

# PRENOSI RASTLINSKIH VIRUSOV 1



VARSTVO RASTLIN





# **PRENOSI RASTLINSKIH VIRUSOV 1**

Uredila Irena Mavrič Pleško in Saša Širca

Ljubljana 2016

Izdal in založil  
**KMETIJSKI INŠTITUT SLOVENIJE**  
Ljubljana, Hacquetova ulica 17

Uredila Irena Mavrič Pleško, Saša Širca  
Recenzirala prof. dr. Lea Milevoj  
Lektorirala Barbara Škrbina  
Fotografija na naslovnici Špela Modic

Oblikovanje AV Studio

Dostopno na spletni strani Kmetijskega inštituta Slovenije ([www.kis.si](http://www.kis.si))

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

632.38(0.034.2)

PRENOŠI rastlinskih virusov 1 [Elektronski vir] / uredila Irena Mavrič Pleško in Saša Širca. - El. knjiga.  
- Ljubljana : Kmetijski inštitut Slovenije, 2016

ISBN 978-961-6998-02-4 (pdf)

1. Mavrič Pleško, Irena  
284733440

The research leading to these results has received funding  
from the European Union Seventh Framework Programme  
[FP7/2007-2013] under grant agreement n° [316205].



# UVOD

Rastlinski virusi, ki so povzročitelji številnih bolezni rastlin, so obligatni paraziti. To pomeni, da lahko živijo in se razmnožujejo le znotraj rastlinske celice in za to uporabljajo njene sestavne dele. Rastline imajo omejeno življenjsko dobo, zato morajo virusi občasno zamenjati svojega gostitelja. Virusi, ki okužujejo zelnate enoletnice, morajo to početi pogosteje kot virusi, ki okužujejo lesnate trajnice. Za ta namen so virusi razvili različne mehanizme.

Virusi sami ne morejo prodreti skozi kutikulo ali celično steno, ampak lahko vstopajo v rastlinske celice le preko ran na celicah, ki so nastale na različne načine. Eden zelo pogostih načinov prenosov virusov na nove gostitelje je prenos s pomočjo prenašalcev. Tako npr. žuželčji prenašalci ob hranjenju na rastlini s svojim bodalom vstopijo v rastlinsko celico, jo ranijo in pri tem vanjo lahko sprostijo tudi rastlinske virusе. Na ta način se prenašajo številni virusi, ki povzročajo pomembne rastlinske bolezni in posledično tudi veliko gospodarsko škodo.

Listne uši so najpomembnejše prenašalke rastlinskih virusov, nekateri med njimi so med najbolj razširjenimi virusi, ki povzročajo veliko gospodarsko škodo. Poleg njih so pomembni prenašalci rastlinskih virusov tudi ščitkarji. Ti prenašajo virusе iz rodu *Begomovirus*, najštevilčnejšega rodu rastlinskih virusov, razširjenih predvsem v toplejših območjih. Resarji so prenašalci tospovirusov, ki na vrtninah in okrasnih rastlinah povzročajo pomembne bolezni. Kaparji so pomembni prenašalci več virusov vinske trte, ki so povzročitelji bolezni zvijanja listov vinske trte, najpomembnejše bolezni te rastline. Različne vrste škržatkov prenašajo virusе iz številnih rodov, poleg njih pa od žuželk prenašajo rastlinske virusе tudi nekatere vrste hroščev. Med pajkovci so edine znane prenašalke rastlinskih virusov pršice. Pomembne prenašalke rastlinskih virusov so tudi ogorčice. Te prenašajo kar nekaj virusov, ki v Evropi niso prisotni, pomembni prenašalci rastlinskih virusov pa so še glive in glavam podobni organizmi.

Monografija »Prenos rastlinskih virusov I« je prva knjiga v slovenskem jeziku, ki obravnava prenašalce in prenose rastlinskih virusov. Naš namen je predstaviti najpomembnejše skupine prenašalcev rastlinskih virusov, ki jih najdemo v Sloveniji, in raziskave prenosov nekaterih virusov, ki so bile že opravljene pri nas.

# KAZALO

---

<b>1 NAČINI PRENOSA RASTLINSKIH VIRUSOV</b>	<b>11</b>
1.1 Uvod	11
1.2 Mehanski prenos virusov	11
1.3 Prenos virusov s prenašalcji	12
1.4 Prenos virusov s predenico	16
1.5 Prenos virusov s cepljenjem	17
1.6 Prenos virusov z vegetativnim razmnoževanjem	17
1.7 Prenos virusov s semenom	18
1.8 Prenos virusov s cvetnim prahom	20
1.9 Prenos virusov z vodo	21
1.10 Uporabljena in citirana literatura	22
<b>2 LISTNE UŠI IN PRENOŠI VIRUSOV Z LISTNIMI UŠMI</b>	<b>23</b>
2.1 Uvod	23
2.2 Morfologija	24
2.3 Razmnoževanje in razvoj	25
2.4 Pomen listnih uši in poškodbe, ki jih povzročajo	26
2.5 Mesta zadrževanja in mehanizem prenosa virusov z listnimi ušmi	27
2.5.1 Specifika prenosa luteovirusov in polerovirusov z listnimi ušmi	27
2.5.2 Specifika prenosa potivirusov z listnimi ušmi	28
2.6 Pomen virusonosnih listnih uši v nasadih krompirja	29
2.6.1 Siva breskova uš – <i>Myzus persicae</i> Sulzer	30
2.7 Raziskave virusonosnih listnih uši v žitih	30
2.8 Uporabljena in citirana literatura	31
<b>3 RESARJI IN PRENOS TOSPOVIRUSOV Z RESARJI</b>	<b>33</b>
3.1 Uvod	33
3.2 Geografska razširjenost resarjev	34
3.3 Bionomija resarjev	35
3.4 Neposredna škodljivost resarjev	36
3.5 Prenos virusov z resarji	38
3.6 Tosповirusi in škoda zaradi okužbe rastlin s tospovirusi	39
3.7 Zatiranje prenašalcev in virusov	42
3.8 Uporabljena in citirana literatura	43

---

<b>4 KAPARJI IN PRENOSI VIRUSOV S KAPARJI</b>	<b>47</b>
4.1 Uvod	47
4.2 Razširjenost kaparjev	47
4.3 Biologija in razvojni krog kaparjev	48
4.4 Pomen in potencialna škodljivost kaparjev	48
4.5 Kaparji vinske trte	49
4.5.1 Družina Pseudococcidae	50
4.5.1.1 Smokvin volnati kapar ( <i>Planococcus ficus</i> )	50
4.5.2 Družina Coccidae	51
4.5.2.1 Veliki trtni kapar ( <i>Neopulvinaria innumerabilis</i> )	51
4.5.2.2 Navadni trtni kapar ( <i>Pulvinaria vitis</i> )	52
4.5.2.3 Češpljev kapar ( <i>Parthenolecanium corni</i> )	52
4.6 Prenos virusov vinske trte s kaparji	53
4.7 Kaparji sadnega drevja	54
4.8 Prenos virusov sadnega drevja s kaparji	56
4.9 Uporabljena in citirana literatura	57
<b>5 OGORČICE IN PRENOSI VIRUSOV Z OGORČICAMI</b>	<b>61</b>
5.1 Uvod	61
5.2 Ogorčice, prenašalke rastlinskih virusov	62
5.2.1 Longidoride in trihodoride	64
5.2.2 Razmnoževanje	65
5.2.3 Življenjski prostor	65
5.3 Razširjenost prenašalskih vrst ogorčic	66
5.3.1 Razširjenost prenašalskih vrst ogorčic v Sloveniji	66
5.4 Prenosi virusov z ogorčicami	70
5.4.1 Specifičnost prenosa	70
5.4.2 Mesta zadrževanja virusov in mehanizem prenosa	71
5.4.3 Obstojnost virusov v ogorčicah	72
5.4.4 Raziskave prenosa nepovirusov	72
5.5 Uporabljena in citirana literatura	74

---

---

<b>6 PRENOS VIRUSOV Z GLIVAMI IN GLIVAM PODOBNIMI ORGANIZMI</b>	<b>77</b>
6.1 Uvod	77
6.2 Prenašalci virusov iz skupine gliv in glivam podobnih organizmov	77
6.2.1 Rod <i>Olpidium</i>	77
6.2.2 Rod <i>Polymyxa</i>	79
6.2.3 Rod <i>Spongospora</i>	80
6.3 Mehanizmi prenosa virusov z glivami in glivam podobnimi organizmi	81
6.4 Pomembnejše virusne bolezni, ki jih prenašajo glive in njim podobni organizmi, ter njihove raziskave v Sloveniji	82
6.4.1 Kloroza listnih žil solate	82
6.4.2 Rizomanija	83
6.5 Uporabljena in citirana literatura	84
<b>7 ŠČITKARJI IN PRENOS VIRUSOV S ŠČITKARJI</b>	<b>87</b>
7.1 Uvod	87
7.2 Izvor, sistematika in geografska razširjenost ščitkarjev	87
7.3 Bionomija ščitkarjev	89
7.4 Neposredna škodljivost ščitkarjev ter izločanje medene rose in voska	90
7.5 Predstavitev gospodarke pomembnih vrst virusonosnih ščitkarjev s poudarkom na vrsti <i>Bemisia tabaci</i>	91
7.6 Prenos virusov s ščitkarji	92
7.7 Zatiranje prenašalcev in virusov	96
7.8 Uporabljena in citirana literatura	98
<b>SEZNAM UPORABLJENIH IMEN RASTLINSKIH VIRUSOV</b>	<b>102</b>
<b>STVARNO KAZALO</b>	<b>106</b>

---

# KAZALO SLIK

---

<b>Slika 1.1:</b> Listne uši so ene najpomembnejših prenašalk rastlinskih virusov, saj prenašajo več kot polovico rastlinskih virusov z znanimi prenašalci (avtor Š. Modic)	12
<b>Slika 1.2:</b> Stilet ali bodalo je organ, na katerega je vezan prenos rastlinskih virusov pri žuželkah, pajkovcih in rastlinsko-parazitskih ogorčicah (avtor G. Urek)	13
<b>Slika 1.3:</b> Virus Y krompirja, ki povzroča velike težave v pridelavi krompirja, prenašajo listne uši na neperzistentni način (avtor P. Dolničar)	15
<b>Slika 1.4:</b> Prenos s semenom je pomemben način prenosa BCMV pri fižolu (avtor R. Pleško)	19
<b>Slika 1.5:</b> S CMV in PVY okužena rastlina paprike (feferoni). CMV se prenaša s pelodom, vertikalno, na potomce oprasene rastline (avtor R. Pleško)	20
<hr/>	
<b>Slika 2.1:</b> Jajčeca muh trepetavk (Syrphidae) odložena med nimfami velike žitne uši ( <i>Sitobion avenae</i> ) na pšenici (avtor Š. Modic)	23
<b>Slika 2.2:</b> Predstavnica pravih listnih uši velika žitna uš ( <i>Sitobion avenae</i> ) - levo krilata in desno nekrilata oblika listne uši (avtor Š. Modic)	24
<b>Slika 2.3:</b> Rumena ribezova uš ( <i>Cryptomyzus ribis</i> ) viviparno izlega nimfo (avtor Š. Modic)	25
<b>Slika 2.4:</b> Zimska jajčeca listnih uši odložena ob brst jablane (avtor Š. Modic)	25
<b>Slika 2.5:</b> Znamenja napada listnih uši ( <i>Cryptomyzus ribis</i> ) na listih ribeza (avtor Š. Modic)	26
<b>Slika 2.6:</b> Rumena lovna posoda, namenjena spremljanju naleta listnih uši (avtor Š. Modic)	29
<b>Slika 2.7:</b> Siva breskova uš ( <i>Myzus persicae</i> ) je prenašalka mnogih gospodarsko pomembnih virusov (avtor Š. Modic)	30
<b>Slika 2.8:</b> Velika žitna uš ( <i>Sitobion avenae</i> ) med sesanjem na ječmenu (avtor Š. Modic)	30
<b>Slika 2.9:</b> Koruzna uš ( <i>Rhopalosiphum maidis</i> ) med sesanjem na ječmenu (avtor Š. Modic)	30
<hr/>	
<b>Slika 3.1:</b> Poškodbe na zelju zaradi napada tobakovega resarja in cvetovih gladiole zaradi napada gladiolovega resarja (avtor J. Fail in S. Trdan)	33
<b>Slika 3.2:</b> Odrasel osebek hruševoga resarja ( <i>Taeniothrips inconsequens</i> ) (avtor G. Vierbergen)	34
<b>Slika 3.3:</b> Samica cvetličnega resarja ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) (avtor G. Vierbergen)	34
<b>Slika 3.4:</b> Srebrne pege na listu čebule, povzročene s sesanjem tobakovega resarja; na pegah in v njihovi bližini so tekoči iztrebki škodljivca (avtor J. Fail)	36
<b>Slika 3.5:</b> Odrasel osebek tobakovega resarja ( <i>Thrips tabaci</i> ) (avtor J. Fail)	37
<b>Slika 3.6:</b> Plod paprike, okužen z INSV (avtor J.Th.J. Verhoeven)	41
<b>Slika 3.7:</b> Plodovi paradižnika, okuženi s TSWV (avtor J.Th.J. Verhoeven)	41

