kapusta hlávková	48,00	92,16	74,23	13,07	75,97
kapusta kadeřavá	27,41	92,98	52,49	20,78	48,33
kapusta růžičková	68,58	86,30	81,64	6,74	83,66
kedluben	56,39	86,52	73,07	8,84	76,73
květák	48,29	95,70	77,21	10,01	77,29
ředkev	0,00	72,40	13,37	16,72	6,67
ředkvička	42,86	100,00	93,05	9,05	95,21
tuřín	0,54	92,74	29,47	33,36	9,46
vodnice	33,33	33,33	33,33	0,00	33,33



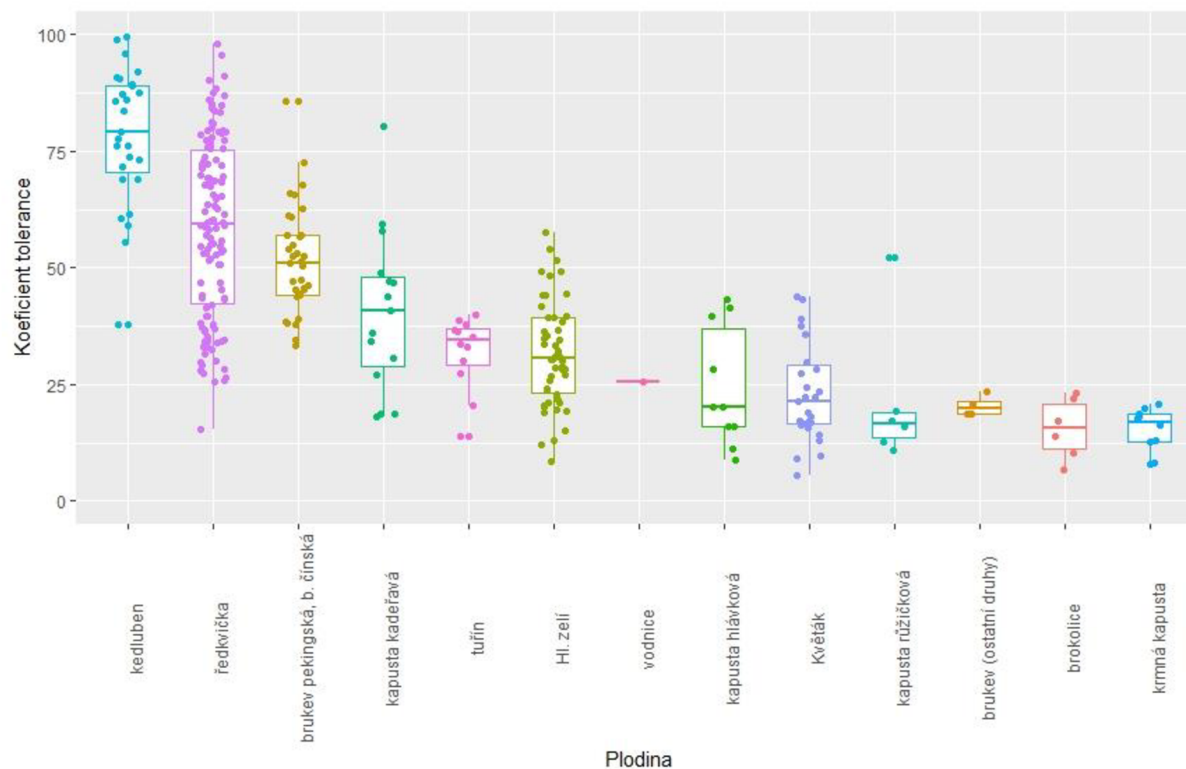
Obrázek 74: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v kontrolovaných podmínkách fytotronu dle indexu napadení (DI). Plodiny jsou seřazeny sestupně. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

3.4.3. Porovnání odolnosti jednotlivých plodin dle Kt

Nejvíce odolnou plodinou v polních podmínkách na základě koeficientu tolerance (Kt) je kedluben s průměrnou hodnotou Kt 78,41, mediánem 79,18, minimální hodnotou 37,73 a maximální 99,64, následovaný ředkvičkou (58,79; 59,44; 15,50; 98,01) a brukví pekingskou a čínskou (51,64; 51,11; 33,19; 85,67). Nejméně odolné plodiny vůči nádorovitosti brukvovitých jsou krmná kapusta (15,28; 16,95; 7,83; 20,66), brokolice (15,59; 15,60; 6,64; 23,30) a brukev sítinovitá (20,45; 19,80; 18,77; 23,42) (tab. 28, obr. 75).

Tabulka 28: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v polních podmínkách dle koeficientu tolerance (Kt)

plodina	min	max	průměr	sm. odchylka	medián
brokolice	6,64	23,30	15,59	6,56	15,60
brukev sítinovitá	18,77	23,42	20,45	2,20	19,80
brukev pekingská, b. čínská	33,19	85,67	51,64	11,42	51,11
hlávkové zelí	8,39	57,53	31,69	11,37	30,59
kapusta hlávková	8,87	43,32	24,48	12,86	20,17
kapusta kadeřavá	18,04	80,40	40,56	17,37	40,91
kapusta růžičková	10,74	52,12	21,36	15,39	16,67
kedluben	37,73	99,64	78,41	14,71	79,18
krmná kapusta	7,83	20,66	15,28	4,64	16,95
květák	5,41	43,91	23,16	10,70	21,21
ředkvička	15,50	98,01	58,79	19,15	59,44
tuřín	13,90	39,88	31,87	7,86	34,39
vodnice	25,41	25,41	25,41	0,00	25,41



Obrázek 75: Porovnání výsledků hodnocení odolnosti jednotlivých vybraných plodin v kontrolovaných podmínkách fytostronu dle koeficientu tolerance (Kt). Plodiny jsou seřazeny sestupně. Horní a spodní hranice krabicové části diagramu označují 3. a 1. kvartil, linie v něm medián. Vousy reprezentují 1,5 násobku mezikvartilového rozpětí.

4. DISKUZE

Od počátku 20. století se šlechtitelé spolu s fytopatology, genetiky a biochemiky zabývají nádorovitostí kořenů brukvovitých. Odolnost vůči *P. brassicae* je u brukvovitých rostlin jedním z hlavních cílů ve šlechtění. Tyto snahy jsou však komplikované omezeným množstvím zdrojů rezistence. Největší pravděpodobnost výskytu takových zdrojů je v geografickém centru jejich původu. V případě druhu brukve zelné (*B. oleracea*) se jedná o oblast Středozeví a pobřeží západní Evropy. Proto například nejodolnější odrůdy květáku, který je mimochodem velice vnímavou plodinou, pochází z Itálie (Rod, 2006). Středozeví oblast je také místem původu *P. brassicae* (Howard et al. 2010). Hodnocení odolnosti brukvovitých rostlin vůči *P. brassicae* odhalilo její širokou variabilitu (Kopecký et al., 2012b). Variabilita ve výsledcích v rámci jednoho genotypu je pravděpodobně dána zejména cizosprašností hodnoceného heterogenního rostlinného materiálu, a tím danou heterozygotní povahou hodnocených rostlin. Variabilita v reakcích jednotlivých druhů brukvovitých rostlin a odrůd může být také způsobena odlišnou patogenitou jednotlivých patotypů *P. brassicae* (Crute et al. 1980; Toxopeus et al. 1986), kterých bylo jen na území bývalého Československa objeveno 35 (Chytilová a Dušek, 2007).

Cílem této práce bylo otestovat unikátní soubor rostlinných druhů z čeledi Brassicaceae s genomem A, B i C včetně jejich amfidiploidů a pokusit se identifikovat genetické zdroje odolné vůči *P. brassicae* pro použití ve šlechtění na odolnost vůči nádorovitosti kořenů brukvovitých vůči rase dominantní ve střední Evropě (Zamani-Noor et al., 2018). Tato práce je

ojedinělá nejen širokým spektrem hodnocených genotypů, ale i testováním v kontrolovaných a také polních podmínkách. Na základě dostupné literatury a podle mých nejlepších znalostí, žádná tak rozsáhlá práce zatím nebyla publikovaná.

4.1. Metodika hodnocení

Jistá nekonzistence při porovnání výsledků s jinými autory může být dána rozdílnou metodikou testování. Bylo vyvinuto několik různých způsobů, jak hodnotit odolnost brukvovitých rostlin na odolnost vůči *P. brassicae* v kontrolovaných i nekontrolovaných podmínkách. Jedná se např. o tyto inokulační postupy: a) namáčení kořenů – při této metodě dochází k namáčení kořenů semenáčků ve fázi děložních lístků do suspenze vytrvalých spor s koncentrací 10^7 spor/ml (Johnston, 1968); b) zapracování do půdy, při němž je inokulum důkladně promícháno se suchým růstovým substrátem za vzniku koncentrace inokula 10^6 spor/ml. Osivo je následně vyseto přímo do této směsi (Buczacki, 1973). Semena jsou dále inkubována v růstové komoře při $25\text{ }^\circ\text{C}$ a nepřetržitým osvětlením s intenzitou $100\text{ }\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Crute, 1986b); c) „slurry metoda“ – suspenze vytrvalých spor vytvoří se směsí růstového substrátu kaši (slurry) (Toxopeus a Janssen, 1975; Williams, 1966) obsahující 10^7 spor/ml a objem suspenze a substrátu je v poměru 1:1. Kaše je umístěná na substrát v květináčích (Crute, 1986b); d) inokulace pomocí mikropipety, při níž je na každé semeno vyseté na směs pěstebního substrátu a perlitu mikropipetou aplikováno 0,5 ml inokula koncentrace 10^7 spor/ml a kultivováno při stálé teplotě v rozpětí $20 - 22\text{ }^\circ\text{C}$ a nepřetržitým osvětlením $80 - 100\text{ }\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ po dobu 6-7 týdnů; e) inokulace zakořeněných listů – dochází k inokulaci sekundárních kořenů zakořeněných oddělených listů, které se následně namáčí se do suspenze spor vzniklé rozmixováním nádorů *Plasmodiophora brassicae*, v koncentraci spor 10^7 spor/ml a vysazují se do plastových kontejnerů do směsi pěstebního substrátu s perlitem v poměru 1 : 1; f) inokulace „spodem“ – 1 l destilované vody a 60 ml inokula koncentrace 10^7 spor/ml je nalito do připravených podnosů s květináči osetými semeny hodnocených rostlin. Během několika hodin dochází k absorpci roztoku inokula půdou; f) inokulace kořenového vlášení – zkumavka o objemu 12 ml je naplněna 11 ml živného media a 1 ml roztoku inokula s koncentrací 10^7 spor/ml. Otvorem v zátce je prostrčen kořen dny naklíčených semen (Chytilová a Dušek, 2007). Další možností je inokulace jednosporovým izolátem (Buczacki, 1977; Tinggal a Webster, 1981; Jones et al., 1982; Scott, 1985; Xue et al., 2008), při kterém byla jedna spora v malé kapce ať už parafínu, vody, pufru nebo vodního agaru přenesená na kořenový systém vnímavého hostitele, většinou odrůdy Granaat. Díky své velikosti 2-3 μm je proveditelnost této metody velice nízká, stejně jako nízká infekceschopnost a opakovatelnost (Diederichsen, 2016).