---

<b>Slika 4.1:</b> Močan napad kaparja na vinski trti (avtor I. Mavrič Pleško)	47
<b>Slika 4.2:</b> Fotografija samca in samice smokvinega volnatega kaparja (avtor M. Štrukelj)	48
<b>Slika 4.3:</b> Smokvin volnati kapar ( <i>Planococcus ficus</i> Signoret) izloča obilo medene rose (avtor I. Žežlina)	49
<b>Slika 4.4:</b> Japonski kapar ( <i>Ceroplastes japonicus</i> Green) na listih vinske trte (avtor I. Žežlina)	49
<b>Slika 4.5:</b> Samica smokvinega volnatega kaparja (avtor I. Žežlina)	50
<b>Slika 4.6:</b> Samica velikega trtnega kaparja na vinski trti (avtor I. Mavrič Pleško)	51
<b>Slika 4.7:</b> Zvijanje listov na beli sorti vinske trte zaradi okužbe z GLRaV-3 (avtor I. Mavrič Pleško)	53
<b>Slika 4.8:</b> Raznolikost bolezenskih znamenj na vinski trti cv. Refošk, okuženi z GLRaV-1 in -3 (avtor I. Mavrič Pleško)	53
<b>Slika 5.1:</b> Repi samic v Sloveniji najbolj razširjenih prenašalskih vrst ogorčic, <i>X. index</i> (A), <i>X. diversicaudatum</i> (B), <i>X. rivesi</i> (C) in <i>L. elongatus</i> (D). (avtor S.Širca)	67
<b>Slika 5.2:</b> Geografska razširjenost prenašalskih vrst ogorčic, ki so bile ugotovljene v Sloveniji.	69
<b>Slika 5.3:</b> Mesta zadrževanja virusov pri ogorčicah rodov <i>Xiphinema</i> , <i>Longidorus</i> in <i>Trichodorus</i> (Taylor in Brown, 1997).	71
<b>Slika 5.4:</b> Znamenja sistemске okužbe s TRSV na testnih rastlinah ob koncu raziskav prenosa s populacijo ogorčic <i>X. rivesi</i> iz Vipavske doline. (avtor S. Širca)	73
<b>Slika 6.1:</b> Kloroza listnih žil solate – znamenja bolezni (avtor I. Mavrič Pleško)	82
<b>Slika 6.2:</b> Trajni trosi glive <i>O. brassicace</i> v celicah gostitelja (avtor M. Žerjav)	83
<b>Slika 7.1:</b> Močan pojav rastlinjakovega ščitkarja na papriki. Ob odraslih osebkih so lepo vidni puparji (avtor I. Škerbot)	87
<b>Slika 7.2:</b> Brstični ohrovrt, prekrit z glivami sajavnosti, ki so naselile medeno roso kapusovega ščitkarja ( <i>Aleyrodes proletella</i> ) (avtor S. Trdan)	90
<b>Slika 7.3:</b> Tobakov ščitkar na listu melone (avtor K. Žanić)	91
<b>Slika 7.4:</b> Tri rastline paradižnika (v ospredju), okužene s TYLCV (avtor K. Žanić)	93
<b>Slika 7.5:</b> Melona, okužena z virusom rumenenja, zakrmelosti in motenj buče (CYSDV) (avtor J.Th.J. Verhoeven)	94
<b>Slika 7.6:</b> Pripravek Encon vsebuje puparije rastlinjakovega ščitkarja, parazitirane z vrsto <i>Encarsia formosa</i> (avtor I. Škerbot)	96

# 1 NAČINI PRENOSA RASTLINSKIH VIRUSOV

**Gregor Urek**

Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, Ljubljana

1.1

UVOD

Virusi so brezcelični mikrobi, zato jih imenujemo virusni delci in ne celice. Večinoma so obvezni zaledavci (obligatni paraziti), brez lastne presnove. Z vstopom v gostiteljsko celico spremenijo njen presnovo tako, da celica prične izgrajevati virusne snovi. Virusi lahko torej živijo in se razmnožujejo le v živih, za njih občutljivih celicah (intracelularno). Sestavljeni so iz dedne snovi (DNA ali RNA), ki jo obdaja beljakovinski plašč oziroma kapsida. Za kužnost virusov so odgovorne molekule nukleinskih kislin.

Virusi se širijo pasivno, saj sami ne morejo vstopiti v nepoškodovano celico. V rastline dospejo skozi ranice, ki so lahko mikroskopsko majhne in jih povzročijo njihovi prenašalci pri sesanju ali objedenju, ali pa nastanejo pri mehanskih poškodbah celic in tkiv, npr. ob dotiku (drgnjenu) okuženih in zdravih rastlin.

1.2

MEHANSKI PRENOS VIRUSOV

Mehanski prenos virusov poteka brez navzočnosti prenašalcev, preko poškodb okuženih rastlin in kasnejšega dotikanja z zdravimi rastlinami. Tovrstni prenos so sorazmerno redki, omejeni le na nekatere viruse. Eden od elementov, ki v naravnem okolju povzročajo medsebojno drgnjenje rastlin oziroma njihovih delov ter posledično poškodbe, skozi katere lahko prehaja rastlinski sok skupaj z navzočimi virusi, je vsekakor veter. Virusi, ki se prenašajo na tak način, so razmeroma stabilni in povzročajo nekatera virusna obolenja na krompirju (npr. PVX – virus X krompirja). Podobne poškodbe nastajajo tudi pri agrotehnični obdelavi rastlin. Virusi (npr. virus mozaika tobaka – TMV) se lahko iz rastline v rastlino prenašajo bodisi s

Virusi se v naravi prenašajo na več načinov: z razmnoževanjem sadilnega materiala (cepljenjem ali rezanjem), z vegetativnimi deli rastlin, s semenom in cvetnim prahom, z vodo ali z zemljo (dotik bolnih in zdravih korenin). Mehansko se virusi prenašajo s sokom iz obolele na zdravo rastlino. Zelo pomemben je prenos virusov s prenašalcji, kot so žuželke, med katerimi so najpomembnejše sesajoče, npr. listne uši (Aphidoidea), poleg njih pa so pomembne tudi prostoziveče ogorčice, glive – npr. povzročiteljica padavice kapusnic – *Olpidium brassicae* in nekatere parazitske cvetnice, npr. predenice (*Cuscuta* spp.).

kontaminiranimi rokami, obleko, obuvali, orodjem ali stroji. Mehanski prenos virusov je mogoč tudi preko tal, in sicer preko medsebojnega prepletanja korenin različnih rastlin. Ko se koreninice prebijajo skozi grobe talne delce, se namreč pogosto poškodujejo, nastanejo majhne ranice, skozi katere vstopajo virusni delci iz okuženih rastlin v zdrave. V poškodovane koreninice lahko vstopijo tudi virusi, ki se nahajajo v ostankih okuženega rastlinskega tkiva, ki se nahaja v tleh. Za mehanski prenos virusov, bodisi preko nadzemnih ali podzemnih rastlinskih delov, je pomembno, da poškodovane rastlinske celice, v katere vstopajo virusi, ostanejo žive, saj v nasprotnem primeru virus ne prezivi.

Spoznanje, da je širjenje virusov v glavnem vezano na prenos s prenašalci, pripisujemo kubanskemu zdravniku Carlosu Finlayju, ki je javnosti leta 1881 predstavil svoje ugotovitve, povezane z virusom rumene mrzlice, ki ga prenašajo komarji iz rodov *Aedes* in *Haemagogus*, razširjeni tako v urbanem okolju kot tudi v divjini (Vaino & Cutts, 1998). Nekaj let kasneje, točneje leta 1901, je bil prenos s prenašalci dokazan tudi na primeru rastlin. Takami je objavil rezultate poskusov, v okviru katerih je ugotovil, da škržati *Nephrotettix cincticeps* prenaša virus pritlikavosti riža (*Rice dwarf virus – RDV*) (Šutić, 1980).



**Slika 1.1:** Listne uši so ene najpomembnejših prenašalk rastlinskih virusov, saj prenašajo več kot polovico rastlinskih virusov z znanimi prenašalci (avtor Š. Modic)

Prenašalci rastlinskih virusov so številni členonožci (Arthropoda) oziroma predstavniki žuželk (listne uši, ščitkarji, škržati, resarji, hrošči, kaparji in stenice) in pajkovcev (pršice). Prenašajo jih tudi rastlinsko-parazitske ogorčice, glive in evkariontski, glivam podobni organizmi iz skupine Plasmodiophorida. Med najpomembnejšimi prenašalci so vsekakor listne uši (Aphididae). Med njimi je več kot 200 prenašalskih vrst, za katere je bilo ugotovljeno, da lahko prenašajo več kot polovico (55 %) od okoli 550 rastlinskih virusov z znanimi prenašalci. Okoli 11 % tovrstnih virusov prenašajo škržati (Cicadoidea), 11 % hrošči (Coleoptera), 9 % ščitkarji (Aleyrodidae), 7 % ogorčice (Nematoda), 5 % glive (Fungi) in evkariontski, glivam podobni organizmi iz skupine Plasmodiophorida, ostala 2 %

pa tripsi (Thysanoptera spp.), pršice (Eriophyoidea), stenice (Heteroptera) ali kaparji (Coccidae) (Astier s sod., 2001 cit. v Andret-Link in Fuchs, 2005).

Pri prenosu rastlinskih virusov s prenašalci je pomembna specifičnost prenosa oziroma lastnost nekega virusa, da ga lahko prenaša le določena vrsta ali skupina filogenetsko sorodnih prenašalcev. To lastnost je mogoče razložiti kot medsebojno prepoznavanje proteinskega motiva določenega virusnega delca in mesta zadrževanja tega virusa v prenašalcu (Brown in Weischer, 1998). Gre torej za povezavo med posamezno vrsto rastlinskega virusa ali več vrstami virusov in enim ali več prenašalci. Govorimo o večji oz. manjši specifičnosti prenosa. Znano je, da na primer virusov, ki jih prenašajo listne uši, ne prenašajo rastlinsko parazitske ogorčice; ali virusov, ki jih prenašajo škržati, ne prenašajo hrošči. V primeru prenosa z ušmi lahko ena vrsta uši (na primer siva breskova uš, *Myzus persicae*, ali črna fižolova uš, *Aphis fabae*), prenese večje število različnih rastlinskih virusov (Kišpatić, 1985). Po podatkih Jegerja in sodelavcev (2004) lahko nekatere potiviruse prenaša več kot 30 različnih vrst listnih uši (Andret-Link in Fuchs, 2005). Podobno kot listne uši lahko tudi tobakov ščitkar, *Bemisia tabaci*, prenese številne viruse iz različnih rodov in družin (Andret-Link in Fuchs, 2005). Nasprotni primer specifičnosti prenosa pa predstavlja virus pahljačavosti listov vinske trte (GFLV), ki ga v naravnem okolju prenaša le ogorčica *Xiphinema index*, in virus zvijanja listov pese (Beet leaf curl virus – BLCV), ki ga prenaša le pesna stenica *Pisema quadratum* (Andret-Link in Fuchs, 2005).

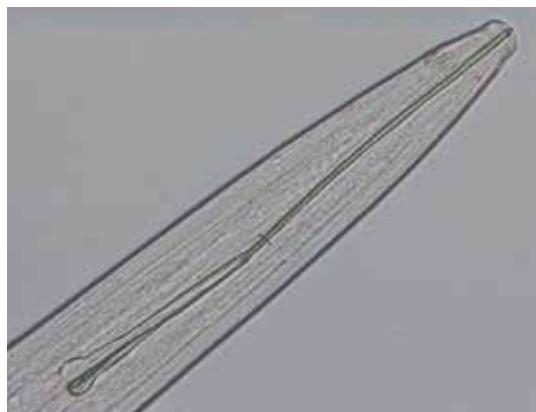
Prenos virusov je pri žuželkah, pajkovcih in rastlinsko-parazitskih ogorčicah vezan na njihov ustni aparat – stilet (bodalo oziroma sesalo). Z njim prenašalci mehansko in s pomočjo izločenih prebavnih sokov prebadajo rastlinsko tkivo ter vsesavajo rastlinski sok, s katerim se prehranjujejo. Za prenos virusov je pomembno, da prenašalci z vbadanjem bodala ne ubijejo rastlinskih celic, kajti virusi lahko preživijo in se množijo le v živih gostiteljskih celicah.

V primeru prenosa virusov z glivami, ki v nasprotju s členonožci in ogorčicami nimajo ustnega aparata, so pomembne zlasti gibljive zoospore, ki lahko med vegetacijo prenašajo nekatere rastlinske viruse. Zoospore se prilepijo na površino koreninskega tkiva in s pomočjo encimov ali mehansko predrejo celične membrane ter vstopijo v cito-plazmo rastlinskih celic. Virusni delci pa se lahko nahajajo tudi v glivnih hifah. V tem primeru glive, ki prodrejo v rastlinsko celico, po določenem času sprostijo virusne delce v gostiteljsko rastlinsko celico. Mehanizem tovrstnega sproščanja sicer ni znan, pomembno pa je, da tudi v tem primeru okužene rastlinske celice ne propadejo. Kot prenašalke virusov se omenjajo zlasti talne glive iz rodov *Olpidium* (Chytridales), *Polymyxa* in *Spongospora* (Plasmodiophorales) (Walkey, 1991).

Prenos rastlinskih virusov s pomočjo členonožcev (žuželk in pajkovcev) in rastlinsko-parazitskih ogorčic se prične z večkratnim vbadanjem bodača (stileta) v epidermalne rastlinske celice, s čemer poskuša prenašalec (npr. žuželka) ugotoviti, ali je napadena rastlina ustrezan gostitelj oziroma ustrezan prehranski vir. Tovrstno vbadanje/preskušanje zadošča, da se na bodalo prilepijo necirkulacijski, neperzistentni virusni delci. Če je gostiteljska rastlina ustrezna, bo žuželka nadaljevala z vbadanjem v rastlinsko tkivo in pričela s črpanjem rastlinskega soka iz floema. Tovrstno prehranjevanje žuželk omogoča okužbo s semiperzistentnimi, necirkulacijskimi in cirkulacijskimi virusi. O cirkulacijskem prenosu virusov govorimo takrat, ko virusi vstopijo v prenašalca preko prebavil (ustni aparat, prednje, srednje in zadnje črevo) in preidejo preko črevesnih membran v telesno votilno (hemocel) ter nato preko hemolimfe v žleze slinavke. Razlikujemo tudi propagativne in nepropagativne viruse. Propagativni virusi se v svojem prenašalcu razmnožujejo, nepropagativni pa ne. Med procesom cirkulacije se virusi lahko razmnožujejo (propagativni virusi) ali pa ne (nepropagativni virusi).

Sam prenos virusa je pravzaprav sosledje več zaporednih dogodkov, ki se prične s privzemom (akvizicijo) virusnih delcev iz okužene rastline. Čas, ki ga prenašalec potrebuje, da iz rastlinske celice vsesa sok, se imenuje privzemni (privzemni) čas. Vnosu sledi faza zadrževanja (retencije) virusnih

delcev na specifičnem mestu v prenašalcu. Virusni delci se na specifična mesta prenašalca vežejo preko molekul (ligandov), ki se reverzibilno vežejo na proteine prenašalca. Fazi zadrževanja sledi faza sproščanja. Virusni delci se z mest zadrževanja postopoma sproščajo in preko sline oziroma izločkov žuželk prehajajo v rastlinski sok živilih celic ter jih okužujejo.



**Slika 1.2:** Stilet ali bodalo je organ, na katerega je vezan prenos rastlinskih virusov pri žuželkah, pajkovcih in rastlinsko-parazitskih ogorčicah (avtor G. Urek)

Sesajoče žuželke se prehranjujejo podobno kot rastlinsko-parazitske ogorčice. Pomemben del njihovega ustnega aparata je votlo, hitinizirano bodalo – sesalo, s katerim fizično ali pa s pomočjo izločkov poziralniških žlez in žlez slinavk (encimov) prebodejo celično steno. Omenjeni encimi preprečujejo strjevanje rastlinskega soka in hkrati omogočajo prenašalcu, da iz rastline črpa rastlinski sok, v katerem so, seveda če je rastlina okužena, tudi virusni delci. Pomembno pri tem je, da ne pride do nepopravljive poškodbe oziroma smrti rastlinske celice, saj virus lahko prezivi in se razmnožuje le v živilih celicah.

Sesajoče žuželke lahko prenašajo virusne mehanske (pasivno) – na površini bodalca, podobno kot ostale žuželke (npr. grizoče na površini ustnega aparata za grizenje), lahko pa virus prenašajo aktivno, in sicer tako, da:

- žuželka vsesa rastlinski sok in ga vnese v svoje telo; sok kroži v telesu in žuželka ga ponovno izloči v rastlino s slino (cirkulacijski prenos);

- žuželka vsesa rastlinski sok in ga vnese v svoje telo; sok kroži v telesu in žuželka ga ponovno izloči v rastlino s slino; virus se v prenašalcu tudi razmnožuje (propagativni prenos);
- žuželka vsesa rastlinski sok in ga vnese v svoje telo; sok se v telesu giblje in žuželka ga ponovno izloči v rastlino s slino; virus se v prenašalcu tudi razmnožuje in se preko jajčec prenaša na potomstvo (transovarialni prenos).

Z ozirom na način prenosa razlikujemo neperzistentne, semiperzistentne in perzistentne virus. V primeru neperzistentnih in semiperzistentnih virusov gre pravzaprav za tako imenovani necirkulacijski prenos virusov. Na ta način prenašajo virusе vsi pomembnejši prenašalci rastlinskih virusov, vključno z listnimi ušmi, ščitkarji, škržati in rastlinsko-parazitskimi ogorčicami (Gray in Banerjee, 1999). Na neperzistentni način se prenos virusa izvrši zelo hitro. Virusni delci, ki se prenašajo na ta način, se nahajajo praviloma v povrhnjici oziroma v epidermalnih rastlinskih celicah in se na bodalo/sesalo prenašalca lahko prilepijo že v nekaj sekundah. Vezani so torej na prenos preko bodala, kjer lahko ostanejo prilepljeni le nekaj ur. Prenašalci teh virusov postanejo kužni med iskanjem ustreznegra mesta za sprejem hrane, in sicer takoj po poskusnem vbodu v povrhnjico (epidermis) ter subepidermalno tkivo okužene rastline. Večje je število poskusnih vbodov v okuženo rastlino, večja je verjetnost, da se bodo virusni delci prilepili na bodalo prenašalca. Virusni delci se preko specifičnih proteinov že v nekaj sekundah prilepijo na notranjo površino bodala oziroma sesala sesajočih žuželk, v primeru grizočih žuželk pa na zunanjou površino spodnje čeljusti. Prenašalec ostane kužen zelo kratek čas. Z nekaj zaporednimi vbodi v zdravo rastlino kužnost prenašalca hitro mine. Z vbadanjem in sesanjem se namreč virusni delci zelo hitro, že v nekaj minutah, sprostijo. Pri vsaki levitvi prenašalec izgubi sposobnost prenosa, virusni delci ostanejo na odvrženem levu in propadejo.

Virusi, ki se prenašajo na necirkulacijski, neperzistentni način, pripadajo rodovom: *Caulimovirus*, *Fabavirus*, *Potyvirus*, *Carlavirus*, *Cucumovirus*, *Alfamovirus*, *Macluravirus* (najpomembnejši prenašalci so listne uši), *Machlomovirus* (prenašajo jih v

glavnem tripsi in hrošči) ter *Potexvirus* (prenašalci so listne uši in pršice, lahko se prenašajo tudi mehansko) (Gray in Banerjee, 1999). Tovrstnih virusov je več kot 130 (Astier s sod., 2001; Ng in Perry, 2004 cit. po Andret-Link in Fuchs, 2005).

Manjša skupina virusov se prenaša tudi na semi-perzistenten način, pri čemer se virus veže v prednjem črevesu prenašalca, kjer se lahko zadržuje več dni ali celo več tednov. Prenos virusa je učinkovit le pri dolgotrajnem hranjenju prenašalca na rastlinah in ne le pri poskusnem vbadanju bodala oziroma preizkušanju rastlin. Čas zadrževanja virusa je pri tem načinu krajši kot pri perzistentnem in daljši kot pri neperzistentnem načinu prenosa. Semiperzistentni virusi niso vezani na epidermalne celice, ampak se nahajajo v floemu okuženih rastlin, iz katerega prenašalci črpajo rastlinski sok oziroma hrano. Med prehranjevanjem se virusi prilepijo na proteine, ki so prisotni v prednjem črevesu prenašalca, in tam ostanejo vse dokler se prenašalec ne premakne na drugo lokacijo.

Na necirkulacijski, semiperzistentni način, se prenašajo virusi rodov: *Badnavirus* (prenašalci so kaparji in škržati), *Clasterovirus* (prenašalci so listne uši, kaparji in ščitkarji), *Nepovirus* (prenašalke so rastlinsko-parazitske ogorčice), *Sequivirus* (prenašalke so listne uši), *Tobravirus* (prenašalke so rastlinsko-parazitske ogorčice), *Trichovirus* (prenašajo jih listne uši, kaparji in pršice) in *Waikavirus* (prenašalci so listne uši in škržati). V to skupino sodi po podatkih Astiera in sodelavcev iz leta 2002 več kot 80 različnih vrst virusov (Andret-Link in Fuchs, 2005).

V povezavi z necirkulacijskim načinom obstajajo tri teorije prenosa. Po prvi teoriji naj bi se virusni delci prijeli na konico bodala in v rastlinsko tkivo dospeli na mehanski način, s poskusnimi vbodi, ki jih opravljam prenašalci pri iskanju najustreznejšega prehranjevalnega mesta. Po drugi naj bi se virusni delci med prehranjevanjem oziroma vsesavanjem rastlinskega soka prilepili oziroma zadrževali vzdolž sprednjega dela prebavil in se nato postopoma sproščali s slino ali drugimi izločki prenašalcev. Po tretji teoriji pa naj bi bili virusni delci vezani na sprednji del prebavil, pri čemer naj bi se prenašali le virusni delci,

ki se nahajajo v bodalu, in sicer na mestu, kjer se združujeta cevčica za izločanje sline in cevčica za črpanje soka; virusni delci naj bi se sproščali predvsem ob izločanju sline. Ali se virusi prenašajo na prvi, drugi ali tretji način, verjetno ni tako pomembno kot je dejstvo, da tovrstni prenos ni nespecifičen mehanski prenos preko okuženih ustnih delov prenašalcev, ampak gre za zapleten in zelo specifičen biološki proces (Gray in Banerjee, 1999). Kakorkoli že, pri necirkulacijskem prenosu se morajo virusni delci zadržati v sprednjem delu prebavil svojega prenašalca, od koder se nato postopoma sproščajo. Obstajata dve molekularni strategiji vezave virusnih delcev v prenašalcu. Pri prvi, tako imenovani kapsidni strategiji, se virusni delci vežejo s proteinskim plaščem neposredno na površino ustnega aparata oziroma prednjega dela prebavil (plaščni protein se veže neposredno na receptorskoto mesto), pri drugi, tako imenovani HC-strategiji, pa virusni delci za vezavo na ustni aparat prenašalca potrebujejo dodatne nestruktурne, tako imenovane pomožne proteine (HC), ki jih kodira virusna RNA (Froissart s sod., 2002). Tovrstne povezave so reverzibilne. Pomožni proteini in virusni delci lahko v prenašalcu vstopajo ločeno oziroma eden za drugim. Prenašalec lahko s poskusnim vbadanjem vsrka pomožni protein in virusni delec iz iste rastlinske celice ali pa pomožni protein vsrka iz ene, virusni delec pa iz druge rastlinske celice ali celo druge rastline.

Številne skupine virusov, vključno z neperzistentnimi potivirusi in kaulimovirusi ter semiperzistentnimi vaikavirusi potrebujejo pri prenosu nestruktурne pomožne proteine, ki jih kodira virusna RNA. Pomožni proteini virusom ne služijo le za prenos, ampak so potrebni tudi za nekatere druge življenske funkcije. Pri potivirusih sodelujejo na primer pri nastajanju poliproteinov, pomnoževanju virusnega genoma in podobno kot pri kaulimovirusih, pri kroženju virusov znotraj gostiteljskih rastlin. Ne glede na omenjene funkcije so pomožni proteini pri prenosu virusov pomembni zlasti kot posredniki oziroma povezovalni členi med virusnimi delci in mestom vezave virusa v prenašalcu.



*Slika 1.3: Virus Y krompirja, ki povzroča velike težave v pridelavi krompirja, prenašajo listne uši na neperzistentni način (avtor P. Dolničar)*

Na cirkulacijski način se prenašajo perzistentni virusi. Prenašalci se s perzistentnimi virusi okužijo le, če se na okuženi rastlini dejansko hranijo oziroma črpajo okužen rastlinski sok; krajši poskusni vbodi ne zadoščajo. Bodalo morajo zariti precej globoko v sitasto cev (floem). Z dostopnostjo in podaljševanjem časa hranjenja prenašalca na gostiteljskih rastlinah se povečujeva takoj možnost prenosa virusa iz okužene rastline v prenašalca kot tudi učinkovitost prenosa virusa. Virusni delci, ki se nahajajo v okuženem rastlinskem soku, nato dospejo prek prebavil v hemolimfo, z njo pa v žleze slinavke in druge organe. Prenašalec določeno obdobje, ki lahko traja več ur ali celo več dni, ni sposoben okužiti nove rastline. To obdobje imenujemo latentno obdobje. V tem času se virusi razmnožujejo v tkivih prenašalcev, virusni delci dospejo v žleze slinavke in se nato preko slino izločijo oziroma prenesajo v zdrave rastline. Kužnost prenašalcev lahko traja celo življenje (tudi po levitvi), vendar učinkovitost prenosa s starostjo postopoma upada.

Cirkulacijski, perzistentni virusi se delijo na propagativne, ki se v prenašalcu lahko razmnožujejo, in nepropagativne, ki se v prenašalcu ne razmnožujejo. Med propagativne sodijo vrste rodov *Tospovirus* (prenašajo jih tripsi), *Marafivirus*, *Phytoreovirus*, *Fijivirus* in *Oryzavirus*, ki jih prenašajo škržati, *Cytorhabdovirus* in *Nucleorhabdovirus*, ki jih prenašajo listne uši in škržati ter *Tenuivirus*, ki jih prenašajo samo škržati. V to skupino virusov sodi po podatkih Astiera in sodelavcev iz leta 2001 več kot 60 različnih vrst (Andret-Link in Fuchs, 2005).

Najpomembnejši prenašalci cirkulacijskih, nepropagativnih virusov pa so listne uši (*Enamovirus*, *Luteovirus*, *Nanovirus*, *Umbravirus*), škržati (*Mastrevirus*, *Curtovirus*), ščitkarji (*Begomovirus*), hrošči (*Bromovirus*, *Carmovirus*, *Comovirus*, *Sobemovirus* in *Tymovirus*), pršice (*Rymovirus*) in glive (*Bymovirus*, *Furovirus*). Po podatkih Astiera in so-delavcev iz leta 2001 sodi v skupino cirkulacijskih, nepropagativnih virusov okrog 150 različnih vrst (Andret-Link in Fuchs, 2005).

## 1.4

## PRENOS VIRUSOV S PREDENICO

Rastlinske viruse so sposobne prenašati tudi parazitske cvetnice, predvsem nekatere predenice, *Cuscuta* spp. (Convolvulaceae). Gre za nitkaste drobnocvetne zajedavske rastline brez zelenih listov (nimajo kloroplastov s klorofilom) in pravih korenin, ki zajedajo različne gojene in samonikle rastlinske vrste. Hrano sesajo iz nadzemnih pogankov gostiteljskih rastlin, po katerih se ovijajo s tankim stebлом. S svojimi preobraženimi zajedavskimi koreninami (havstoriji) prodrejo in se priključijo na prevodna tkiva gostiteljskih rastlin (floem in ksilem), od koder črpajo organske snovi ter vodo in v njej raztopljene mineralne snovi. Prenos virusov s predenicami gospodarsko sicer ni pomemben, vendar pa je bilo vseeno dokazano, da lahko viruse prenaša okoli dvajset različnih vrst rodu *Cuscuta*, in da lahko vrsti *C. campestris* in *C. subinclusa* prenašata večje število rastlinskih virusov (Walkey, 1991).