Pro svou nízkou pracnost, vysokou spolehlivost a možnost inokulace velkého množství rostlin v krátkém časovém úseku byla použita modifikovaná metoda inokulace „spodem“ (Chytilová a Dušek, 2007). Pro přípravu inokula byly použité buď čerstvé, nebo maximálně jeden rok uchovávané při teplotě $-18\text{ }^\circ\text{C}$ nádory sklizené z rostlin vypěstovaných na infekčním poli. Abychom zlepšili zdravotní stav hodnocených rostlin, byly pěstovány v teplotní periodě $23\text{ }^\circ\text{C}$ den/ $15\text{ }^\circ\text{C}$ noc, fotoperiodě 16 h den/ 8 h noc a kromě bílého světla produkovaného LED diodami bylo přisvětlováno i infračerveným světlem tak, aby se světelné spektrum přiblížilo slunečnímu svitu. Do každé buňky sadbovače byla vysetá tři semena a následně byla vyjednocená pouze na jednu rostlinu. Tímto způsobem jsem vyloučil ovlivnění pokusu možnou

rozdílnou klíčivostí a vzházivostí semen. Koncentrace inokula 10^7 spor/ml byla ponechána, jelikož výskyt tohoto onemocnění u inokulovaných rostlin byl shodný s koncentracemi 10^9 , 10^8 a 10^6 spor/ml. Statisticky významný rozdíl v indexu napadení byl zjištěn u koncentrace 10^8 spor/ml, pro naše účely příliš vysoký a u ostatních uvedených koncentrací se nelišil (Yang et al., 2021). Další modifikace oproti předchozím metodikám (Diederichsen et al., 2016; Chytilová a Dušek, 2007; Manzanares-Dauleux et al., 2000b; Yang et al., 2021) bylo pěstování rostlin pouze ve sterilním perlitu, což vedlo opět ke zlepšení jejich zdravotního stavu a také k vyloučení případné nežádoucí infekce zahradnickým substrátem. Pro určitou subjektivnost při vyhodnocování jsem prováděl klasifikaci kořenových systémů do jednotlivých kategorií napadení pouze já a pro lepší zřetelnost ne již po 7 (Chytilová a Dušek, 2007; Manzanares-Dauleux et al., 2000b), ale až po 8 týdnech od inokulace. Pro co nejuvěrnější přiblížení standardním provozním podmínkám byly genetické zdroje hodnocené na založeném infekčním poli a ne ve skleníkových nádobových pokusech (Manzanares-Dauleux et al., 2000b), které by byly rychlejší, ale neodrážely by variabilitu bioklimatických faktorů ani interakci s dalšími faktory (např. edafon nebo konkurenční vztahy rostlin, včetně plevelných). Obvykle se položky hodnotí ve dvou opakováních, ale jelikož se jedná o cizospašné rostliny a testovaný materiál je heterogenní povahy, mohou se reakce jednotlivých rostlin lišit v důsledku heterozygotnosti většiny rostlin (Manzanares-Dauleux et al., 2000b). Z tohoto důvodu jsem všechny testované genotypy hodnotil ve třech nezávislých a časově oddělených opakováních.

4.2. Hodnocení odolnosti v kontrolovaných podmínkách

Hasan et al. (2012) otestoval odolnost 36 linií brukve řepáku vodnice (*Brassica rapa* subsp. *rapa* L.) vůči 6 různým patotypům *P. brassicae* a pozoroval vysokou míru rezistence zejména u genotypů Debra, Gelria, ECD 03 a ECD 04, které byly vyšlechtěné z evropských krajových odrůd vodnice (Diederichsen et al., 2009). Další odolnou odrůdou je americká Royal Gam, která však vykazovala variabilitu v odolnosti u jednotlivých patotypů. V našich pokusech hodnocená odrůda vodnice Albina byla také ve srovnání s ostatními plodinami odolnější (hned po ředkvičce, ředkvi a tuřínu), ale na rozdíl od genotypů hodnocených Hasanem et al. (2012) nebyla zcela rezistentní a její index napadení byl 33,33 (Kopecký et al., 2016).

Čínské a pekingské zelí bylo vyšlechtěné v jižní Číně (Song et al., 1988), kam byla nádorovitost zavlečena až v koloniálním období, což by mohlo vysvětlovat absenci rezistence v těchto plodinách (Hasan et al., 2012). Absenci rezistence těchto dvou plodin podporují i výsledky této práce, kdy všech 36 hodnocených genotypů bylo vysoce náchylných s průměrným indexem napadení 85 (Kopecký et al., 2014, 2015).

Rostlinné druhy rodu *Brassica* s genomem C jsou jen zřídka odolné vůči patogenu *P. brassicae* (Piao et al., 2009). Nejodolnějšími odrůdami hlávkového zelí byly v této studii, stejně jako ve studiích autorů Buczacki et al. (1975), Czajka et al. (2020), Diederichsen et al., 2009, Hasan et al. (2012), Jang et al. (2007), Jo et al. (2012), Ning et al. (2018), Voorrips a Visser (1993), Wesółowska (2011, 2014), Williams (1966) a Zamani-Noor et al. (2022) odrůdy Bindsachsener a Badger Shipper, což je v souladu s výsledky této práce. Tyto odrůdy byly druhou a osmou nejtolerantnější odrůdou z 50 genotypů hodnocených v polních podmínkách a spolu s odrůdou Varazdinsko byly nejvýnosnější na pokusném pozemku uměle inokulovaným sporami *P. brassicae* (Kopecký et al., 2009, 2010, 2011; Kopecký a Dušek, 2012). Odolnost

vůči nádorovitosti u těchto položek byla využita již dříve ve šlechtění na odolnost vůči *P. brassicae* v severní Evropě (Gante, 1951; Weisæth, 1977). Naopak všechny odrůdy brokolice a květáku mimo jednu (odrůda Brillant s ECN 09H2300004) byly vysoce náchylné (Kopecký et al., 2012b, 2018). Tyto plodiny byly dle RES i dle DI spolu s růžičkovou kapustou nejméně odolné (Kopecký et al., 2014), v polních podmínkách i s nízkým koeficientem tolerance. Tyto výsledky jsou konzistentní s výsledky Crisp et al. (1989), který hodnotil 1000 genotypů *B. oleracea* reprezentující různé variety a subspecie i s výsledky studie genotypů brukve zelné autorů Hasan et al. (2012). Odrůda Verheul byla v této práci hodnocena, jako druhá nejodolnější (DI 28) z celého souboru testovaných genotypů kadeřavé kapusty (*B. oleracea* var. *acephala*) (Kopecký a Cenklová, 2014), což se shoduje s autory Cao et al. (2014), u kterých byla hodnocena také jako vysoce odolná vůči izolátu Pb3, avšak mírně až vysoce vnímavá (DI 71, 46 a 40) v práci autorů Czajka et al. (2020) vůči izolátům Pb2, Pb3 a Pb9 odebraných v různých částech Polska, pěstovaných na Petriho miskách a hodnocených po 35 dnech od výsevu.

Rostlinný druh *B. nigra* obsahující genom B je geneticky velice variabilní (Negi et al., 2004). Hasan et al. (2012) hodnotil 77 různých linií a zjistil u 78 % z nich vysokou míru odolnosti vůči 5 kanadským patotypům *P. brassicae*. Tato odolnost může být přenesena mezidruhovou hybridizací nebo resyntézou především do *B. napus*, jako v případě fomového černání stonku způsobenou *Leptosphaeria maculans* (Plieske et al., 1998).

Jak již bylo zmíněno výše, u druhů čeledi Brassicaceae s genomem A, B i C byla nalezena odolnost vůči nádorovitosti kořenů brukvovitých. U amfidiploidů je však situace odlišná a rezistence byla nalezena pouze u druhu *Brassica napus* (genom AACC) (Colhoun 1958; Karling 1968; Johnston 1970; Ayers a Lelacheur 1972; Buczacki et al., 1975; Crute et al., 1983; Gustafsson a Fält, 1986), ale ne u *B. juncea* (genom AABB) nebo *B. carinata* (genom BBCC) (Diederichsen et al., 2009). Tyto poznatky potvrzuje i Hasan et al. (2012), který mezi 48 odrůdami *B. juncea* a 24 *B. carinata* nenašel žádné odolné genotypy, ale u *B. napus* našel genotypy s různým stupněm odolnosti vůči rozdílným kanadským patotypům *P. brassicae*. Rasově specifická odolnost byla zjištěna u tuřínu a krmné brukve řepky (Colhoun 1958; Karling 1968; Johnston 1970; Ayers a Lelacheur 1972; Buczacki et al. 1975; Crute et al. 1983; Gustafsson a Fält 1986). Všechny tyto výsledky jsou v souladu s mými zjištěními. Tuřín vykazoval velice široké spektrum odolnosti a byly také nalezeny genotypy vykazující vysokou míru odolnosti (např. Debra s DI=0,54), na druhou stranu např. odrůda Perfection byla vysoce náchylná (DI=92,74) (Hejna et al., 2019; Kopecký et al., 2012a). Tuřín jako plodina je po ředkvi a ředkvičce nejodolnější plodinou dle DI a RES, avšak v toleranci odolnosti v polních podmínkách je překonán ještě brukví pekingskou a čínskou a také kapustou kadeřavou. Brukev sítinová byla hodnocena pouze v polních podmínkách a v souladu s výsledky jiných autorů (Crisp et al., 1989; Diederichsen et al., 2009; Hasan et al. 2012; Piao et al., 2009) byla spolu s brokolicí a krmnou kapustou nejméně odolnou plodinou.