Predenice se razmnožujejo s semenom. Seme vzkali na tleh v kratko nitko, ki je na enem koncu debelejša, na drugem pa tanjša. Z debelejšim koncem se ukorenini v tla, s tanjšim pa si poišče ustreznega gostitelja in se začne vzpenjati po njem. Oblikujejo se oprijemalne bradavice (apresoriji), nato pa še srkajoče korenine (havstoriji) in predenice začnejo črpati hrano. Nitka (korenina), s katero se je predenica povezovala s tlemi, se nato pretrga in se posuši. Parazitski odnos med predenico in gostiteljsko rastlino se mora vzpostaviti sorazmerno hitro, v 5–10 dneh, kasneje namreč v kalčku zmanjka hrane, zaradi česar predenica odmre.

Medtem ko se perzistentni in semiperzistentni virusi ne morejo prenašati na mehanski način (ali zelo težko), se neperzistentni lahko.

S črpanjem in sesanjem rastlinskih sokov predenice neposredno prizadenejo rastline. Povzročajo različne patološke spremembe, ki se kažejo v slabši rastnosti in slabših produktivnih sposobnostih napadenih rastlin. Zaradi oslabelosti postanejo te rastline tudi bolj dovtetne za rastlinske viruse. Z ozirom na to, da predenica preko havstorijev vzpostavi neposreden stik s prevodnimi tkivi gostiteljske rastline, se virus, seveda če je v predenici navzoč, prenese v gostitelja na podoben način kot pri prenosu s cepljenjem. Pri tem je treba poudariti, da je prenos virusa s cepljenjem zelo specifičen, omejen na vzpostavitev ustrezne povezave med vrstno sorodnima podlago in cepičem, pri predenicah pa je tak prenos manj specifičen, vezan predvsem na gostiteljske vrste, ki jih predenica lahko zajeda. Če je ena predenica pripeta na več gostiteljskih rastlin hkrati, lahko prenese virus z ene rastline na drugo.

Ponovno je treba poudariti, da predenice kot prenašalke virusov gospodarsko niso pomembne, se pa kot prenašalci velikokrat uporabljajo v poskusne namene, predvsem pri laboratorijskih preučevanjih rastlinskih virusov.

## 1.5

### PRENOS VIRUSOV S CEPLJENJEM

Številne lesnate in nekatere zelnate rastline lahko razmnožujemo s cepljenjem, pri čemer združujemo cepiče oziroma mladike ene rastline s podlago druge, tako da dobimo nove rastline z želenimi lastnostmi. Namen cepljenja je torej prenesti dočlene lastnosti iz matične (materine) rastline na drevesa oziroma druge rastline, ki jih cepimo. Na ta način razmnožujemo večino sadnih rastlin, vinski trto in drugo npr. nekatere zelenjadnice. Cepljene podlage (rastline, ki jih cepimo) morajo biti vsekakor iste ali sorodne vrste kot so cepiči. Pri cepljenju je najpomembnejše delovanje kambija, ki s tvorbo novih celic omogoča debeljenje steba. V času cepljenja mora biti predel med podlago in cepičem napolnjen s tenkostenskimi kalusnimi celicami. Kambijske celice podlage in cepiča tik ob mladem kalusu vplivajo na sosednje celice tako, da se vzpostavi kambijski most. Nadaljnje delitve celic tega novega kambija tvorijo prevodna tkiva za vodo in hrano ter dejansko povežejo podlago in cepič. Če z okuženega matičnega drevesa režemo cepiče in jih cepimo na ustrezne podlage tako, da pride do uspešnega prijema oziroma zraščanja kambija podlage in cepiča, bo nastala sadika zagotovo okužena z virusom. Enako se zgodi, če zdrav

cepič cepimo na okuženo podlago. Virusni delci se na ta način prenesejo iz okuženega v neokužen del v nekaj dneh ali mesecih. Prenos virusov s cepljenjem je pod pogojem, da pride do dejanskega zraščanja cepiča s podlago (kompatibilnost cepiča in podlage) teoretično mogoč pri vseh virusih. Vendar pa v nekaterih primerih popolna združitev cepiča s podlago kljub vsemu ni potrebna in zadošča že delna povezava cepiča in podlage (oblikuje se le kalus), kot je to v primeru združevanja vinske trte in vrste *Chenopodium amaranticolor*, dveh popolnoma različnih rastlinskih vrst (Cadman s sod., 1960). Znamenja okužbe se pri zelnatih rastlinah pokažejo sorazmerno hitro, pri lesnatih pa je za to potrebna določena doba mirovanja. Z ozirom na to, da s cepljenjem razmnožujemo predvsem rastline, namenjene večletni pridelavi (trajni nasadi) in lahko pride do opaznih znamenj okužbe zelo pozno (tudi po nekaj letih), je prenos virusov s cepljenjem eden najnevarnejših prenosov. Prav zato je pridelava podlag in matičnih rastlin za pridelavo cepičev podvržena strogemu strokovnemu in zdravstvenemu nadzoru, o katerem bo govora v enem od naslednjih poglavij.

## 1.6

### PRENOS VIRUSOV Z VEGETATIVNIM RAZMNOŽEVANJEM

Virusi navadno povzročajo sistemske okužbe, saj se njihovi delci iz prvotno okuženega dela prenesejo po vsei rastlini in med drugim okužijo tudi vegetativne rastlinske organe, kot so gomolji, čebulice, korenike (stoloni), živice (rizomi) in poganjki. Glede na to, da so vegetativni deli zelo pomembni za razmnoževanje številnih rastlinskih vrst, se lahko številni virusi zelo učinkovito prenašajo z vegetativnim razmnoževanjem. Virusni delci se namreč nahajajo v izvornem, okuženem sadilnem materialu in za širjenje ne potrebujejo

dodatnih prenašalcev. Naravni prenos z vegetativnimi deli rastlin je sicer omejen na krajevno razdalje, s prodajo in saditvijo okuženega sadilnega materiala (vegetativnih delov) pa se lahko virusi prenašajo na precej večje razdalje, in sicer lokalno, med pridelovalnimi območji in obrati znotraj posameznih držav, ter globalno, med posameznimi celinami, državami in pokrajinami. Človek je vsekakor najpomembnejši dejavnik tovrstnega prenosa rastlinskih virusov.

Po nekaterih podatkih se lahko s semenom prenasa več kot 100 (Khan in Dijkstra, 2002) oziroma od 18 % (Johansen in sod., 1994) do 20 % do sedaj opisanih rastlinskih virusov (Mink, 1993, Wang in Maule, 1994). Virusni delci se lahko nahajajo v semenu, lahko pa so navzoči le na površini seme na in šele po vzniku okužijo mlado rastlinico. V semenu se virusi nahajajo v založnem tkivu (endospermu) ali rastlinskem zarodku (embriu), v katerega prodrejo bodisi od zunaj, preko peloda, ali pa vanj vstopijo neposredno iz materinske rastline. Na prenos virusov s semenom vplivajo številni dejavniki, poleg gostiteljske rastline (vrsta, sorta) in vrste virusa tudi čas okužbe (rastline so pred cvetenjem ali takoj po njem bolj izpostavljene virusnim okužbam kot na primer v kasnejši razvojni fazi) in drugi okoljski dejavniki (npr. temperatura).

Našteti dejavniki vplivajo na delež z virusom okuženih semen, ki se oblikujejo na eni rastlini oziroma delež okuženih semen, ki izvirajo z določene pridelovalne površine. Na splošno je odstotni delež okuženega semena na določeni pridelovalni površini manjši kot znaša delež okuženih semen, ki se oblikujejo na eni sami rastlini.

Okuženo seme je za preživetje in nadaljnje širjenje virusov zelo pomembno. Omogoča zgodnjo okužbo mladih rastlin in neposredno vpliva na intenzivnost obolenja posamezne rastline. Je vir začetnih okužb, omogoča pa tudi razvoj in širjenje virusnih bolezni znotraj določenega rastišča. Že majhen odstotek okuženih rastlin pomeni, da se lahko virusi učinkovito širijo naprej s prenašalcji ali mehansko. O tem je leta 1970 poročal Tomlinson, ki je zapisal, da lahko že majhen delež seme na (0,1 %), okuženega z virusom mozaika solate (LMV – *Lettuce mosaic virus*), ki ga sicer prenašajo listne uši, vodi v množičen razvoj bolezni v nasadu solate (Walkey, 1991).

Virusi, kot je na primer virus navadnega mozaika fižola (BCMV – *Bean common mosaic virus*), lahko v semenu tudi prezimijo oziroma preživijo razmere, ki so neugodne za njihov razvoj. Znan je tudi primer virusa mozaika kumare (CMV – *Cucumber mosaic virus*), ki okužuje številne gojene (kumare, bučnice, solata, okrasne rastline itn.) in samonikle rastlinske vrste. Ta virus lahko prezimi v semenu navadne zvezdice, *Stellaria media*. Ko mlade rastlinice te rastlinske vrste spomladji vzniknejo iz okuženega semena, postanejo vir okužb in širjenja CMV, ki ga nato naprej prenašajo listne uši. Okuženo seme navadne zvezdice lahko v stadiju mirovanja v tleh preživi več let in predstavlja dolgotrajen vir okužb s CMV tudi ob odsotnosti ustreznih gostiteljskih rastlin.

Okuženo seme pa ni pomembno le za širjenje virusnih okužb na nekem ožjem, lokalnem območju, ampak je velik problem tudi pri mednarodnem trgovjanju in predstavlja globalni problem. Za prenos virusov je izjemno nevarno predvsem trgovanje z okuženim, necertificiranim semenom.

Virusi se v semenu nahajajo na semenski lupini ali v notranjosti, v založnem tkivu oz. v rastlinskem zarodku – embriu. Ko okuženo seme vzkali, se razvije v mlado rastlinico, pri tem pa se virusni delci prenesejo v različne rastlinske dele (korenine, steblo, liste). pride do sistemskih okužb. Nekateri virusi, ki se nahajajo na semenski lupini, na primer virus mozaika tobaka (TMV), lahko okužijo mlade rastlinice šele po njihovem vzniku oziroma ob presajanju. Pri tem namreč pogosto nastanejo zelo majhne, večinoma nevidne poškodbe rastlinskega tkiva in virus mehansko vstopi v poškodovane, a še žive rastlinske celice. Na podoben način se lahko prenaša tudi virus mozaika pepina (PepMV) na paradižniku, sicer v zelo majhnem deležu, ki znaša 0,026 % (Hanssen in sod., 2010). Isti avtorji trdijo, da se lahko s čiščenjem oziroma ustrezno obdelavo okuženega semena občutno zmanjša stopnja prenosljivosti PepMV. Na površini nezrelih semen se lahko nahajajo številni virusi, npr. virus črtastega mozaika ječmena – BSMV na ječmenu (Inouye, 1962) in virus rumenega mozaika ječmena – BYMV na soji (Inouye, 1973), vendar jih večina ob dozorevanju semena oziroma izsuševanju semenske lupine propade in se ne prenesejo v mlade rastlinice. To velja tudi za južni virus mozaika fižola – SBMV (Uyemoto in Grogan, 1977; Khan in Dijkstra, 2002).

Zdi se, da je prenos virusov, ki se nahajajo na površini semena, mogoč le pri tistih, ki so sposobni preživeti izsušitev semenske lupine zrelega semena (npr. TMV) (Walkey, 1991). Na površini semena se prenaša tudi virus nekrotične pegavosti melone – MNSV, vendar za prenos oziroma okužbo gostiteljske rastline potrebuje dodatnega prenašalca, in sicer glivo *Olpidium bornovanus* (Hibi in Furuki, 1985; Khan in Dijkstra, 2002).



**Slika 1.4:** Prenos s semenom je pomemben način prenosa BCMV pri fižolu (avtor R. Pleško)

V nasprotju s prej omenjenimi, pa nekateri virusi prodrejo neposredno v rastlinski zarodek (embrio). V tem primeru govorimo o dejanskem prenosu virusov s semenom, ki je s stališča okužbe rastlin izjemno pomemben. Pri tem prenosu je pomembno, da okužba gostiteljske rastline nastane pred cvetenjem oziroma pred oblikovanjem spolnih celic (gamet). Za uspešen prenos virusov je vsekakor potrebna okužba rastlinskega zarodka (embria), ki je povezana bodisi z okužbo spolnih celic (gamet) med njihovim nastanjem (posredna okužba), ali pa do okužbe zarodka pride skozi semensko zasnov po oploditvi (neposredna okužba).

Pri prenosu s posredno okužbo zarodka pride do okužbe z združitvijo okuženih spolnih celic med oploditvijo, pri čemer se moška spolna celica (pršnik → mikrospora → mikrogametofit → spermalna celica) združi z jajčno celico (pestič → megaspore → megagametofit → jajčna celica) in jo oplodi. Nastane diploidna zigota (oplojeno jajče), ki po oploditvi raste v zarodek (embrio). Tak prenos je med drugim značilen za virus šelestenja tobaka (TRV), virus progastega mozaika ječmena (BSMV) in virus mozaika kumar (CMV) (Khan in Dijkstra, 2002). Prenos BSMV s semenom je vezan na sposobnost tega virusa, da lahko v zgodnji razvojni fazi okuži pelod ali megaspore materinske rastline. Tudi v primeru CMV pri špinaci (*Spinacia oleracea*) je vnos virusnih delcev v zarodek povezan z okuženim pelodom, postavlja pa se vprašanje, ali se virusni delci nahajajo na površini pelodnih zrn ali so v njihovi notranjosti (Khan in Dijkstra, 2002).