Výsledky této práce odpovídají i výsledkům autorů Crute et al. (1980), Williamson a MacRitchie (1981), Crute (1986b), Crisp et al. (1989), Monteiro a Williams (1989), Bradshaw a Williamson (1991), Dias et al. (1993), Manzanares-Dauleux et al. (2000b), ve kterých bylo zjištěno, že kapusta kadeřavá (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) je odolnější, než ostatní variety brukve zelné (*B. oleracea*). Kapusta kadeřavá je popsána také jako zdroj rezistence např.

vůči mšici zelné (*Brevicoryne brassicae*) (Ellis et al., 1998). Naopak nejméně odolné hodnocené plodiny byly růžičková kapusta, brokolice a květák, což potvrzuje výsledky práce Crete a Chiang (1980) a Crisp (1982). Dixon a Robinson (1986) dále popisují, že především letní a podzimní květáky byly více náchylné, než pozdně podzimní a zimní genotypy. Manzanares-Dauleux et al. (2000b) zjistili, že odrůda květáku Roscoff byla nejvíce náchylná jak v kontrolovaných podmínkách, tak i v nádobových pokusech. U hlávkového zelí to pak byla odrůda Savoy (Williamson a McRitchie, 1981; Dixon a Robinson, 1986). Crisp et al. (1989) pozoroval nižší odolnost u italských krajových odrůd než u moderních odrůd typu Savoy nebo January King. Tyto protichůdné pozorování a také větší rozptyl hodnot indexu napadení (0-97,4) u ředkvi a ředkviček pozorovaném Yang et al. (2021) je možné vysvětlit rozdílným izolátem patogena, jinými genotypy použitých rostlin, ale především vyšší koncentrací spor (10^8 spor/ml) v použitém inokulu (Manzanares-Dauleux et al., 2000b).

4.3. Hodnocení odolnosti v polních podmínkách

Doposud se pouze malé množství studií zabývalo tolerancí brukvovitých rostlin vůči *P. brassicae* v polních podmínkách. Jednalo se především o brukev řepku olejku, brukvovité zeleniny hodnoceny nebyly.

Dixon a Robinson (1986) hodnotili odolnost 404 odrůd brukve zelné (*Brassica oleracea*), konkrétně se jednalo o hlávkové zelí, květák, růžičkovou kapustu a brokolici na základě indexu napadení (disease index), založeném na napadení kořenového systému. V této studii se na rozdíl od mých výsledků nepodařilo statisticky průkazně zjistit rozdíly mezi jednotlivými odrůdami. Rozdíly byly pouze u některých odrůd a v některých letech, ne však ve všech 4 hodnocených letech a ani nebyly nalezené žádné zdroje rezistence, podobně, jako to bylo v případě jiného půdního patogena sněti kukuřičné (*Ustilago maydis*) napadající kukuřici setou (*Zea mays*) (Dixon, 1981).

Randall (1980) provedl screening 68 genotypů ředkviček (*Raphanus sativus*) patotypem ECD 16/6/30 ve skleníku i v polních podmínkách. Skleníkové pokusy ukázaly, že většina hodnocených odrůd pocházejících z USA byla středně až vysoce náchylná, zatímco téměř všechny japonské a evropské odrůdy byly odolné, kromě odrůd Scarlet Knight a Red Prince. V polních podmínkách byly všechny odrůdy pocházející z Nizozemí odolné a odrůdy Novitas, Roem van Zwijndrecht, Flevo, Robijn, Saxafire, Scharo a Verano byly doporučeny ke komerční produkci v USA. V této práci byly testované dvě odrůdy ředkvičky v polních podmínkách s původem v Nizozemí, které měly naopak nízký koeficient tolerance (odrůda Robijn pouze $Kt=29,09$). Tyto rozdíly mohou být způsobené možné vysvětlit rozdílným patotypem patogena, jinými genotypy použitých rostlin, jiným půdním složením a odlišným klimatem v místě pěstování hodnocených rostlin (Manzanares-Dauleux et al., 2000b). Pěstování těchto odrůd v USA však komplikuje fakt, že nejsou odolné vůči *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, rase 2, která se v Evropě nevyskytuje (Randall, 1980).

Výsledky této práce se shodují i s výsledky práce v publikaci Sharma et al. (2012). Genotyp brukve sítinovité (*B. juncea*) měla vyšší index napadení než vodnice (*B. rapa*) a ta měla vyšší index napadení než tuřín, což se potvrdilo i v mé práci.

Planí příbuzní kulturních plodin, krajové, staré odrůdy a hybridy mezi planými formami a kulturními odrůdami brukve zelné (*B. oleracea*), vodnice, čínské zelí (*B. rapa*) a brukve řepky olejky (*B. napus*) byli hodnoceni v polních podmínkách vůči plísni zelné (*Peronospora parasitica* (Pers. ex Fr.) Fr.) a také vůči nádorovce kapustové (*P. brassicae*), rase 4 dle Williams. Vodnice pod označením 12 neprojevila žádné známky napadení (Carlsson et al., 2004), což je v rozporu s výsledky této práce, v níž hodnocená odrůda vodnice Albina měla o téměř 75 % nižší výnos na infekčním poli než na poli kontrolním a vykazovala jednoznačné známky infekce (kromě napadeného kořenového systému se jednalo o vadnutí a žloutnutí listů), podobně jako kadeřavá kapusta Verheul. V této práci v kontrolovaných podmínkách vykazovala index napadení sice 27,82, avšak koeficient tolerance pouze 40,91 na rozdíl od výsledků autorů Carlsson et al. (2004), kde byla třetí nejodolnější odrůdou z 52 testovaných se skóre napadení 4,19 (toto skóre se pohybuje 0 do 9; 9 je nejvyšší stupeň napadení). I další výsledky z publikace Carlsson et al. (2004) jsou v rozporu s našimi výsledky, jedná se především o odolnost odrůd hlávkového zelí Bindsachsener. Carlsson et al. (2004) pozoruje pouze průměrnou odolnost (5,61), ačkoliv v mé práci se jedná o nejtolerantnější odrůdu (Kopecký a Hýbl, 2018). Tato odrůda se používá v Evropě v rezistenčním šlechtění na odolnost vůči *P. brassicae* spolu s odrůdami Boehmerwaldkohl a Badger Shipper (Chiang et al., 1977, 1980; Landry et al., 1992; Diederichsen et al., 2009). Odrůdy Badger Shipper a Bindsachsener jsou dokonce součástí ECD sady (tester č. 11 a 12) (Buczacki et al., 1975). Mé výsledky jsou podpořené i výsledky Crute et al. (1980, 1983, 1986b), Gante (1951), Hassan et al. (2012), Kim et al. (2016), Somé et al. (1996), Weisæth (1977) a Wesolowska (2011, 2014).

Poznatků získaných v této práci jsem prakticky využil při tvorbě první odrůdy tuřinu Ruzzini (kód odrůdy 5103659), která je zároveň i první odrůda brukvovité zeleniny v České republice (Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2020), která byla vytvořena pomocí tzv. metody dihaploidů (Klíma et al., 2022). Tímto postupem bylo možné výrazně zkrátit celý proces tvorby odrůdy o 3-5 let ve srovnání s tradičními metodami. Navíc byl získán, na rozdíl od klasických postupů, 100% homozygotní, po genetické stránce uniformní materiál. Tím je dán předpoklad pro vypěstování rostlin s vysokou uniformitou tržního produktu (bulvy), což je v případě brukvovité zeleniny jeden z klíčových parametrů (Ulvrová et al., 2019). Další dvě odrůdy jsou již v druhém roce uznávacího řízení. V rámci výzkumného projektu číslo QK1910070 podpořeným Národní agenturou pro zemědělský výzkum (NAZV) s názvem Využití biotechnologických metod a netradičních genetických zdrojů k charakterizaci a tvorbě uniformních linií brukvovité zeleniny se specifickými parametry kvality, výnosu a rezistence k významným chorobám nadále pokračují práce asociačním mapováním, tj. srovnáním odolnosti osekvenovaného souboru genotypů brukvovitých rostlin k nádorovitosti. Zároveň je také na našem pracovišti hodnocena odolnost jednotlivých položek z genofondové kolekce brukvovitých zelenin vůči širokému spektru izolátů rozdílných patotypů a rozdílného původu.

Nádorovitost kořenů brukvovitých, způsobená *Plasmodiophora brassicae*, je jednou z nejzávažnějších a nejvýznamnějších chorob brukvovitých rostlin. Management nádorovitosti je obtížný a nejlepší způsobem jak se nákaze vyhnout je pěstování v místech bez výskytu *P. brassicae*, což ovšem není vždy možné. Tato práce na základě získaných výsledků poskytuje informace pro pěstitele rostlin, které plodiny a jejich odrůdy pěstovat v podmínkách s výskytem

P. brassicae. Znalost odolnosti jednotlivých genotypů je důležitá s ohledem na lokální podmínky v měnícím se klimatu, ale i ohledem na rostlinnou a živočišnou výrobu a také konzervaci genetických zdrojů rostlin rodu *Brassica*.

5. ZÁVĚR

Nejodolnější genotypy kvěťáku byly Agora, kedlubnu Nichtschiessender, kapusty kadeřavé Lerchungen, kapusty růžičkové Spirala, kapusty hlávkové Rana zluta, brokolice Zavitka, vodnice Albina, tuřinu Marian, brukve pekinské a čínské Landrace (CHN 12) a ředkvičky Nr. 6225. Tyto genotypy jsou vhodné pro pěstování v podmínkách s výskytem nádorovitosti i pro použití ve šlechtitelských programech zaměřených na odolnost brukvovitých plodin vůči nádorovce kapustové (*Plasmodiophora brassicae*).

Nejméně odolné byly genotypy kvěťáku Sesam, kedlubnu Kozmanova modra, kapusty kadeřavé Nero di Toscana, kapusty růžičkové Merkator, kapusty hlávkové Predzvest, brokolice Rozeta, vodnice Albina, tuřinu Perfection, brukve pekinské a čínské Landrace (CHN 7) a ředkvičky Modra.

6. LITERATURA

Agostini, J. P., Bushong, P. M., & Timmer, L. W. (2003). Greenhouse evaluation of products that induce host resistance for control of scab, melanose, and *Alternaria* brown spot of citrus. *Plant Disease*, 87(1), 69-74.

Aitchison, J. (1986). *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Chapman and Hall, London.

Al-Daoud, F., Gossen, B. D., Robson, J., & McDonald, M. R. (2017). Propidium monoazide improves quantification of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* with qPCR. *Plant Disease*, 101(3), 442-447.