Pri prenosu z neposredno okužbo se zarodek (embrio) okuži z virusom po oploditvi, pojavi pa je bil najbolje preučen pri s semenom prenosljivem virusu mozaika graha (PSbMV). Ta virus se pri različnih kultivarjih graha (*Pisum sativum*) prenaša različno intenzivno. Razlika se namreč kaže v učinkovitosti prenosa s semenom. Po trditvah Wanga in Mauleja (1994) se PSbMV s semenom prenaša pri cv. Vedette 60–80 %, medtem ko se pri cv. Progreta s semenom ne prenaša. Na temelju analiz z ELISA-testi in elektronsko mikroskopijo sta omenjena avtorja ugotovila, da naj bi bil pri cv. Progreta prenos virusa v zarodek onemogočen zaradi blokade premikanja ali pomnoževanja PSbMV in posledično zaradi onemogočenega prehoda virusnih delcev iz starševskega v hčerinsko tkivo. Za omenjeno preprečevanje gibanja virusnih delcev PSbMV proti suspenzorskim celicam naj bi bili po mnenju avtorjev odgovorni različni geni gostiteljske rastline.

Prenos virusov s cvetnim prahom oziroma pelodom je tesno povezan z njihovim prenosom s semenom. Vsi virusi, ki se prenašajo s pelodom se namreč lahko prenašajo tudi s semenom, kar pa ne velja obratno. Znano je, da je lahko vir okužbe rastlinskega zarodka okužena materinska rastlina, do okužbe zarodka pa lahko pride tudi na zdravi rastlini, preko okuženega peloda (Walkey, 1991).

Pri pravem prenosu virusov s pelodom ne gre za pasivni prenos virusov, ki so prisotni na površini peloda, ampak so virusi prisotni v pelodnem zrnu. Prisotnost virusa v pelodu pa še ne pomeni, da se bo virus s pelodom tudi prenašal. Tak primer je virus mozaika tobaka (TMV), ki ga lahko detektiramo v pelodu, vendar se s pelodom ne prenaša (Card in sod., 2007).

Virusna okužba se lahko s pelodom prenese na opraprošeno rastlino (horizontalni prenos), lahko pa se s pelodom prenese na seme in preko okuženega semena na potomstvo (vertikalni prenos) (Card in sod., 2007). Vertikalni prenos je precej pogosteji kot horizontalni, obstaja pa tudi nekaj virusov, pri katerih poznamo oba načina prenosa s pelodom. Tak primer je virus grmičavosti in pritlikavosti malin (RBDV), kjer se z okuženim pelodom virus prenese na opraprošeno rastlino, hkrati pa tudi na potomstvo. Pri malini dosega ta način prenosa celo 77 % (Jones in Mayo, 2003). Podobno pride do prenosa virusne okužbe na opraprošeno rastlino tudi pri virusu nekrotične obročkaste pegavosti breskve (PNRSV) na češnjah (George in Davidson, 1963, citirano v Walkey, 1991). Horizontalni in vertikalni prenos je bil dokazan še za nekatere viruse iz rodov *Ilarvirus*, *Nepovirus*, *Potyvirus*, *Sobemovirus* in *Hordeivirus* (Card in sod., 2007).

Poročil o prenosu virusov s pelodom je razmeroma malo, precej več je znanih o prenosu virusov s semenom. Znano je, da prenos s pelodom lahko poveča učinkovitost prenosa virusov s semenom, vendar je to odvisno od kombinacije virusa in gostiteljske rastline. Učinkovitost prenosa virusa navadnega mozaika fižola (BCMV) s semenom pri fižolu je višja pri opraproštvitvi zdrave rastline z okuž-

nim pelodom kot pri opraproštvitvi okužene rastline z neokuženim pelodom. Najvišja pa je učinkovitost prenosa, če sta okužena tako opraprošena rastlina kot pelod (Medina in Grogan, 1961, citirano v Walkey, 1991). Posledica okuženega peloda je lahko tudi slaba oploditev, kot npr. pri pelodu tobaka, okuženem z virusom zvijanja listov češnje (CLRV) (Cooper, 1976, citirano v Walkey, 1991). Okužba z virusi lahko povzroči sterilnost peloda. Pri solati, okuženi z virusom mozaika solate (LMV), je visok delež sterilnega peloda, posledica tega pa je slabša oploditev. Najbolj znan primer sterilnosti peloda zaradi virusne okužbe je verjetno paradižnik, okužen z virusom aspermije paradižnika (TAV). Plodovi na okuženem paradižniku so majhni, deformirani in navadno brez semena (Hollings in Stone, 1971).



*Slika 1.5: S CMV in PVY okužena rastlina paprike (feferoni). CMV se prenaša s pelodom, vertikalno, na potomce opraprošene rastline. (avtor R. Pleško)*

Kot poročajo Card in sodelavci (2007), je poznanih 45 virusov, ki se prenašajo s pelodom. Po trenutno veljavni taksonomiji so ti uvrščeni v 18 rodov, trije pa so neuvrščeni znotraj družine Partitiviridae. Prenos s pelodom je precej pomemben pri nekaterih virusih in je edini znani način prenosa virusa nenadnega odziva borovnice (BlShV)

in RBDV (Card in sod., 2007). Zelo verjetno je prenos s pelodom precej pomembnejši pri lesnatih trajnicah kakor pri zelnatih enoletnicah, saj se v primeru horizontalnega prenosa v nekaj letih lahko okuži precejšen delež rastlin v nasadu (Card in sod., 2007; Bristow in Martin, 1999).

## 1.9

## PRENOS VIRUSOV Z VODO

Rastlinski virusi se lahko iz okuženih rastlinskih ostankov ali korenin sproščajo v zemljo in vodo. Raziskave prenosa rastlinskih virusov z vodami so v primerjavi z drugimi načini razmeroma mlade. Objave s tega področja zasledimo predvsem v zadnjih tridesetih letih, čeprav sega prvi zapis o najdbi rastlinskega virusa v vodi že v letu 1960 (citirano v Mehle in Ravnikar, 2012). Rastlinske viruse iz vsaj sedmih rodov (*Carmovirus*, *Cucumovirus*, *Diatrovirus*, *Tobamovirus*, *Necrovirus*, *Potexvirus* in *Tombusvirus*) so našli v različnih stojecih in tekočih vodah v različnih evropskih državah. Pogosto so v različnih vodnih virih našli predstavnike tobamovirusov, ki so izredno stabilni mehansko prenosljivi virusi. Boben in sodelavci (2007) so virus mozaika paradižnika (ToMV) zasledili v sedmih od devetih analiziranih vzorcev vode iz različnih delov Slovenije. V rekah so našli tudi viruse, ki pred tem niso bili znani. Ti virusi so večinoma dobili ime po rekah, iz katerih so jih izolirali (npr. havelski rečni virus – Havel River virus ali sitkeški z vodo prenosljivi virus – Sitke waterborne virus), njihov pomen za kmetijstvo pa zaenkrat še ni znan (Yi in sod., 1992).

Prenos rastlinskih virusov z vodo lahko poteka na več načinov. Lahko so v vodi prisotni prenašalci, npr. spore različnih glivnih in glivam podobnih prenašalcev, lahko so v vodi prisotna z virusi okužena semena, iz katerih zrastejo okužene rastline, lahko pa so v vodi prisotni virusi, ki nato sami po sebi okužijo primerne gostiteljske rastline.

Raziskave opravljene v zadnjih letih kažejo, da lahko do okužbe gostiteljskih rastlin z virusi pride zaradi njihove navzočnosti v hranilni raztopini uporabljeni za gojenje. Mehle in sodelavci (2014) so dokazali prenos dveh virusov, virusa mozaika pepina (PepMV) in PVY<sup>NTN</sup> s hranilno raztopino v zaprtem eksperimentalnem sistemu. V zadnjem času pridobiva na pomenu hidropomska pridelava rastlin, za katero je značilno, da lahko voda v sistemu kroži (zaprti sistemi) ali pa po uporabi iz sistema odteče (odprtii sistemi). Glede na to, da je koncentracija virusov v vodah na splošno zelo nizka in je za uspešno okužbo potreben daljši čas, je za prenos virusov v takih sistemih verjetno pomembnejši zaprt sistem hidropomske pridelave rastlin.

- Andret-Link, P., Fuchs, M. 2005. Transmission specificity of plant viruses by vectors. *Journal of Plant Pathology*, 87 (3): 153–165.
- Brislow, P. R., Martin, R. R. 1999. Transmission and the role of honeybees in field spread of Blueberry shock ilarvirus, a pollen-borne virus of highbush blueberry. *Phytopathology* 89: 124–130.
- Cadman, C. H., Dias, H. F., Harrison, B. D. 1960. Sap transmissible viruses associated with disease of grapevines in Europe and North America. *Nature* 187: 577–579.
- Card, S. D., Pearson, M. N., Clover, G. R. G. 2007. Plant pathogens transmitted by pollen. *Australasian Plant Pathology*, 36: 455–461.
- Froissart, R., Michalakis, Y., Blanc, S. 2002. Helper Component – Transcomplementation in the Vector Transmission of Plant Viruses. *Phytopathology*, 92: 576–579.
- Gray, S. M., Banerjee, N. 1999. Mechanisms of Arthropod Transmission of Plant and Animal Viruses. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 63 (1): 128–148.
- Hanssen, I.M., Mumford, R., Blystad, D.R., Cortez, I., Haslow-Jaroszewska, B., Hristova, D., Pagan, I., Pereira, A.M., Peters, J., Pospieszczyk, H., Ravnikar, M., Stijger, I., Tomassoli, L., Varveri, C., van der Vlugt, R., Nielsen, S. L. 2010. Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato. *European Journal of Plant Pathology* 126: 145–152.
- Hibi, T., Furuki, I. 1985. Melon necrotic spot virus. In ABB Description of Plant viruses No. 302, ABB, Wellesbourne, Warwick, UK, 4.
- Hollings, M., Stone, O. M. 1971. Tomato aspermy virus. ABB Description of Plant viruses No. 79, ABB, Wellesbourne, Warwick, UK, 4.
- Johansen, E., Edwards, M. C., Hampton, R. O. 1994. Seed transmission of viruses: Current perspectives. *Annual Review of Phytopathology*, 32: 363–386.
- Jones, A.T., Mayo, M.A. 2003. Raspberry bushy dwarf virus. AAB Descriptions of plant viruses No. 360, <http://www3.res.bbsrc.ac.uk/webdpv/web/adpv.asp?dpvnum=360>.
- Kišpatić, J. 1985. Opća fitopatologija. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu: 306s.
- Khan, J. A., Dijkstra, J. 2002. *Seed Transmission of Viruses: Biological and Molecular Insight*, V: Khan, J. A., Dijkstra, J. *Plant Viruses as Molecular Pathogens*. The Haworth Press, Inc.: 105–126.
- Mehle, N., Ravnikar, M. 2012. Plant viruses in aqueous environment: Survival, water mediated transmission and detection. *Water Research* 46: 4902–4917.
- Mehle, N., Gutierrez-Aguirre, I., Prezelj, N., Delić, D., Viđić, U., Ravnikar, M. 2014. Survival and transmission of Potato virus Y, Pepino mosaic virus, and Potato spindle tuber viroid in water. *Applied and Environmental Microbiology* 80 (4): 1455–1462.
- Mink, G. I. 1993. Pollen- and seed-transmitted viruses and viroids. *Annual Review of Phytopathology* 31: 375–402.
- Šutić, D. 1980. *Biljni virusi*: Nolit, Beograd: 253s.
- Uyemoto, J. K., Grogan, R. G. 1977. Southern bean mosaic virus: Evidence for seed transmission in bean embryos. *Phytopathology* 64: 342–345.
- Vaino, J., Cutts, F. (1998) Yellow fever. World Health Organisation, Geneva: 87.
- Walkey, D. 1991. *Applied Plant Virology*. Chapman and Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: 338.
- Wang, D., Maule, A. J. 1994. A model for seed transmission of a plant virus: Genetic and structural analyses of pea embryo invasion by Pea Seed-borne Mosaic Virus. *The Plant Cell* 6: 777–787.
- Yi, L., Lesemann, D.-E., Koenig, R., Rüdel, M., Pfeilstetter, E. 1992. Isometric plant viruses in ditches and streams in agricultural areas: recovery of previously found viruses and identification of hitherto unrecorded Carmo and Tombus-viruses including Grapevine Algerian latent virus. *Journal of Phytopathology* 134, 121–132.

## 2 LISTNE UŠI IN PRENOSI VIRUSOV Z LISTNIMI UŠMI

Špela Modic, Jaka Razinger in Saša Širca

Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, Ljubljana

### 2.1 UVOD

Prave listne uši (družina Aphididae) so visoko specializirane rastlinojede žuželke, katerih pestrost vrst je največja na severni polobli z zmernim kontinentalnim podnebjem. Te majhne in nežne sesajoče žuželke so že v preteklosti zbujale pozornost številnih entomologov in sedaj je opisanih že več kot 4.700 vrst (Remaudiere in Remaudiere, 1997). Od tega v Evropi živi približno 1.500 vrst (Petrović-Obradović in sod., 2007). Po zbranih podatkih (Modic in Urek, 2008) je bilo do sedaj za favno listnih uši Slovenije ugotovljenih 197 vrst, število vrst pa se s poglobljenimi raziskavami na področju afidologije povečuje.

Spremljanje listnih uši v Sloveniji poteka že več desetletij. Prvi zapis pojava virusosne listne uši v Sloveniji je iz leta 1958 (Janežič, 1958). Prvi obsežnejši pregled zastopanosti listnih uši v Sloveniji je v svojem delu podal Franc Janežič leta 1989, ki mu je leta 1996 sledil popis naleta listnih uši v letu 1994 (Hržič, 1996). V 80. in 90. letih prejšnjega stoletja se je v Sloveniji intenzivno spremljalo nalet listnih uši, prenašalk virusov, predvsem z namenom zaščititi proizvodnjo semenskega krompirja (Kus, 1993). V letu 2008 je bil objavljen posodobljen pregled favne listnih uši, ki je vključeval podatke iz preteklih objav najdb listnih uši v Sloveniji, dopolnjen pa je bil s številnimi novo najdenimi vrstami (Modic in Urek, 2008).

Po biološki klasifikaciji uvrščamo prave listne uši (naddružina Aphidoidea) skupaj z bolšicami (naddružina Psylloidea ali Psyllina), ščitkarji ali moljevkami (naddružina Aleyrodidea) in kaparji (naddružina Coccoidea) med prsokljunce (podred Sternorrhyncha). Ta raznolika skupina kljunatih žuželk šteje 16.000 vrst. Izraz Sternorrhyncha izvira

iz grščine ter se nanaša na lego ustnega aparata žuželk za bodenje in sesanje, ki je dobro razvit pri odraslih listnih ušeh in ličinkah. Listne uši se prehranjujejo tako, da z bodalom predrejo povrhnjico lista in s sesalom, zabodenim v tkivo floema, črpajo hranilne snovi. Prav zaradi te lastnosti njihova hrana vsebuje veliko ogljikovih hidratov in je siromašna z aminokislinami ter drugimi dušikovimi spojinami. Skoraj vse vrste pravih listnih uši imajo tudi endosimbionte. Endosimbiontske bakterije se nahajajo v posebnih tkivih, imenovanih bakteriami ali micetomi. Pri večini vrst uši je bila ugotovljena endosimbiontska bakterija *Buchnera aphidicola*, ki obogati prehrano s sintetiziranjem vitaminov, sterolov, aminokislin in polisaharidov (Houk, 1987).

Prave listne uši imajo v okolju številne naravne sovražnike, ki se z njimi hranijo in so pomembni v biotičnem varstvu rastlin.



*Slika 2.1: Jajčeca muh trepetavk (Syrphidae) odložena med nimfami velike žitne uši (Sitobion avenae) na pšenici (avtor Š. Modic)*

Najpogosteje so listne uši dolge od 1,5 do 3,5 mm, nekatere vrste pa dosežejo tudi 7 mm. Njihovo mehko telo ima jasno oblikovano glavo, oprsje in zadek. Na glavi imajo 6-člene tipalke, ki so nasajene na čelne grbice. Manj kot 6 členov imajo nimfe in redke odrasle vrste listnih uši. Pri krilatih osebkih in samicah so tipalke daljše kot pri nekrilatih osebkih in samicah. Na tipalkah so dihalni organi, ki jih imenujemo rinarije. Pri odraslih listnih ušeh ločimo nekrilate in krilate osebke (Slika 2.2). Krilate uši imajo na oprsu dva para prosojnih kril z nekaj žilami, katerih prednji par kril je znatno večji od zadnjega. Listne uši imajo tri pare dolgih tankih nog, ki služijo predvsem za hojo. Na koncu je stopalce, ki je navadno sestavljeno iz dveh členov. Pod krempeljci so oprijemalne dlačice. Zadek je sestavljen iz 10 členov, med katerimi je



deveti reducirani. Deseti zadkov člen ima na hrbtni strani značilen repek (*cauda*), katerega poglavita funkcija je preprečevanje razlitja izločkov iz anusa po telesu. Oblika in velikost repka pa sta pomembni za določanje vrst. Na predprsju in ob straneh zadka imajo številne listne uši značilne izrastke (*tubercles*). Devet parov dihalnic ali stigem (*spiracles*) je porazdeljenih na sredoprsju, zaprsju in prvih sedmih trebušnih členkih. Na petem zadkovem členku izraščata cevki, sifona (*siphunculus*). Skoznje vznemirjene listne uši izmetavajo izloček trebušnih žlez, v katerem se nahajajo tudi seskvetterpeni ( $C_{15}H_{24}$ ). Ti delujejo kot alarmni feromoni pri odganjanju naravnih sovražnikov. Telo listnih uši pogosto prekriva voskasta snov, ki jo listne uši izločajo skozi žleze za izločanje voska ter jim daje značilen izgled.



Slika 2.2: Predstavnica pravih listnih uši velika žitna uš (*Sitobion avenae*) levo krilata in desno nekrilata oblika listne uši. (avtor Š. Modic)

Listne uši imajo nepopolno preobrazbo (*hemimetabola*). Razmnožujejo se nespolno, brez oploditve, z izleganjem živih ličink (*viviparno*) in spolno, z jajčecu (*oviparno*). Pri listnih ušeh se izraža polimorfizem, zato se osebki znotraj vrste med seboj morfološko razlikujejo. Najpogosteje se v razvoju listnih uši pojavlja pet oblik (*morfi*). Pri vrstah, ki imajo holocikličen razvoj, se iz prezimljenega jajčeca spomladsi izleže uš temeljnica (*fundatrix*), ki je prva posameznica nespolnega razvoja listnih uši. Navadno je nekrilata, bolj okroglia in zelo podobna nekrilatim živorodnim samicam, ki se bodo pojavile pozneje. Njeni potomci so skozi vso pomlad in poletje živorodne samice, dokler jeseni ne nastopi čas za oploditev. Takrat se pojavijo krilati samci (*andropara*), ki oplodijo samice (*ovipare*). Oplojene samice odložijo jajčeca, ki prezimijo. Anholociklične vrste nimajo spolnega rodu in se razmnožujejo samo nespolno (deviškorodno). Prezimijo kot odrasle listne uši ali nimfe. V kontinentalnem podnebju se pojavljajo vrste, ki imajo obe razvojni obliki. Zaradi večje morfološke raznolikosti listnih uši je njihovo določanje zelo zahlevno in je pri nekaterih vrstah, na osnovi enega osebka, praktično nemogoče. Za pomoč v primerih težavne ali nemogoče identifikacije uši so bile razvite različne metode na osnovi verižne reakcije s polimerazo (PCR), ki omogočajo identifikacijo tudi neodraslih osebkov (Hebert in sod., 2003a in 2003b; Black in sod., 1992; Valenzula in sod., 2007). Za podporo morfološki identifikaciji listnih uši nižjih razvojnih stadijev smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije vpeljali metodo molekularne identifikacije pravih listnih uši na podlagi analize nukleotidnega zaporedja gena za citokrom oksidazo I (Kozmus in Modic, 2009).

Prezimovanje večine vrst listnih uši je povezano z zimskim gostiteljem, ki je po navadi lesnata rastlina, spomladsi pa preletijo na drugotne zelnate ali lesnate gostitelje. Na njih se pojavljajo le partenogenetski rodovi (*exules*). Govorimo o dvodomnih vrstah uši (heterocične). Vrste uši, katerih razvoj je povezan le z eno rastlinsko vrsto, imenujemo endodomne (monoecične).



*Slika 2.3: Rumena ribezova uš (*Cryptomyzus ribis*) viviparno izlega nimfo.* (avtor Š. Modic)

Pri odraslih osebkih se pogosteje pojavljajo nekrilate uši (*aptere*). Te imajo večji razmnoževalni potencial kot krilate (*alate*) uši, ki so specializirane za širjenje oziroma menjavo gostiteljske rastline. Na pojav krilatih živorodnih uši vpliva več dejavnikov, kot so: gostota populacije, hranilna vrednost rastline, temperatura, fotoperioda, navzočnost mravelj in nevrosekrecija (Dixon, 1973). S poskusni so že pri več vrstah dokazali, da naraščajoča populacija uši na rastlini vpliva na pojav krilatih osebkov, medtem ko na nastanek spolnih oblik vpliva predvsem osvetlitev (dolžina dneva).



*Slika 2.4: Zimska jajčeca listnih uši odložena ob brst jablane.* (avtor Š. Modic)

Listne uši so gospodarsko pomembna skupina rastlinskih škodljivcev, ki naseljujejo skoraj vse gojene rastline. Prvi prelet posameznih dvodomnih vrst uši se zgodi že zelo zgodaj spomladi. Čez polete listne uši nastopajo množično, v kolonijah. Teda s sesanjem rastlinskih sokov na vegetativnih in generativnih organih gostiteljskih rastlin povzročajo škodo. Pri tem skozi zadnjično odprtino izločajo medeno roso. Na močno napadenih rastlinah se na slatkornih izločkih naselijo glive sajavosti, zato napadene rastline in plodovi površinsko počrnijo. Poleg tega medeno roso koristijo številne vrste žuželk. Vrste mravelj iz poddružine Formicinae in Myrmicinae v zameno za medeno roso ščitijo uši pred predatorji. Če je rastlina ovenela, jih celo prenesejo na novo gostiteljsko rastlino (Galli in Bonvicini-Pagliai, 1998). Mravlje večinoma obiskujejo koreninske uši (*Protrama spp.*) in se izogibajo vrstam, ki izločajo velike količine voska, kot je na primer krvava uš *Eriosoma lanigerum*.



*Slika 2.5: Znamenja napada listnih uši (Cryptomyzus ribis) na listih ribeza (avtor Š. Modic)*

Navadno ugotovimo navzočnost škodljivca šele po poškodbah, ki jih povzroča, kot so različne kodravosti, kloroze, zvijanje listov in venjenje poganjkov, izrastki, deformacije cele rastline ali le posameznih tkiv. Pri lesnatih gostiteljskih rastlinah lahko kot posledica napada listnih uši les tudi pozneje dozori. Škoda, ki jo povzročajo listne uši v kmetijstvu s prenašanjem približno 275 povzročiteljev rastlinskih bolezni (Agrios, 2005), je veliko večja kot tista, ki nastane neposredno pri prehranjevanju uši. Znanih je 214 vrst listnih uši, ki prenašajo rastlinske viruse (Harris, 1990). Listne uši so slabi letalci, na daljše razdalje jih prenašajo predvsem zračni tokovi.

Prave listne uši prenašajo rastlinske virusne večinoma na necirkulacijski, neperzistenten način. Pri tem prenosu prenašalko privzamejo virusne delce v nekaj sekundah hranjenja na okuženi rastlini in jih lahko v enako kratkem času prenesejo na zdravo rastlino. Približno pol ure po končanem hranjenju je listna uš še sposobna prenesti virus, nato pa se učinkovitost prenosa močno zmanjša in se v nekaj urah popolnoma izgubi. Na tak način prenašajo virusse, ki pripadajo rodovom *Alfamovirus*, *Carlavirus*, *Caulimovirus*, *Cucumovirus*, *Fabavirus*, *Macluravirus* in *Potyvirus* (Pringle, 1999). Virusi se le začasno nahajajo v bodalnu (maksilarni stilet) in ne krožijo po telesu. Pri levitvi žuželke se ne ohranijo. V tuji literaturi se za to uporablja tudi izraz »stylet-borne«. Prav tako se na necirkulacijski način prenašajo semiperzistentni virusi iz rodov *Caulimovirus*, *Closterovirus*, *Sequivivirus*, pri katerih pa se mora žuželka dalj časa hraniti na okuženi rastlini (vsaj 30 minut) preden nakopiči dovolj virusa za prenos. Taki virusi so navzoči v prenašalcu od 1 do 4 dni. Virusi, ki krožijo po telesu, so perzistentni virusi. Zadnje listne uši privzamejo po daljšem času hranjenja na okuženi rastlini (od 30 min do nekaj ur ali dni), vendar so jih šele po fazi zadrževanja sposobne prenesti na nove gostitelje. Z levitvijo se kužnost prenašalca ne izgubi in pogosto virus ostane v žuželki celo njeno življenne. Propagativni virusi, ki se v listnih ušeh lahko tudi razmnožujejo, pripadajo rodovoma *Cytorhabdovirus* in *Nucleorhabdovirus* (Pringle, 1999). Ti se včasih prenesejo na potomstvo tudi preko jajčec, kar je leta 1969 dokazal Sylvester z zeleno solatno ušjo *Hyperomyzus lactucae* L. kot prenašalko in virusom rumenih žil škrbinke (*Sowthistle yellow vein virus* – SYVV). Cirkulacijski nepropagativni virusi se, za razliko od propagativnih virusov, v listnih ušeh ne razmnožujejo, čeprav morajo prav tako prečkati pregrade prebavnega trakta prenašalca, da lahko vstopijo v hemolimfo in z njo v žleze slinavke. Mednje sodijo vrste iz rodov *Luteovirus*, *Polerovirus*, *Enamovirus*, *Nanovirus* in *Umbravivirus* (Pringle, 1999). Perzistentni virusi, ki se nahajajo v floemu hrnilne rastline, so po navadi vezani le na specifičnega prenašalca, medtem ko neperzis-

tentni virus lahko prenaša več vrst listnih uši. Ne glede na različne načine prenosa virusov pa imajo pri vseh vrstah prenosov pomembno vlogo pomožni proteini (HC).

### **2.5.1 Specifika prenosa luteovirusov in polerovirusov z listnimi ušmi**

Luteovirusi in polerovirusi, ki so povzročitelji številnih gospodarsko pomembnih virusnih bolezni žit, krompirja, sladkorne pese in drugih gojenih rastlin, prenašajo listne uši na cirkulacijski, perzistenten način. Nahajajo in množijo se v floemu okužene rastline in se ne prenašajo mehansko. Najdemo jih v jedru in citoplazmi okuženih celic. Bolezenska znamenja, značilna za okužbo s temi virusi, se na okuženih rastlinah navadno kažejo kot pritlikavost ali zakrnela rast rastlin. Na listih se pojavijo rumena razbarvanja ali pa se okužene rastline obarvajo izrazito rdeče. V nekaterih primerih lahko pride tudi do zvijanja in otrdevanja listov.

Ob hranjenju listnih uši na okuženi rastlini pridejo virusi s floemskim sokom v njihova prebavila, od koder se prenesejo naprej v hemocel in žleze slinavke po načelu endo- in eksocitoze. Ob ponovnem hranjenju uši na gostiteljski rastlini se virusi iz sline prenesejo v floem rastline in na ta način pride do prenosa virusov (Bouvaine in sod., 2011). Postopek vključuje tri glavne korake.