Arie, T., Kobayashi, Y., Kono, Y., Gen, O., & Yamaguchi, I. (1999). Control of clubroot of crucifers by *Phoma glomerata* and its product epoxydon. *Pesticide Science*, 55(5), 602-604.

Arif, S., Liaquat, F., Yang, S., Shah, I. H., Zhao, L., Xiong, X., & Zhang, Y. (2021). Exogenous inoculation of endophytic bacterium *Bacillus cereus* suppresses clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) occurrence in pak choi (*Brassica campestris* sp. *chinensis* L.). *Planta*, 253(2), 1-15.

Asano, T., Kageyama, K., & Hyakumachi, M. (1999). Surface disinfestation of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* used to infect hairy roots of *Brassica* spp. *Phytopathology*, 89(4), 314-319.

Asano, T., Kageyama, K., & Hyakumachi, M. (2000). Germination of surface-disinfected resting spores of *Plasmodiophora brassicae* and their root hair infection in turnip hairy roots. *Mycoscience*, 41, 49-54.

- Asano, T., & Kageyama, K. (2006). Growth and movement of secondary plasmodia of *Plasmodiophora brassicae* in turnip suspension-culture cells. *Plant Pathology*, 55(1), 145-151.
- Ayers, G. W. (1944). Studies on the life history of the club root organism, *Plasmodiophora brassicae*. *Canadian Journal of Research*, 22(4), 143-149.
- Ayers, G. W., & Lelacheur, K. E. (1972). Genetics of resistance in rutabaga to two races of *Plasmodiophora brassicae*. *Canadian Journal of Plant Science*, 52(6), 897-900.
- Bailey, L. H. (1961). *Manual of Cultivated Plants*. MacMillan, New York.
- Bradshaw, J. E., & Williamson, C. J. (1991). Selection for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in marrowstem kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.). *Annals of Applied Biology*, 119(3), 501-511.
- Bradshaw, J. E., Gemmell, D. J., & Wilson, R. N. (1997). Transfer of resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) to swedes (*Brassica napus* L. var. *napobrassica* Peterm) from *B. rapa*. *Annals of Applied Biology*, 130(2), 337-348.
- Buczacki, S. T. (1973). Glasshouse evaluation of some systemic fungicides for control of clubroot of *brassicae*. *Annals of Applied Biology*, 74(1), 85-90.
- Buczacki, S. T. (1983). *Plasmodiophora*: an inter-relationship between biological and practical problems. In: Buczacki S. T. (ed) *Zoosporic Plant Pathogens*. Academic Press, London, pp. 161-191.
- Buczacki, S. T. & Cadd, S. E. (1976). Size distribution of the clubroot organism, *Plasmodiophora brassicae*. *Transactions of the British Mycological Society*, 67, 133-136.
- Buczacki, S. T., & Moxham, S. E. (1979). A triple stain for differentiating resin-embedded sections of *Plasmodiophora brassicae* in host tissues under the light microscope. *Transactions of the British Mycological Society*, 72(2), 311.
- Buczacki, S. T., & Moxham, S. E. (1983). Structure of the resting spore wall of *Plasmodiophora brassicae* revealed by electron microscopy and chemical digestion. *Transactions of the British Mycological Society*, 81(2), 221-231.
- Buczacki, S. T., Toxopeus, H., Mattusch, P., Johnston, T. D., Dixon, G. R., & Hobolth, L. A. (1975). Study of physiologic specialization in *Plasmodiophora brassicae*: proposals for attempted rationalization through an international approach. *Transactions of the British Mycological Society*, 65(2), 295-303.
- Buczacki, S. T., & White, J. G. (1977). Preliminary glasshouse and field tests of soil partial sterilants for clubroot control. *Annals of Applied Biology*, 85(2), 265-275.
- Burki, F., Kudryavtsev, A., Matz, M. V., Aglyamova, G. V., Bulman, S., Fiers, M., & Pawlowski, J. (2010). Evolution of Rhizaria: new insights from phylogenomic analysis of uncultivated protists. *BMC Evolutionary Biology*, 10, 1-18.

- CABI. (2021). *Plasmodiophora brassicae*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/isc>.
- Cao, T., Tewari, J., & Strelkov, S. E. (2007). Molecular detection of *Plasmodiophora brassicae*, causal agent of clubroot of crucifers, in plant and soil. *Plant Disease*, 91(1), 80-87.
- Cao, T., Rennie, D. C., Manolii, V. P., Hwang, S. F., Falak, I., & Strelkov, S. E. (2014). Quantifying resistance to *Plasmodiophora brassicae* in *Brassica* hosts. *Plant Pathology*, 63(3), 715-726.
- Carlsson, M., Bothmer, R. V., & Merker, A. (2004). Screening and evaluation of resistance to downy mildew (*Peronospora parasitica*) and clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in genetic resources of *Brassica oleracea*. *Hereditas*, 141(3), 293-300.
- Colhoun, J. (1957). A technique for examining soil for the presence of *Plasmodiophora brassicae* Woron. *Annals of Applied Biology*, 45(3), 559-565.
- Colhoun, J. (1958). Club root disease of crucifers caused by *Plasmodiophora brassicae* Woron.: a Monograph. *Phytopathological Paper No. 3*. Kew, Surrey, UK: The Commonwealth Mycological Institute, p. 108.
- Cook, R. J. (2006). Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(49), 18389-18394.
- Crete, R. (1981). Worldwide importance of clubroot. *Clubroot Newsletter*, 11, 6-7.
- Crete, R., & Chiang, M. S. (1980). Screening Brassicas for resistance to clubroot, *Plasmodiophora brassicae* Wor. *Canadian Plant Disease Survey*, 60(1), 17.
- Crisp, P. (1982). The use of an evolutionary scheme for cauliflowers in the screening of genetic resources. *Euphytica*, 31(3), 725-734.
- Crisp, P., Crute, I. R., Sutherland, R. A., Angell, S. M., Bloor, K., Burgess, H., & Gordon, P. L. (1989). The exploitation of genetic resources of *Brassica oleracea* in breeding for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). *Euphytica*, 42(3), 215-226.
- Crute, I. R. (1986a). *Plasmodiophora brassicae*. In: Lebeda, A. *Metody testování rezistence zelenin vůči rostlinným patogenům (Methods of Testing Vegetable Crops for Resistance to Plant Pathogens)*. Olomouc: VJH Sempra, Výzkumný a šlechtitelský ústav zelinářský Olomouc; Československá vědeckotechnická společnost Praha, pp. 137-143.
- Crute, I. R. (1986b). The relationship between *Plasmodiophora brassicae* and its hosts: the application of concepts relating to variation in inter-organismal associations. *Advanced Plant Pathology*, 5, 1-52.
- Crute, I. R., Gray, A. R., Crisp, P., & Buczacki, S. T. (1980). Variation in *Plasmodiophora brassicae* and resistance to clubroot disease in brassicas and allied crops-a critical review. *Plant Breeding Abstracts*, 50(2), 91-104.

- Crute, I. R., Phelps, K., Barnes, A., Buczacki, S. T., & Crisp, P. (1983). The relationship between genotypes of three *Brassica* species and collections of *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Pathology*, 32(4), 405-420.
- Czajka, A., Markiewicz, M., Kowalska, B., & Smolińska, U. (2020). Reaction of clubroot-resistant genotypes of *Brassica rapa*, *Brassica napus* and *Brassica oleracea* to Polish *Plasmodiophora brassicae* pathotypes in laboratory tests. *European Journal of Plant Pathology*, 158(2), 533-544.
- Deora, A., Gossen, B. D., & McDonald, M. R. (2013). Cytology of infection, development and expression of resistance to *Plasmodiophora brassicae* in canola. *Annals of Applied Biology*, 163(1), 56-71.
- Dias, J. S., Ferreira, M. E., & Williams, P. H. (1993). Screening of Portuguese cole landraces (*Brassica oleracea* L.) with *Peronospora parasitica* and *Plasmodiophora brassicae*. *Euphytica*, 67, 135-141.
- Diederichsen, E., Deppe, U., & Sacristan, M. D. (2003). Characterization of clubroot resistance in recent winter oilseed rape material. In: *Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress*, July 6-10, Copenhagen, Denmark, pp. 68-70, ISBN 87-7611-003-6.
- Diederichsen, E., Frauen, M., Linders, E. G., Hatakeyama, K., & Hirai, M. (2009). Status and perspectives of clubroot resistance breeding in crucifer crops. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3), 265-281.
- Diederichsen, E., & Sacristan, M. D. (1996). Disease response of resynthesized *Brassica napus* L. lines carrying different combinations of resistance to *Plasmodiophora brassicae* Wor. *Plant Breeding*, 115(1), 5-10.
- Diederichsen, E., Wagenblatt, B., & Schallehn, V. (2016). Production of pure genotype isolates of *Plasmodiophora brassicae* Wor. -comparison of inoculations with root hairs containing single sporangiosori or with single resting spores. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 621-627.
- Dixon, G. R. (1981). *Vegetable Crop Diseases*. MacMillan Publishers Ltd., London and Basingstoke, U.K.
- Dixon, G. R. (1999). Keeping clubroot on the run. *Grower*, 29, 28-29.
- Dixon, G. R. (2009). The occurrence and economic impact of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(3), 194-202.
- Dixon, G. R. (2012). Climate change, plant pathogens and food production. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34(3), 362-379.
- Dixon, G. R., & Robinson, D. L. (1986). The susceptibility of *Brassica oleracea* cultivars to *Plasmodiophora brassicae* (clubroot). *Plant Pathology*, 35(1), 101-107.