1. Uši črpajo hrnilne snovi iz floema okužene rastline. Po zaužitju hrane se virusi gibljejo skozi prebavni trakt do zadnjega črevesa ali, v primeru polerovirusov, v zadnji del srednjega črevesa.
2. Tu se nekateri virusni delci združijo s plazmalemo epidermalnih celic in oblikujejo prevlečene jamice (coated pits) z mehanizmom, ki spominja na endocitozo s pomočjo receptorjev. Tako nastanejo znotraj celic receptosomi, od katerih se verjetno odcepijo virusi. To naj bi predstavljal glavno sredstvo za prenos virusa v hemocel.
3. Nato virusi prehajajo skozi hemolimfo, dokler ne končajo v žlezah slinavkah.

V 90. letih prejšnjega stoletja so odkrili, da je v prenos luteovirusov in polerovirusov verjetno vpletен še en organizem (Van den Heuvel, 1999). Uši vsebujejo tudi gram negativne endosimbiontske bakterije rodu *Buchnera*, ki jih najdemo v posebnih velikih celicah, imenovanih bakteriocite (Buchner, 1965; Bouvaine in sod., 2011). V prizadevanju, da bi v uši odkrili proteinski receptor za virus, so Van den Heuvel in sod. (1994) izvedli poskuse, v katerih so proteine uši pomešali z virusom zvijanja listov krompirja (*Potato leafroll virus* – PLRV). Kot najverjetnejši kandidat za receptor se je izkazal simbionin, sedaj imenovan GroEL, ki pa ni bil navzoč le kot vezan v endosimbiontih, ampak tudi v prosti obliki, v hemocelu (Van den Heuvel, 1999). Uporaba antibiotikov je znižala raven GroEL v hemolimfi, kar je spremjal upad v učinkovitosti prenosa virusa. Domnevali so, da interakcija z GroEL zaščiti virus v hemolimfi prenašalca ali na drug način vpliva na prenos. *In vitro* interakcije so odkrili tudi med virusom rumenenja in pritlikavosti ječmena (BYDV – PAV) ter simbionini iz velike žitne uši (*Sitobion avenae*) in čremsine uši (*Rhopalosiphum padi*) (Bencharki in sod., 2000). Pred kratkim so ugotovili, da GroEL ščiti tudi virus rumenenja in zvijanja listov paradižnika (TYLCV – *Tomato yellow leaf curl geminivirus*) v hemolimfi tobakovega ščitkarja – *Bemisia tabaci* (Ghanim in Czosnek, 2000). Najnovejše raziskave kažejo, da GroEL iz bakterije rodu *Buchnera* najverjetneje ni tisti protein, ki je udeležen pri prenosih luteo- in polerovirusov z listnimi ušmi. Kot možne kandidate pa omenjajo podobne proteine drugih endosimbiontov iz listnih uši (Bouvaine in sod., 2011).

## 2.5.2 Specifika prenosa potivirusov z listnimi ušmi

Listne uši večinoma prenašajo potiviruse na neperzistenten način. Pri tem prenosu so izredno pomembne prehranjevalne navade listnih uši, ki pri izbiri gostiteljske rastline najprej z bodalom naredijo več kratkih poskusnih vbodov v epidermalne celice, da okusijo celični sok. Vbod, ki traja le nekaj sekund, zadostuje, da se virusni delci vežejo na bodalo. Uši naredijo več poskusnih vbodov, tako na gostiteljskih kot na negostiteljskih rastlinah. Uspešne prenašalke potivirusov so polifagne vrste, na primer siva breskova uš – *Myzus persicae* Sulzer, krhlikova uš – *Aphis gossypii* Glover, *Aphis cracci-vora* Koch in črna fižolova uš – *Aphis fabae* Scopoli (Raccah in sod., 2001). Na uspešnost prenosa virusa z listnimi ušmi vpliva menjava rodov (krilate, nekrilate oblike listnih uši), razdalja preleta, prelet listnih uši s prvotnega gostitelja na drugotnega gostitelja in specifičnost prenosa.

Genom potivirusov kodira t. i. pomožni protein (helper component – HC), ki je nujno potreben za njihov uspešen prenos. HC je nestrukturni protein, ki naj bi se vezal tako na virus kot tudi na kutikularno prevleko ustnih delov listnih uši (Govier in Kassanis, 1974, citirano v Syller, 2006). Na ta način naj bi se virusni delci za kratek čas reverzibilno vezali znotraj prehranskega kanala v bodalu listnih uši, kar bi bilo dovolj za prenos virusov z ene rastline na drugo. HC opravlja več funkcij, za prenos virusov z ušmi je odgovoren N-terminalni del tega proteina (Syller, 2006). Prav tako je za uspešen prenos potreben tudi N-terminalni del pličnega proteina virusa (CP). Ta del CP se pojavi na površini virusnega delca, še posebej pa naj bi bil za prenos z ušmi odgovoren DAG-motiv v N-terminalnem delu CP. S poskusi je bilo dokazano, da gre tudi pri prenosih potivirusov z listnimi ušmi v nekaterih primerih za specifično interakcijo, čeprav je prenos necirkulativen (Syller, 2006).

Prave listne uši ogrožajo zlasti pridelavo semenskega krompirja. Po podatkih (Blackman in Eastop, 2006) je bilo doslej na krompirju (*Solanum tuberosum L.*) najdenih 18 različnih vrst listnih uši. Krompir lahko naseljuje več vrst listnih uši, med katerimi so le določene vrste znane kot prenašalke rastlinskih virusov. Gospodarsko najpomembnejši virusi krompirja so virus Y krompirja (PVY), virus A krompirja (PVA), virus S krompirja (PVS), virus M krompirja (PVM), virus X krompirja (PVX) in virus zvijanja listov krompirja (PLRV). Prenašalke teh virusov so *Aphis frangulae*, *A. nasturtii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis fabae*, *Myzus certus*, *Myzus humuli* in *Rhopalosiphum insertum*. Med njimi je najpomembnejša siva breskova uš (*M. persicae*), ki prenaša prek 100 rastlinskih virusov iz različnih rodov, od prej omenjenih krompirjevih virusov prenaša PVM, PVS, PLRV in PVY. V naših razmerah se prelet sive breskove uši začne konec aprila ali maja in doseže vrh naleta sredi junija. V obdobju od konca aprila do začetka avgusta na Kmetijskem inštitutu Slovenije že vrsto let redno spremljamo navzočnost in številčnost virusonosnih listnih uši v nasadih semenskega krompirja. Pri tem uporabljamo rumene lovne posode (Moericke), v katere se po zbranih podatkih največ uši ulovi v začetku junija (Slika 2.6). Posode so narejene iz kovinske pločevine; dno posode (49,5 x 32,5 cm) ima 8 cm visok rob z naklonom 65°. V kotu je vgrajena odtočna cev s premerom 19 mm, ki je v času lovljenja žuželk zamašena. Dno posode ter spodnji deli stranic v višini 2 cm so rumene barve, preostali del posode pa je siv.

Vrste listnih uši, ki se lovijo v nasadih krompirja, v svojem prispevku navaja Hržič (1996). Na oddelku za varstvo rastlin na Kmetijskem inštitutu Slovenije še vedno spremljamo nalet in številčnost listnih uši, ki prenašajo viruse v nasadih semenskega krompirja. Med gospodarsko pomembne listne uši, ki jih spremljamo, uvrščamo vrste: *Aphis fabae* (Scopoli), *Aphis nasturtii* Kaltenbach, *Aulacorthum solani* Kaltenbach, *Brachycaudus cardui* (Linnaeus), *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach), *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus), *Cavariella aegopodii* (Scopoli), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Me-*

*topolophium dirhodium* (Walker), *Myzus ascalonicus* Doncaster, *Myzus certus* (Walker), *Myzus persicae* Sulzer, *Phorodon humuli* (Schrank), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) in *Sitobion avenae* (Fabricius).



**Slika 2.6:** Rumena lovna posoda, namenjena spremljanju naleta listnih uši. (avtor Š. Modic)

S sistematičnim spremljanjem naleta in številčnosti listnih uši v obdobju 2003–2015 smo ugotovili, da je v vzorcih, ki smo jih jemali iz nasadov semenskega krompirja v Libeličah, Šentvidu pri Stični, Lahovčah in Jabljah najpogosteje zastopani rod *Aphis*. Vrsta, zastopana v največ vzorcih, je bila črna fižolova uš (*Aphis fabae*). Pogosto so bile zastopane vrste: *Macrosiphum euphorbiae*, *Rhopalosiphum padi*, *Phorodon humuli*, *Sitobion avenae*, rod *Brachycaudus*, *Cavariella aegopodii*, *Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae*, *Aulacorthum solani* in *Aphis nasturtii*, katerih številčnost se je razlikovala med leti in po lokacijah. Vrsti *Myzus ascalonicus* in *Myzus certus* smo v nasadih krompirja našli le redko. Poleg omenjenih vrst so se v rumene lovne po-

sode ulovile tudi druge vrste listnih uši, ki so zgolj naključno priletele v past (Modic in Urek, 2008).

### 2.6.1 Siva breskova uš – *Myzus persicae* Sulzer

Uši merijo od 1,2 do 2,3 mm in barvno zelo variirajo: od zelene do rožnate. Ličinke krilatih oblik so pogosto obarvane rdeče, zlasti jesenske populacije. Odrasli osebki imajo črno glavo in del oprsja. Krilate oblike imajo na zadku značilno temno, rogljato pego. Tipalke imajo dolžino telesa. Sifona sta temna, stekleničaste oblike in dolga do četrtnine dolžine telesa. Repek je prstaste oblike s 4–7 dlačicami. Na čelu med tipalkama sta značilni konvergentni grbici.

Vrsta ima holocikličen razvoj in je dvodomna z vrstami iz rodu *Prunus* kot vmesnimi gostitelji. Na območjih z milimi zimami prezimijo odrasle listne uši ali ličinke na kapusnicah oz. v rastlinjakih in

kleteh, na zelenjavi in krompirju. Sekundarni gostitelji, na katerih se hranijo in razmnožujejo, pravljajo več kot 40 različnim družinam.



Slika 2.7: Siva breskova uš (*Myzus persicae*) je prenašalka številnih gospodarsko pomembnih virusov. (avtor Š. Modic)

## 2.7 RAZISKAVE VIRUSONOSNIH LISTNIH UŠI V ŽITIH

Pri nas je najpogostejša in najštevilčnejša uš na žitih velika žitna uš (*Sitobion avenae* F.), pomembna prenašalka virusa MAV rumenjenja in pritlikavosti ječmena (BYDV – MAV). Poleg te vrste smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije v sklopu raziskave zastopanosti vrst v posevkih ozimnih žit na pšenici in ječmenu ugotovili tudi navzočnost čremsove uši (*Rhopalosiphum padi* F.), ki je poleg velike žitne

uši pomembna prenašalka virusa PAV rumenjenja in pritlikavosti ječmena (BYDV – PAV) (Modic in sod., 2009). Prav tako smo v žitih potrdili navzočnost koruzne uši (*Rhopalosiphum maidis* F.), ki je poleg svetle žitne uši *Metopolophium dirhodum* Walker in zelene žitne uši *Schizaphis graminum* Rondani pomembna prenašalka virusov rumenjenja in pritlikavosti ječmena v Evropi.



Slika 2.8: Velika žitna uš (*Sitobion avenae*) med sesanjem na ječmenu (avtor Š. Modic)



Slika 2.9: Koruzna uš (*Rhopalosiphum maidis*) med sesanjem na ječmenu (avtor Š. Modic)

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology. Fifth edition.* Elsevier Academic Press, Inc., San Diego, California. 922 pp.
- Benchmarki, B., El Yamani, M., Zaoui, D., 2000. Assessment of transmission ability of barley yellow dwarf virus-PAV isolates by different populations of *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 455–464.
- Black, W. C., DuTeau, N. M., Puterka, G. J., Nechols, J. R., Pettorini, J. M. 1992. Use of the random amplified polymorphic DNA polymerase phain reaction (RAPD-PCR) to detect polymorphism in aphids (Homoptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 82: 151-159.
- Blackman, R. L., Eastop, V. F. 2006. *Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. Vol. 2 The Aphids.* John Wiley & Sons. ISBN-10 0-471-48973-5. 1439 pp.
- Blanc, S., Lopez-Moya, J. J., in sod. 1997. A specific interaction between coat-protein and helper component correlates with aphid transmission of a potyvirus. *Virology*, 231: 141–147.
- Bouvaine, S., Boonham, N., Douglas, A. E. 2011. Interactions between a luteovirus and the GroEL chaperonin protein of the symbiotic bacterium *Buchnera aphidicola* of aphids. *Journal of General Virology* 92: 1467–1474.
- Buchner, P. 1965. *Endosymbiosis of animals with plant microorganisms.* Interscience, New York, 909s.
- Dixon, A. F. G. 1973. *Biology of Aphids.* Edward Arnold (Publishers) Limited, London, 58. str.
- Ghanim, M., Czosnek, H., 2000. Tomato Yellow Leaf Curl Geminivirus (TYLCV-Is) Is Transmitted among Whiteflies (*Bemisia tabaci*) in a Sex-Related Manner. *Journal Of Virology*, 74: 4738–4745.
- Halbert, S., Voegtlin, D. 1995. Biology and taxonomy of vectors of barley yellow dwarf viruses. V: *Barley yellow dwarf 40 years of progress.* D'Arcy, C. J., Burnett, P. A. (ur.). Minnesota, APS Press, 217–258.
- Harris, F., Smith, P., Duffus, E. 2001. *Virus-Insect-Plant Interactions.* San Diego, USA, Academic Press: 376. str.
- Harris, K. F. 1990. Aphid transmission of plant viruses. In Mandahar, C.L. (ed.): *Plant viruses, vol II,* C.R.C. Press, 177–204.
- Harrison, B. D., Robinson, D. J. 1988. Molecular variation in vector-borne plant viruses. Epidemiological significance. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol.*, 321: 447–462.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., deWaard, J. R. 2003a. Biological identification through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London b.* 270: 313-321.
- Hebert, P. D. N., Ratnasingham, S., deWaard, J. R. 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit I divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London b.* 270: S92-S99.
- Houk, E. J. 1987. *Symbionts*, p. 123-128. In A. K. Minks and P. Harrewijn (ed.), *Aphids*, vol. 2A. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, 123-128.
- Hržič, A. 1996. Opazovanje naleta listnih uši (Aphididae) v letu 1994. *Sodobno kmetijstvo*, 29, 2: 54–56.
- Janežič, F. 1958. Pojavljanje vironosne uši *Myzodes persicae* Sulz. na krompirju v Sloveniji. *Socialistično kmetijstvo, Ljubljana*, 9: 21–37.
- Janežič, F. 1989. Rastlinske šiške (cecidi) Slovenije. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani*, 13: 1–239.
- Kassanis, B., Govier, D. A. 1971. The role of the helper virus in aphid transmission of potato aucuba mosaic virus and potato virus C. *J. Gen. Virol.*, 13: 221–228.
- Kozmus, P., Modic, Š. 2009. Molekularna identifikacija pravih listnih uši (Stenorrhyncha: Aphidoidea) na podlagi nukleotidne analize regije citokrom oksidaza I. *Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Nova Gorica, 4.–5. marec 2009:* 379–384.