- Dobosy, J. R., Rose, S. D., Beltz, K. R., Rupp, S. M., Powers, K. M., Behlke, M. A., & Walder, J. A. (2011). RNase H-dependent PCR (rhPCR): improved specificity and single nucleotide polymorphism detection using blocked cleavable primers. *BMC Biotechnology*, *11*(1), 1-18.
- Dobson, R., Gabrielson, R. L., & Baker, A. S. (1982). Soil water matrix potential requirements for root-hair and cortical infection of Chinese cabbage by *Plasmodiophora brassicae*. *Phytopathology*, *7*, 1598–1600.
- Dobson, R. L., & Gabrielson, R. L. (1983). Role of primary and secondary zoospores of *Plasmodiophora brassicae* in the development of clubroot in Chinese cabbage. *Phytopathology*, *73*, 559–561.
- Donald, E. C., Porter, I. J., Faggian, R., & Lancaster, R. A. (2006a). An integrated approach to the control of clubroot in vegetable *Brassica* crops. *Acta Horticulturae*, *706*, 283–300.
- Donald, E. C., Cross, S. J., Lawrence, J. M., & Porter, I. J. (2006b). Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae*, the cause of clubroot, in Australia. *Annals of Applied Biology*, *148*(3), 239-244.
- Douda, J., Doudová, J., Hulík, J., Havrdová, A., & Boublík, K. (2018). Reduced competition enhances community temporal stability under conditions of increasing environmental stress. *Ecology*, *99*(10), 2207-2216.
- Doyle, P. (1990). Sequences in the primary stages of *Plasmodiophora brassicae* (video). Audio Visual Centre, University College Dublin, Dublin.
- Einhorn, G., & Bochow, H. (1990). Influence of temperature and soil pH value on the pathogenesis of clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*, *26*, 131–138.
- Ellis, P. R., Pink, D. A. C., Phelps, K., Jukes, P. L., Breeds, S. E., & Pinnegar, A. E. (1998). Evaluation of a core collection of *Brassica oleracea* accessions for resistance to *Brevicoryne brassicae*, the cabbage aphid. *Euphytica*, *103*, 149-160.
- Emmert, E. A., & Handelsman, J. (1999). Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective. *FEMS Microbiology Letters*, *171*(1), 1-9.
- Faggian, R., Bulman, S. R., Lawrie, A. C., & Porter, I. J. (1999). Specific polymerase chain reaction primers for the detection of *Plasmodiophora brassicae* in soil and water. *Phytopathology*, *89*(5), 392-397.
- Faggian, R., & Strelkov, S. E. (2009). Detection and measurement of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Plant Growth Regulation*, *28*(3), 282-288.
- Fredua-Agyeman, R., Hwang, S. F., Strelkov, S. E., Zhou, Q., & Feindel, D. (2018). Potential loss of clubroot resistance genes from donor parent *Brassica rapa* subsp. *rapifera* (ECD 04) during doubled haploid production. *Plant Pathology*, *67*, 892–901.

- Friberg, H., Lagerlöf, J., & Rämert, B. (2005). Germination of *Plasmodiophora brassicae* resting spores stimulated by a non-host plant. *European Journal of Plant Pathology*, *113*, 275-281.
- Friberg, H., Lagerlöf, J., & Rämert, B. (2006). Usefulness of nonhost plants in managing *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Pathology*, *55*(5), 690-695.
- Fox, N. M., Hwang, S. F., Manolii, V. P., Turnbull, G., & Strelkov, S. E. (2022). Evaluation of lime products for clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) management in canola (*Brassica napus*) cropping systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *44*(1), 21-38.
- Fu, H., Yang, Y., Mishra, V., Zhou, Q., Zuzak, K., Feindel, D., & Feng, J. (2020). Most *Plasmodiophora brassicae* populations in single canola root galls from Alberta fields are mixtures of multiple strains. *Plant Disease*, *104*(1), 116-120.
- Gante, T. (1951). Hernieresistenz bei Weißkohl. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, *30*, 188-197.
- Garber, R. C., & Aist, J. R. (1979). The ultrastructure of meiosis in *Plasmodiophora brassicae* (Plasmodiophorales). *Canadian Journal of Botany*, *57*(22), 2509-2518.
- Garrett, S. D. (1956). *Biology of Root Invading Fungi*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Gibbs, J. G. (1931). Dissemination of clubroot in the dung from stock. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, *42*, 193-198.
- Gossen, B. D., Adhikari, K. K., & McDonald, M. R. (2012). Effect of seeding date on development of clubroot in short-season *Brassica* crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *34*(4), 516-523.
- Gustafsson, M., & Fält A.-S. (1986). Genetic studies on resistance to clubroot in *Brassica napus*. *Annals of Applied Biology*, *108*(2), 409-415.
- Hardham, A. R., Suzaki, E., & Perkin, J. L. (1986). Monoclonal antibodies to isolate-, species, and genus-specific components on the surface of zoospores and cysts of the fungus *Phytophthora cinnamomi*. *Canadian Journal of Botany*, *64*(2), 311-321.
- Harding, M. W., Hill, T. B., Yang, Y., Daniels, G. C., Hwang, S. F., Strelkov, S. E., & Feng, J. (2019). An improved Evans blue staining method for consistent, accurate assessment of *Plasmodiophora brassicae* resting spore viability. *Plant Disease*, *103*(9), 2330-2336.
- Hasan, M., Strelkov, S. E., Howard, R. J., & Rahman, H. (2012). Screening of *Brassica* germplasm for resistance to *Plasmodiophora brassicae* pathotypes prevalent in Canada for broadening diversity in clubroot resistance. *Canadian Journal of Plant Science*, *92*(3), 501-515.
- Jones, D. R., Ingram, D. S., & Dixon, G. R. (1982). Characterization of isolates derived from single resting spores of *Plasmodiophora brassicae* and studies of their interaction. *Plant Pathology*, *31*(3), 239-246.

- Hayashida, N., Takabatake, Y., Nakazawa, N., Aruga, D., Nakanishi, H., Taguchi, G., & Matsumoto, E. (2008). Construction of a practical SCAR marker linked to clubroot resistance in Chinese cabbage, with intensive analysis of HC352b genes. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77(2), 150-154.
- Hejna, O., Kopecký, P., & Čurn, V. (2019). Hledání genetických zdrojů rezistence k nádorovitosti košťálovin. *Úroda*, 67, 121-126. ISSN 0139-6013.
- Hill, T. B., Daniels, G. C., Feng, J., & Harding, M. W. (2022). Hard to kill: Inactivation of *Plasmodiophora brassicae* resting spores using chemical disinfectants. *Plant Disease*, 106(1), 190-196.
- Hindson, B. J., Ness, K. D., Masquelier, D. A., Belgrader, P., Heredia, N. J., Makarewicz, A. J., & Colston, B. W. (2011). High-throughput droplet digital PCR system for absolute quantitation of DNA copy number. *Analytical Chemistry*, 83(22), 8604-8610.
- Hirai, M., & Matsumoto, S. (2007). *Brassica rapa*. *Vegetables*, pp. 185-190.
- Hnátek, J., Maňasová, M., Zouhar, M., Wenzelová, J., Mazáková, J., Ryšánek, P., & Douda, O. (2020). Nové postupy ochrany proti *Plasmodiophora brassicae* - poloprovozní testy. In: *Nové postupy ochrany proti Plasmodiophora brassicae - poloprovozní testy* [online]. [cit. 2023-08-01]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/nove-postupy-ochrany-proti-plasmodiophora-brassicae-poloprovozni-testy>.
- Honig, F. (1931). The pathogene of club root (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). A monograph. *Gartenbauwissenschaft*, 5, 116-225.
- Holtz, M. D., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2018). Genotyping of *Plasmodiophora brassicae* reveals the presence of distinct populations. *BMC Genomics*, 19(1), 1-10.
- Holtz, M. D., Hwang, S. F., Manolii, V. P., Strelkov, I. S., & Strelkov, S. E. (2021). Development of molecular markers to identify distinct populations of *Plasmodiophora brassicae*. *European Journal of Plant Pathology*, 159(3), 637-654.
- Howard, R. J., Strelkov, S. E., & Harding, M. W. (2010). Clubroot of cruciferous crops—new perspectives on an old disease. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32(1), 43-57.
- Hwang, S. F., Strelkov, S. E., Gossen, B. D., Turnbull, G. D., Ahmed, H. U., & Manolii, V. P. (2011). Soil treatments and amendments for amelioration of clubroot of canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(6), 999-1010.
- Chagné, D., Batley, J., Edwards, D., & Forster, J. W. (2007). Single nucleotide polymorphism genotyping in plants. In: *Association Mapping in Plants*. Springer, New York, NY, pp. 77-94.
- Cheah, L. H., Veerakone, S., & Kent, G. (2000). Biological control of clubroot on cauliflower with *Trichoderma* and *Streptomyces* spp. *New Zealand Plant Protection*, 53, 18-21.

- Chen, Y., Yan, F., Chai, Y., Liu, H., Kolter, R., Losick, R., & Guo, J. H. (2013). Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. *Environmental Microbiology*, 15(3), 848-864.
- Chiang, B. Y., Chiang, M. S., Grant, W. F., & Crete, R. (1980). Transfer of resistance to race 2 of *Plasmodiophora brassicae* from *Brassica napus* to cabbage (*B. oleracea* spp. *capitata*). IV. A resistant 18- chromosome B1 plant and its B2 progenies. *Euphytica*, 29, 47-55.
- Chiang, M. S., & Crete, R. (1976). Diallel analysis of the inheritance of resistance to 6 of *Plasmodiophora brassicae* in cabbage. *Canadian Journal of Plant Science*, 56, 865-868.
- Chiang, M. S., & Crete, R. (1983). Transfer of resistance to race 2 of *Plasmodiophora brassicae* from *Brassica napus* to cabbage (*B. oleracea* ssp. *capitata*). V. The inheritance of resistance. *Euphytica*, 32(2), 479-483.
- Chiang, M. S., Chiang, B. Y., Grant, W. F. (1977). Transfer of resistance to race 2 of *Plasmodiophora brassicae* from *Brassica napus* to cabbage (*B. oleracea* var. *capitata*). I. Interspecific hybridization between *B. napus* and *B. oleracea* var. *capitata*. *Euphytica*, 26, 319-336.
- Chytilová, V., & Dušek, K. (2007). *Metodika testování odolnosti brukvovitých plodin k nádorovitosti*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně.
- Ingram, D. S., & Tommerup, I. C. (1972). The life history of *Plasmodiophora brassicae* Woron. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 180(1058), 103-112.
- Ikegami, H., Mukobata, H., & Naiki, T. (1978). Scanning electron microscopy of *Plasmodiophora brassicae* in diseased root cells of turnip and Chinese cabbage. Studies on the clubroot of cruciferous plants. III. *Japanese Journal of Phytopathology*, 44(4), 456-464.
- Ikegami, H., Naiki, T., Ito, T., & Imuro, Y., (1982). Ultrastructural growth process of *Plasmodiophora brassicae* in infected cells of Chinese cabbage and turnip. Studies on the clubroot of cruciferous plants. IV. *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture Gifu University*, 46, 9-19.
- Ito, S., Maehara, T., Maruno, E., Tanaka, S., Kameya-Iwaki, M., & Kishi, F. (1999). Development of a PCR-based assay for the detection of *Plasmodiophora brassicae* in soil. *Journal of Phytopathology*, 147(2), 83-88.
- James, W. C., & Teng, P. S. (1979). The quantification of production constraints associated with plant diseases. In: Coaker, T. H. (Ed.). *Applied Biology*, 4. New York: Academic Press. pp. 201-267.
- Jang, S. J., Heo, S. H., Jang, C. S., Kang, S. W., Lim, Y. P., & Kim, H. G. (2007). Races and dominant population of Chinese cabbage clubroot pathogen, *Plasmodiophora brassicae* in Korea. *Research in Plant Disease*, 13(1), 45-49.

- Jäschke, D., Dugassa-Gobena, D., Karlovsky, P., Vidal, S., & Ludwig-Müller, J. (2010). Suppression of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) development in *Arabidopsis thaliana* by the endophytic fungus *Acremonium alternatum*. *Plant Pathology*, 59(1), 100-111.
- Jo, S. J., Shim, S. A., Jang, K. S., Choi, Y. H., Kim, J. C., & Choi, G. J. (2012). Development of efficient screening method for resistant cabbage and broccoli to *Plasmodiophora brassicae*. *Research in Plant Disease*, 18(2), 86-92.
- Johnston, T. D. (1968). Club root in *brassica* a standard inoculation technique and the specification of races. *Plant Pathology*, 17(4), 184-187.
- Johnston, T. D. (1970). A new factor for resistance to club root in *Brassica napus* L. *Plant Pathology*, 19, 156-58.
- Kageyama, K., & Asano, T. (2009). Life cycle of *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 203-211.
- Karling, J. S. (1968). *The Plasmodiophorales (2nd edition)*. Hafner Publishing Company, New York, NY, USA.
- Khalid, M., Hui, N., Rahman, S. U., Hayat, K., & Huang, D. (2020). Suppression of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) development in *Brassica campestris* sp. *chinensis* L. via exogenous inoculation of *Piriformospora indica*. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13(1), 180-190.
- Kilian, M., Steiner, U., Krebs, B., Junge, H., Schmiedeknecht, G., & Hain, R. (2000). FZB24® *Bacillus subtilis*—mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, 1(00), 1.
- Kim, H., Jo, E. J., Choi, Y. H., Jang, K. S., & Choi, G. J. (2016). Pathotype classification of *Plasmodiophora brassicae* isolates using clubroot-resistant cultivars of Chinese cabbage. *The Plant Pathology Journal*, 32(5), 423.
- Klíma, M., Kopecký, P., Vítámvás, P., Prášil, I. T., Kosová, K. (2022). *Metodika tvorby linií tuřínu pomocí systému dihaploidů*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně. ISBN 978-80-7427-397-1. Osvědčení ÚKZÚZ 241443/202.
- Kobelt, P., Siemens, J., & Sacristán, M. D. (2000). Histological characterisation of the incompatible interaction between *Arabidopsis thaliana* and the obligate biotrophic pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Mycological Research*, 104(2), 220-225.
- Kopecký, P., & Cenklová, V. (2013). Studium odolnosti vybraných genotypů kapusty kadeřavé vůči nádorovitosti brukvovitých. *Úroda*, 61, 154-157.
- Kopecký, P., Cenklová, V., & Dušek, K. (2012a). Studium odolnosti vybraných genotypů tuřínu vůči nádorovitosti brukvovitých. *Úroda*, 60, 37-42.
- Kopecký, P., Doležalová, I., Duchoslav, M., & Dušek, K. (2012b). Variability in resistance to clubroot in European cauliflower cultivars. *Plant Protection Science*, 48(4), 156-161.

Kopecký, P., & Dušek, K. (2012). Screening the *Brassicas* Czech national collection for sources of clubroot resistance. *Acta Horticulturae*, 960, 147-150.

Kopecký, P., Dušek, K., & Doležalová, I. (2011). Czech collection of cabbage genetic resources and its screening for tolerance to clubroot. In: I. Frébort, J. Šamaj (eds.), *Olomouc Biotech 2011, Plant Biotechnology: Green for Good*, Book of Abstracts, June 19-22, Olomouc, Czech Republic, p. 56, ISBN 978-80-254-9794-4.

Kopecký, P., Havránek, P., Dušek, K., & Chytilová, V. (2010). Význam střeoevropských krajových a primitivních odrůd hlávkového zelí pro šlechtění na odolnost vůči nádorovitosti brukvovitých (*Plasmodiophora brassicae* Wor.). In: *Hodnotenie genetických zdrojov rastlin pre výživu a poľnohospodárstvo*, Zborník zo 6. vedeckej konferencie, Piešťany. CVRV, pp. 62-63. ISBN 978-80-89417-13-1.

Kopecký, P., Hron, K., Hrůzová, K., Hýbl, M., & Dušek, K. (2014). Studium odolnosti vybraných genotypů čínské zeli a růžičkové kapusty vůči nádorovitosti brukvovitých. *Úroda*, 62, 207-210.

Kopecký, P., Hron, K., Hrůzová, K., Hýbl, M., & Dušek, K. (2015). Studium odolnosti vybraných genotypů pekingského zelí vůči nádorovitosti brukvovitých. *Úroda*, 63, 155-158.

Kopecký, P., Hrůzová, K., Hron, K., & Hýbl, M. (2018). Comparison of resistance of cauliflower and kohlrabi to clubroot. *Acta Horticulturae*, 1202, 81-86.

Kopecký, P., & Hýbl, M. (2018). Odolnost hlávkového zelí vůči nádorovitosti v polních podmínkách. *Úroda*, 66, 159-162.

Kopecký, P., Hýbl, M., Hrůzová, K., Hron, K., & Dušek, K. (2016). Odolnost vybraných genetických zdrojů hlávkové kapusty, brokolice a vodnice vůči nádorovitosti brukvovitých. *Úroda*, 64, 165-168.

Kopecký, P., Hýbl, M., Petrželová, I., & Duchoslav, M. (2020). Odolnost vybraných genotypů ředkvičky vůči nádorovitosti kořenů brukvovitých. *Úroda*, 68, 93-98.

Kopecký, P., Chytilová, V., Karlová, K., & Dušek, K. (2009). Genetic resources of cabbage (*Brassica oleracea* ssp. *capitata*) in the Czech Republic and its sensibility to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). In: Meglič, V., Bastar, M. T. (eds.): *Book of Abstracts of 19th Eucarpia Conference, Genetic Resources Section*, May 26-29, Ljubljana, Slovenia, p. 71, ISBN 978-961-6505-40-6.

Kuginuki, Y., Ajisaka, H., Yui, M., Yoshikawa, H., Hida, K. I., & Hirai, M. (1997). RAPD markers linked to a clubroot-resistance locus in *Brassica rapa* L. *Euphytica*, 98(3), 149-154.

Kuginuki, Y., Yoshikawa, H., & Hirai, M. (1999). Variation in virulence of *Plasmodiophora brassicae* in Japan tested with clubroot-resistant cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *European Journal of Plant Pathology*, 105, 327-332.

- Lagercrantz, U. (1998). Comparative mapping between *Arabidopsis thaliana* and *Brassica nigra* indicates that *Brassica* genomes have evolved through extensive genome replication accompanied by chromosome fusions and frequent rearrangements. *Genetics*, 150(3), 1217-1228.
- Lahlali, R., Peng, G., Gossen, B. D., McGregor, L., Yu, F. Q., Hynes, R. K., & Boyetchko, S. M. (2013). Evidence that the biofungicide Serenade (*Bacillus subtilis*) suppresses clubroot on canola via antibiosis and induced host resistance. *Phytopathology*, 103(3), 245-254.
- Landry, B. S., Hubert, N., Crete, R., Chang, M. S., Lincoln, S. E., & Etoh, T. (1992). A genetic map for *Brassica oleracea* based on RFLP markers detected with expressed DNA sequences and mapping of resistance genes to race 2 of *Plasmodiophora brassicae* (Woronin). *Genome*, 35(3), 409-420.
- Li, X. Y., Mao, Z. C., Wang, Y. H., Wu, Y. X., He, Y. Q. & Long, C. L. (2013). Diversity and active mechanism of fengycin-type cyclopeptides from *Bacillus subtilis* XF-1 against *Plasmodiophora brassicae*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(3), 313-321.
- Lickacz, J. (2002). *Wood Ash: An Alternative Liming Material for Agricultural Soils*. Edmonton, AB: Alberta Agriculture, Food and Rural Development.
- Liu, C., Yang, Z., He, P., Munir, S., Wu, Y., Ho, H., & He, Y. (2018). Deciphering the bacterial and fungal communities in clubroot-affected cabbage rhizosphere treated with *Bacillus subtilis* XF-1. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, 12-22.
- Ludwig-Müller, J. (1999). *Plasmodiophora brassicae*, the causal agent of clubroot disease: a review on molecular and biochemical events in pathogenesis/*Plasmodiophora brassicae*, der Erreger der Kohlhernie: eine Übersicht über molekulare und biochemische Vorgänge während der Pathogenese. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*, 106(2), 109-127.
- Main, C. E. (1977). Crop destruction—the raison d'etre of plant pathology. In: Horsfall, J. G., & Cowling, E. B (Eds.): *Plant Disease, An Advanced Treatise. Vol. 1. How Disease is Managed*. Academic Press, New York, NY, USA, pp. 55-78.
- Macfarlane, I. (1952). Factors affecting the survival of *Plasmodiophora brassicae* Wor. in the soil and its assessment by a host test. *Annals of Applied Biology*, 39(2), 239–256.
- MacFarlane, I. (1970). Germination of resting spores of *Plasmodiophora brassicae*. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 97-112.
- Manzanares-Dauleux, M. J., Barret, P., & Thomas, G. (2000a). Development of a pathotype specific SCAR marker in *Plasmodiophora brassicae*. *European Journal of Plant Pathology*, 106(8), 781-787.
- Manzanares-Dauleux, M. J., Divaret, I., Baron, F., & Thomas, G. (2000b). Evaluation of French *Brassica oleracea* landraces for resistance to *Plasmodiophora brassicae*. *Euphytica*, 113(3), 211-218.

- Massie, I. H., Astley, D., & King, G. J. (1996). Patterns of genetic diversity and relationships between regional groups and populations of Italian landrace cauliflower and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L. and var. *italica* Plenck). *Acta Horticulturae*, 407, 45-54.
- McDonald, M. R., & Westerveld, S. M. (2008). Temperature prior to harvest influences the incidence and severity of clubroot on two Asian *Brassica* vegetables. *HortScience*, 43(5), 1509-1513.
- Melville, S. C., & Hawken, R. H. (1967). Soil testing for club root in Devon and Cornwall. *Plant Pathology*, 16(4), 145-147.
- Mitani, S., Sugimoto, K., Hayashi, H., Takii, Y., Ohshima, T., & Matsuo, N. (2003). Effects of cyazofamid against *Plasmodiophora brassicae* Woronin on Chinese cabbage. *Pest Management Science (formerly Pesticide Science)*, 59(3), 287-293.
- Monteiro, A. A., & Williams, P. H. (1989). The exploration of genetic resources of Portuguese cabbage and kale for resistance to several *Brassica* diseases. *Euphytica*, 41, 215-225.
- Murakami, H., Tsushima, S., Akimoto, T., & Shishido, Y. (2001). Reduction of spore density of *Plasmodiophora brassicae* in soil by decoy plants. *Journal of General Plant Pathology*, 67, 85-88.
- Murakami, H., Tsushima, S., Kuroyanagi, Y., & Shishido, Y. (2002). Reduction of resting spore density of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease severity by liming. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(5), 685-691.
- Müller, P., & Hilgenberg, W. (1986). Isomers of zeatin and zeatin riboside in clubroot tissue: evidence for trans-zeatin biosynthesis by *Plasmodiophora brassicae*. *Physiologia Plantarum*, 66(2), 245-250.
- Naiki, T., Kageyama, K., & Ikegami, H. (1978). The relation of spore density of *Plasmodiophora brassicae* Wor. to the root hair infection and club formation in Chinese cabbage studies on the clubroot of cruciferous plant. II. *Japanese Journal of Phytopathology*, 44(4), 432-439.
- Naiki, T. (1987). Life cycle and control of *Plasmodiophora brassicae*, causing clubroot disease of cruciferous plants. *Soil Microorganisms*, 29, 23-37.
- Naiki, T., Kawaguchi, C., & Ikegami, H. (1984a). Root hair reinfection in Chinese cabbage seedlings by the secondary zoospores of *Plasmodiophora brassicae* Woronin. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 50(2), 216-220.
- Naiki, T., Tanahashi, K., & Kageyama, K. (1984b). The relationship between root hair infection with *Plasmodiophora brassicae* Wor. and subsequent club formation among cruciferous species. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 50, 211-215.
- Naiki, T., Dixon, G. R., & Ikegami, H. (1987). Quantitative estimation of spore germination of *Plasmodiophora brassicae*. *Transactions of the British Mycological Society*, 89(4), 569-572.

- Narisawa, K., Kageyama, K., & Hashiba, T. (1996). Efficient root infection with single resting spores of *Plasmodiophora brassicae*. *Mycological Research*, *100*(7), 855-858.
- Narisawa, K., Tokumasu, S., & Hashiba, T. (1998). Suppression of clubroot formation in Chinese cabbage by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*. *Plant Pathology*, *47*(2), 206-210.
- Negi, M. S., Sabharwal, V., Bhat, S. R., & Lakshmikumaran, M. (2004). Utility of AFLP markers for the assessment of genetic diversity within *Brassica nigra* germplasm. *Plant Breeding*, *123*(1), 13-16.
- Nikolaev, S. I., Berney, C., Fahrni, J. F., Bolivar, I., Polet, S., Mylnikov, A. P., & Pawlowski, J. (2004). The twilight of Heliozoa and rise of Rhizaria, an emerging supergroup of amoeboid eukaryotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(21), 8066-8071.
- Ning, Y., Wang, Y., Fang, Z., Zhuang, M., Zhang, Y., Lv, H., & Yang, L. (2018). Identification and characterization of resistance for *Plasmodiophora brassicae* race 4 in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Australasian Plant Pathology*, *47*, 531-541.
- Niwa, R., Nomura, Y., Osaki, M., & Ezawa, T. (2008). Suppression of clubroot disease under neutral pH caused by inhibition of spore germination of *Plasmodiophora brassicae* in the rhizosphere. *Plant Pathology*, *57*(3), 445-452.
- Nott, H. M., Falloon, R. E., & Gowers, S. (1994). *Clubroot of Vegetable Brassicas. A Review: a Report Prepared for the Fresh Vegetable Research & Development Committee, Vegetable & Potato Growers' Federation Inc.* New Zealand Institute for Crop & Food Research.
- Osaki, K., Tanaka, S., & Ito, S. I. (2008). Pathogenicity of *Plasmodiophora brassicae* populations from small, spheroid, resistant-type clubroot galls on roots of clubroot-resistant cultivars of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. subsp. *pekinensis*). *Journal of General Plant Pathology*, *74*, 242-245.
- Pang, W., Liang, Y., Zhan, Z., Li, X., & Piao, Z. (2020). Development of a sinitic clubroot differential set for the pathotype classification of *Plasmodiophora brassicae*. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 568771.
- Peng, G., Pageau, D., Strelkov, S. E., Lahlali, R., Hwang, S. F., Hynes, R. K., & Falk, C. K. (2013). Assessment of crop rotation, cultivar resistance and *Bacillus subtilis* biofungicide for control of clubroot on canola. *Acta Horticulturae*, *1005*, 591-598.
- Peng, G., Pageau, D., Strelkov, S. E., Gossen, B. D., Hwang, S. F., & Lahlali, R. (2015). A 2-year crop rotation reduces resting spores of *Plasmodiophora brassicae* in soil and the impact of clubroot on canola. *European Journal of Agronomy*, *70*, 78-84.
- Piao, Z. Y., Deng, Y. Q., Choi, S. R., Park, Y. J., & Lim, Y. P. (2004). SCAR and CAPS mapping of CRb, a gene conferring resistance to *Plasmodiophora brassicae* in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*). *Theoretical and Applied Genetics*, *108*, 1458-1465.

- Piao, Z., Ramchiary, N., & Lim, Y. P. (2009). Genetics of clubroot resistance in *Brassica* species. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 252-264.
- Plieske, J., Struss, D., & Röbbelen, G. (1998). Inheritance of resistance derived from the B-genome of *Brassica* against *Phoma lingam* in rapeseed and the development of molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 97, 929-936.
- Randall, C. (1980). Evaluation of radish cultivars for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) race 6 for midwestern United States. *Plant Disease*, 64(5), 463.
- Rennie, D. C., Manolii, V. P., Cao, T., Hwang, S. F., Howard, R. J., & Strelkov, S. E. (2011). Direct evidence of surface infestation of seeds and tubers by *Plasmodiophora brassicae* and quantification of spore loads. *Plant Pathology*, 60(5), 811-819.
- Rod, J. (2006). *Plasmodiophora brassicae* – původce nádorovitosti brukvovitých. In: Lebeda, A., Mazáková, J., Táborský, V. (eds): *Protozoa a Chromista. Taxonomie, biologie a hospodářský význam*. Česká fytopatologická společnost, Praha, pp. 10-21. ISBN 80-903545-1-3.
- Rocherieux, J., Glory, P., Giboulot, A., Boury, S., Barbeyron, G., Thomas, G., & Manzanares-Dauleux, M. J. (2004). Isolate-specific and broad-spectrum QTLs are involved in the control of clubroot in *Brassica oleracea*. *Theoretical and Applied Genetics*, 108, 1555-1563.
- Řičařová, V., Kaczmarek, J., Strelkov, S. E., Kazda, J., Lueders, W., Ryšánek, P., & Jedryczka, M. (2016b). Pathotypes of *Plasmodiophora brassicae* causing damage to oilseed rape in the Czech Republic and Poland. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 559-572.
- Řičařová, V., Kazda, J., Baranyk, P., & Ryšánek, P. (2016a). Clubroot—an emerging disease faced by Czech oilseed rape growers. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 47(3), 105-112.
- Řičařová, V., Kazda, J., Singh, K., & Ryšánek, P. (2016c). Clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae* Wor.: a review of emerging serious disease of oilseed rape in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 52(2), 71-86.
- Sakamoto, K., Saito, A., Hayashida, N., Taguchi, G., & Matsumoto, E. (2008). Mapping of isolate-specific QTLs for clubroot resistance in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Theoretical and Applied Genetics*, 117, 759-767.
- Samuel, G., & Garrett, S. D. (1945). The infected root-hair count for estimating the activity of *Plasmodiophora brassicae* Woron. in the soil. *Annals of Applied Biology*, 32(2), 96-101.
- Scott, E. S. (1985). Production and characterization of single-spore isolates of *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Pathology*, 34(2), 287-292.
- Sharma, K., Gossen, B. D., & McDonald, M. R. (2011). Effect of temperature on cortical infection by *Plasmodiophora brassicae* and clubroot severity. *Phytopathology*, 101(12), 1424-1432.

- Sharma, P., Siddiqui, S. A., Rai, P. K., Meena, P. D., Kumar, J., & Chauhan, J. S. (2012). Evaluation of *Brassica* germplasm for field resistance against clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woron). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(3), 356-359.
- Snogerup, S. (1980). The wild forms of the *Brassica oleracea* group (2n=18) and their possible relations to the cultivated ones. In: Tsunoda, S., Hinata, K., & Gomez-Campo, C. (eds.), *Brassica Crops and Wild Allies: Biology and Breeding [I]*. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, Japan, pp. 121-132.
- Somé, A., Manzanares, M. J., Laurens, F., Baron, F., Thomas, G., & Rouxel, F. (1996). Variation for virulence on *Brassica napus* L. amongst *Plasmodiophora brassicae* collections from France and derived single-spore isolates. *Plant Pathology*, 45(3), 432-439.
- Song, K. M., Osborn, T. C., & Williams, P. H. (1988). *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) I. Preliminary analysis of subspecies within *B. rapa* (syn. *campestris*) and *B. oleracea*. *Theoretical and Applied Genetics*, 76, 593-600.
- Strelkov, S. E., Manolii, V. P., Cao, T., Xue, S., & Hwang, S. F. (2007). Pathotype classification of *Plasmodiophora brassicae* and its occurrence in *Brassica napus* in Alberta, Canada. *Journal of Phytopathology*, 155(11-12), 706-712.
- Strelkov, S. E., Hwang, S. F., Manolii, V. P., Cao, T., Fredua-Agyeman, R., Harding, M. W., & Feindel, D. (2018). Virulence and pathotype classification of *Plasmodiophora brassicae* populations collected from clubroot resistant canola (*Brassica napus*) in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(2), 284-298.
- Sundelin, T., Christensen, C. B., Larsen, J., Møller, K., Lübeck, M., Bødker, L., & Jensen, B. (2010). In planta quantification of *Plasmodiophora brassicae* using signature fatty acids and real-time PCR. *Plant Disease*, 94(4), 432-438.
- Surette, M. A., Sturz, A. V., Lada, R. R., & Nowak, J. (2003). Bacterial endophytes in processing carrots (*Daucus carota* L. var. *sativus*): their localization, population density, biodiversity and their effects on plant growth. *Plant and Soil*, 253(2), 381-390.
- Suwabe, K., Tsukazaki, H., Iketani, H., Hatakeyama, K., Fujimura, M., Nunome, T., & Hirai, M. (2003). Identification of two loci for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) in *Brassica rapa* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 107(6), 997-1002.
- Suwabe, K., Tsukazaki, H., Iketani, H., Hatakeyama, K., Kondo, M., Fujimura, M., & Matsumoto, S. (2006). Simple sequence repeat-based comparative genomics between *Brassica rapa* and *Arabidopsis thaliana*: the genetic origin of clubroot resistance. *Genetics*, 173(1), 309-319.
- Šamec, D., & Salopek-Sondi, B. (2019). Chapter 3.11. Cruciferous (Brassicaceae) Vegetables. In *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Academic Press, New York, NY, USA, pp. 195-202.

- Takahashi, K. (1994). Biological agents affecting the viability of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* Wor. in soil without host roots. *Japanese Journal of Phytopathology*, 60(6), 667-674.
- Takahashi, K., & Yamaguchi, T. (1987). An improved method for estimating the number of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* in soil. *Japanese Journal of Phytopathology*, 53(4), 507-515.
- Takahashi, K., & Yamaguchi, T. (1988). A method for assessing the pathogenic activity of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* by fluorescence microscopy. *Japanese Journal of Phytopathology*, 54(4), 466-475.
- Takahashi, K., & Yamaguchi, T. (1989). Assessment of pathogenicity of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* in soil by fluorescence microscopy. *Japanese Journal of Phytopathology*, 55(5), 621-628.
- ter Braak, C. J., & Šmilauer, P. (2018). *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (version 5.10)*. Biometris, Wageningen University & Research.
- Tinggal, S. H., & Webster, J. (1981). Technique for single spore infection by *Plasmodiophora brassicae*. *Transactions of the British Mycological Society*, 76(2), 187-190.
- Thompson, K. F. (1976). Cabbages, Kales, etc. In: Simmonds, N. W. (ed), *Evolution of Crop Plants*. Longman Group Limited, London, pp. 49–52.
- Toxopeus, H., Dixon, G. R., & Mattusch, P. (1986). Physiological specialization in *Plasmodiophora brassicae*: an analysis by international experimentation. *Transactions of the British Mycological Society*, 87(2), 279-287.
- Toxopeus, H., & Janssen, A. M. P. (1975). Clubroot resistance in turnip II. The 'slurry' screening method and clubroot races in the Netherlands. *Euphytica*, 24(3), 751-755.
- Tso, H. H., Galindo-González, L., & Strelkov, S. E. (2021). Current and future pathotyping platforms for *Plasmodiophora brassicae* in Canada. *Plants*, 10(7), 1446.
- U, N. (1935). Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilisation. *Japanese Journal of Botany*, 7, 389-452.
- Ulvrová, T., Klíma, M., Bryxová, P., Kopecný, P. (2019). Využití mikrosporových kultur ve šlechtění tuřínu (*Brassica napus* var. *napobrassica*). *Úroda*, 12(67), 177-184.
- Verma, S. S., Rahman, M. H., Deyholos, M. K., Basu, U., & Kav, N. N. (2014). Differential expression of miRNAs in *Brassica napus* root following infection with *Plasmodiophora brassicae*. *PLoS One*, 9(1), e86648.
- Voorrips, R. E. (1995). *Plasmodiophora brassicae*: aspects of pathogenesis and resistance in *Brassica oleracea*. *Euphytica*, 83, 139-146.

Voorrips, R. E., & Visser, D. L. (1993). Examination of resistance to clubroot in accessions of *Brassica oleracea* using a glasshouse seedling test. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 99, 269-276.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.: Udělení ochranných práv k odrůdě tuřínu Ruzzini. Původci: Klíma, M., Kopecký, P., Prášil, I., Vítámvás, P., Kosová, K. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 2020. Kód odrůdy: 5103659, číslo šlechtitelského osvědčení: 46/2020.

Wakeham, A. J., & White, J. G. (1996). Serological detection in soil of *Plasmodiophora brassicae* resting spores. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 48(5), 289-303.

Wallenhammar, A. C. (1996). Prevalence of *Plasmodiophora brassicae* in a spring oilseed rape growing area in central Sweden and factors influencing soil infestation levels. *Plant Pathology*, 45(4), 710-719.

Webster, M. A., & Dixon, G. R. (1991). Calcium, pH and inoculum concentration influencing colonization by *Plasmodiophora brassicae*. *Mycological Research*, 95(1), 64-73.

Weisæth, G. (1977). Hodelkålsortene 'Respla' og 'Resista' foredlinger med klumprotresistens. *Gartneryrket*, 67, 937-939.

Werner, S., Diederichsen, E., Frauen, M., Schondelmaier, J., & Jung, C. (2008). Genetic mapping of clubroot resistance genes in oilseed rape. *Theoretical and Applied Genetics*, 116, 363-372.

Wesołowska, M. (2011). Isolate pathogenicity recognition of Wor. in different areas of Poland. *Folia Horticulturae*, 23(2), 165-174.

Wesołowska, M. (2014). Identification of *Plasmodiophora brassicae* Wor. isolate suppressing clubroot resistance in 'Kilaxy' F1 white cabbage. *Folia Horticulturae*, 26, 57-62.

White, J. G., & Buczacki, S. T. (1979). Observations on suppression of clubroot by artificial or natural heating of soil. *Transactions of the British Mycological Society*, 73(2), 271-275.

Woronin, M. (1878). *Plasmodiophora brassicae*, Urheber der Kohlpflanzen - Hernie. *Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik*, 11, 548-574.

Wallenhammar, A. C., & Arwidsson, O. (2001). Detection of *Plasmodiophora brassicae* by PCR in naturally infested soils. *European Journal of Plant Pathology*, 107(3), 313-321.

Wallenhammar, A. C., Johnsson, L., & Gerhardson, B. (2000). Agronomic performance of partly clubroot-resistant spring oilseed turnip rape lines. *Journal of Phytopathology*, 148(7-8), 495-499.

Wallenhammar, A. C., Almquist, C., Söderström, M., & Jonsson, A. (2012). In-field distribution of *Plasmodiophora brassicae* measured using quantitative real-time PCR. *Plant Pathology*, 61(1), 16-28.

- Wen, R., Lee, J., Chu, M., Tonu, N., Dumonceaux, T., Gossen, B. D., & Peng, G. (2020). Quantification of *Plasmodiophora brassicae* resting spores in soils using droplet digital PCR (ddPCR). *Plant Disease*, *104*(4), 1188-1194.
- Williams, P. H. (1966). A system for the determination of races of *Plasmodiophora brassicae* that infect cabbage and rutabaga. *Phytopathology*, *56*(6), 624-626.
- Williamson, C. J. & MacRitchie, A. M. (1981). Resistance of kale and some cabbage cultivars to two populations of *Plasmodiophora brassicae* Woron. *Annals of Applied Biology*, *97*, 70-71.
- Xue, S., Cao, T., Howard, R. J., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2008). Isolation and variation in virulence of single-spore isolates of *Plasmodiophora brassicae* from Canada. *Plant Disease*, *92*(3), 456-462.
- Yang, H., Yuan, Y., Wei, X., Zhang, X., Wang, H., Song, J., & Li, X. (2021). A new identification method reveals the resistance of an extensive-source radish collection to *Plasmodiophora brassicae* race 4. *Agronomy*, *11*(4), 792.
- Yang, Y., Zuzak, K., Harding, M., Strelkov, S., Hwang, S. F., Feindel, D., & Feng, J. (2018). DNA sequence dimorphisms in populations of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Disease*, *102*(9), 1703-1707.
- Yano, S., Tanaka, S., Kameya-Iwaki, M. & Katumoto, K. (1991). Relation of Ca²⁺ efflux to germination of resting spores of clubroot fungus. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Yamaguchi University*, *39*, 105-112.
- Yoshikawa, H., & Buczacki, S. T. (1978). Clubroot in Japan: research and problems. *Review of Plant Pathology*, *57*(7), 253-257.
- Zamani-Noor, N., Wallenhammar, A. C., Kaczmarek, J., Patar, U. R., Zouhar, M., Manasova, M., & Jędrzycka, M. (2022). Pathotype characterization of *Plasmodiophora brassicae*, the cause of clubroot in central Europe and Sweden (2016–2020). *Pathogens*, *11*(12), 1440.
- Zamani-Noor, N., Wallenhammar, A. C., Cordsen-Nielsen, G., Orgeur, G., Konradyová, V., Burnett, F., & Jędrzycka, M. (2018). Overview of the clubroot incidence and variation in the pathotypes of *Plasmodiophora brassicae* populations in Europe. *IOBC-WPRS Bulletin*, *136*, 133-135.
- Zhang, H., Feng, J., Manolii, V. P., Strelkov, S. E., & Hwang, S. F. (2015). Characterization of a gene identified in pathotype 5 of the clubroot pathogen *Plasmodiophora brassicae*. *Phytopathology*, *105*(6), 764-770.
- Zhou, L., Zhang, L., He, Y., Liu, F., Li, M., Wang, Z., Ji, G. (2014). Isolation and characterization of bacterial isolates for biological control of clubroot on Chinese cabbage. *European Journal of Plant Pathology*, *140*(1), 159-168.

Zhou, Q., Hwang, S. F., Strelkov, S. E., Fredua-Agyeman, R., & Manolii, V. P. (2018). A molecular marker for the specific detection of new pathotype 5-like strains of *Plasmodiophora brassicae* in canola. *Plant Pathology*, *67*(7), 1582-1588.

Zhu, M., He, Y., Li, Y., Ren, T., Liu, H., Huang, J., & Zheng, L. (2020). Two new biocontrol agents against clubroot caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 3099.

7. PŘÍLOHY



Obrázek 76: Napadený kořenový systém rostliny vypěstované ve fytotronu při vyhodnocení, 8 týdnů po vysetí a následné inokulaci.



Obrázek 77: Pěstování inokulovaných rostlin v kontrolovaných podmínkách fytotronu.



Obrázek 78: Pěstování testovaných rostlin na infekčním pokusném pozemku v Olomouci.