- Kus, M. 1993. Opazovalno – svarilni (monitoring) sistem za listne uši – vektorje virusov v Sloveniji in njihov pomen. Zbornik predavanj in referatov s 1. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin v Radencih od 24.–25. februarja 1993: 61–66.
- Modic, Š., Urek, G. 2008. Prispevek k poznavanju favne listnih uši (Sternorrhyncha: Aphidoidea) Slovenije. Acta Entomologica Slovenica, 16, 1: 81–94.
- Modic, Š., Mavrič Pleško, I., Urbančič Zemljič, M., Kozmus, P., Urek, G. 2009. Opazovanje in identifikacija pravih listnih uši (Stenorrhyncha: Aphidoidea) na gojenih rastlinah v Sloveniji. Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Nova Gorica, 4.–5. marec 2009: 285–292.
- Müller, H. J. 1962. Über die ursachen der unterschiedlichen resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus, *Aphis*.
- Mutterer, J. D. 1998. Etude des determinants viraux impliqués dans le mouvement du virus des jaunisses occidentales de la betterave ou bwv de cellule à cellule et à longue distance. Ph. D. dissertation, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France.
- Petrović-Obradović, O., Graora, D., Jerinić-Prodanović, D. 2007. Istraženost i značaj biljnih vašiju i lisnih buva u Srbiji. V: Društvo za zaštitu bilja Srbije, XIII Simpozijum sa savetovanjem o zaštiti bilja, Zbornik rezimea, Zlatibor, 26.–30. novembar 2007.
- Pirone, T. P., Blanc, S. 1996. Helper-dependent vector transmission of plant viruses. Annual Review of Phytopathology, 34: 227–247.
- Pringle, C. R. 1999. Virus taxonomy-1999. The universal system of virus taxonomy, updated to include the new proposals ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses during 1998. Archives of Virology 144: 421–429.
- Raccah, B., Huet, H., Blanc, S. 2001. Potyviruses. V: Virus-insect-plant interactions. Harris K. F., Smith, O. P., Duffus, J. E. (ur.). San Diego, Academic Press, 181–206.
- Remaudière, G., Remaudière, M. 1997. Catalogue of the world's Aphidinae. INRA, Paris: 473.
- Syller, J. 2006. The roles and mechanisms of helper component protein encoded by potyviruses and caulimoviruses. Physiological and Molecular Plant Pathology 67: 119–130.
- Valenzula, I., Hoffmann, A. A., Malipatil, M. B., Ridland, P. M., Weeks, A. R., 2007. Identification of aphid species (Hemiptera: Aphididae: Aphidinae) using a rapid polymerase chain reaction restriction fragment length polymorphism method based on the cytochrome oxidase subunit I gene. Australian Journal of Entomology 46: 305–312.
- Van den Heuvel, J. F. J. M., Hogenhout, S. A. 1999. Recognition and receptors in virus transmission by arthropods. Trends Microbiol. 7, 71–76.

# 3 RESARJI IN PRENOS TOSPOVIRUSOV Z RESARJI

**Stanislav Trdan**

Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana

3.1

UVOD

Resarji ali tripsi (*Thysanoptera*) so približno 1-2 mm velike žuželke. Med več kot 6000 doslej v svetu najdenimi vrstami, ki jih sistematsko uvrščamo v dva podreda (*Terebrantia* in *Tubulifera*) in 9 družin (dodatnih pet družin je znanih le iz fosilnih ostankov) (Buckman in sod., 2013), jih je le približno 1% gospodarsko škodljivih (Mound in Teulon, 1995). Detekcija teh živalic je zaradi

majhnosti in prikritega načina življenja večkrat otežena. Tako nas na zastopanost resarjev na gojenih rastlinah velikokrat opozorijo šele poškodbe, ki nastanejo zaradi hranjenja živalic na različnih organih rastlin (Slika 3.1). Zlasti pri pridelavi okrasnih rastlin, ki sodi med tržno najzanimivejša področja kmetijstva, so za trg le redko sprejemljive poškodovane rastline.



**Slika 3.1:** Poškodbe na zelju zaradi napada tobakovega resarja in cvetovih gladiole zaradi napada gladiolovega resarja (avtor J. Fail in S. Trdan)

V Sloveniji je bilo doslej najdenih 120 vrst resarjev (Trdan in sod., 2003a; Trdan, 2014), med njimi so na gojenih rastlinah škodljivi zlasti cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]), tobakov resar (*Thrips tabaci* Lindeman), gladiolov resar (*Thrips simplex* [Morison]) in hrušev resar (*Taeniothrips inconsequens* [Uzel]) (Slika 3.2), občasno pa se lokalno prerazmnoži še kakšna vrsta, na primer ligustrov resar (*Dendrothrips ornatus* [Jabłonowski]) ali resar *Hercinothrips femoralis* (Reuter) (Trdan in Andjus, 2003). Pri nas se pojavlja tudi nekaj plenilskih vrst, pri čemer ima največji pomem v agroekosistemih progasti resar (*Aeolothrips*

*intermedius* Bagnall) (Trdan in sod., 2005). Naše vedenje o pomenu resarjev pri opravljanju rastlin je še nezadostno, čeprav imajo verjetno pri tem naravnem postopku pomembnejšo vlogo, kot si mislimo. V cvetovih mnogih gojenih in samoniklih rastlin je namreč mogoče najti resarje v prav velikem številu.

Najustreznejši »medij« za prenos resarjev na večje ali manjše razdalje je rastlinski material, saj so žuželke zaradi resastih kril, po katerih so tudi doble imenje, slabi letalci. Z intenziviranjem trgovinskih tokov med celinami so bile ustvarjene ugodne razmere za hitrejši prenos resarjev (Vierbergen, 1995). S tem v zvezi se bo v zgodovino kmetijske entomologije zagotovo vpisala prva polovica sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ko se je dotele gospodarsko malo škodljiva vrsta *Frankliniella occidentalis* iz



**Slika 3.2:** Odrasel osebek hruševega resarja (*Taeniothrips inconsequens*) (avtor G. Vierbergen)

Kalifornije (ZDA) začela širiti po vsem svetu. V Evropi so tega resarja prvič našli na Nizozemskem leta 1983, in sicer na afriški vijolici (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). Od tam se je škodljivec v dobrih desetih letih razširil po vsej Evropi, v Sloveniji pa je vrsto leta 1992 našel zasl. prof. Franc Janežič (Janežič, 1993). Danes je cvetlični resar (Slika 3.3) na večini celin najpomembnejši škodljivec v zavarovanih prostorih, na toplejših območjih pa je škodljiv tudi na prostem (Trdan in sod., 1999).



**Slika 3.3:** Samica cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis*) (avtor G. Vierbergen)

## 3.2

## GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST RESARJEV

Resarje najdemo na vseh območjih sveta. Največ različnih vrst so doslej našli v tropih, nekoliko manj v območjih z zmernim podnebjem, nekaj jih poseljuje tudi območja s hladnejšim in celo mrzlim podnebjem. 93 % znanih vrst sodi v družini Thripidae in Phlaeothripidae, predstavnike teh družin navadno najdemo na gojenih rastlinah. Rodova *Thrips* in *Frankliniella* sta vrstno najštevilnejša in sodita skupaj z rodovoma *Haplorthrips* in *Liothrips* v skupino vrstno najštevilnejših rodov v redu Thysanoptera. Omenjeni štirje rodovi so edini s prek 150 znanimi vrstami, in sicer rod *Thrips* z 275 vrstami, rod *Liothrips* z 255 vrstami, rod *Haplorthrips* z 230 vrstami in rod *Frankliniella* s 175 vrstami. Od

preostalih zanimivejših rodov sodi le še v rod *Aeolothrips* več kot 100 vrst, čeprav sta znana še dva rodu, katerih predstavniki se hranijo z glivami in obsegata več kot 140 vrst (Mound, 1997).

Veliko objavljenih podatkov o geografski razširjenosti resarjev je rezultat naključnega oziroma nenačrtovanega vzorčenja. O intenzivnih preučevanjih favne resarjev v nekaj zaporednih letih ali sezona ne poročajo pogosto, še zlasti ne s tropskimi območji, kjer živi velika večina vrst iz reda Thysanoptera. Tako je na primer večina informacij o resarjih v Braziliji rezultat razmeroma kratkih raziskav dveh avtorjev (Mound in Marullo, 1996).

Območje Evrope je po zaslugu nekaterih entomologov (Schliephake in Klimt, zur Strassen, Moritz (vsi Nemčija), Marullo (Italija), Czencz in Jenser (Madžarska), Pelikan (nekdanja Češkoslovaška), Fedor (Slovaška), Mantel in Vierbergen (Nizozemska), Vasiliu-Oromulu (Romunija), Zawirska in Kucharczyk (Poljska), Andjus (Srbija in nekdanja Jugoslavija), Raspudić (Hrvaška), Janežič (Slovenija) idr.) med bolje raziskanimi predeli sveta, k čemur so precej pripomogla tudi sorazmerno

majhna območja njihovih preučevanj, še zlasti, če jih primerjamo s prostranstvi drugih celin. Tako je na svetu malo držav z narejenimi seznammi v njih najdenih vrst resarjev. Zlasti po zaslugu zur Strassna (1981, 1984) in Janežiča (1991, 1992, 1993) je v seznamu t. i. »slovenskih« resarjev, ki je bil prvič sestavljen leta 2001 (Trdan, 2002), nato pa dvakrat posodobljen (Trdan in sod., 2003 a; Trdan, 2014), 120 vrst.

### 3.3

## BIONOMIJA RESARJEV

Predstavniki različnih družin ali rodov resarjev se med seboj razlikujejo po mnogovrstnosti razvojnih krogov, telesnih oblik in vedenja. Tobakov resar se navadno redkeje pojavlja v vlažnih tropskih in subtropskih območjih, bolj številni pa so predstavniki te vrste v toplejših in sušnejših območjih, še posebno tam, kjer so razširjene zanje ustreznejše gostiteljske rastline. Eno takšnih območij je na jugu Brazilije, kjer je čebula izredno razširjena kot ekstenzivna monokultura (Domiciano in sod., 1993).

Nasprotno je resar *Thrips palmi* Karny najbolj razširjen v toplejših in vlažnejših območjih. Med takšna sodi na primer Japonska. Tam je ta vrsta najškodljivejši predstavnik iz reda Thysanoptera, vendar osebkov tega resarja ne najdejo nad 370 severne geografske širine, to je severno od sredine otoka Honšu. Tobakovemu resarju ustrezajo vroča poletja v vzhodni Evropi, tega pa ne bi mogli trditi za vrsto *T. palmi*, ki zato v Evropi tudi v prihodnosti skoraj zagotovo ne bo pomembnejši škodljivec na prostem (Loomans in Vierbergen, 1997). Čeprav se predstavniki vrst *T. tabaci* in *T. palmi* pojavljajo na različnih območjih, se v razvoju bistveno ne razlikujejo.

Po drugi strani obstajajo domneve, da se cvetlični resar na različnih območjih sveta pojavlja v več rasah (biotipih). Tako je bila škodljiva rasa te vrste vnesena na Novo Zelandijo šele leta 1993 (Mound in Teulon, 1995), že 60 let pred tem pa je bil na

istem otoku zastopan neškodljiv, strukturno identičen biotip, ki se je večinoma pojavljal na divjih cvetnicah. Za cvetličnega resarja je znano, da izvira z območja s toplim podnebjem (Kalifornija) in je tam ter na območjih s podobnim podnebjem zastopan na prostem (Tommasini in Maini, 1995). Na nekoliko hladnejših območjih je ta vrsta škodljiva predvsem v zavarovanih prostorih, kar velja tudi za večji del Evrope. Trajanje razvojnega kroga je močno odvisno od temperature (Lublinkhof in Foster, 1977; Trdan, 2001), zato ima cvetlični resar v rastlinjakih več rodov in je navadno škodljivejši. V večini evropskih držav prezimi škodljivec v rastlinjakih, v nekaterih sredozemskih državah (Španiji) tudi na prostem (Lacasa in sod., 1995).

Slovenija je zaradi svoje podnebne raznolikosti zanimivo območje za raziskave vpliva okolja na način življenja in razvoj tega škodljivca. S tem namenom smo v obdobju 1997–1999 spremljali pojavljanje cvetličnega resarja s svetlo modrimi lepljivimi ploščami v bližini rastlinjakov na šestih lokacijah po vsej državi. Ugotovili smo, da cvetlični resar v Sloveniji na prostem ne prezimi kot aktiven imago. Čeprav je žuželka v toplem obdobju leta številčna v bližini rastlinjakov (medtem ko je njena zastopanost v večji oddaljenosti od njih bolj izjema kot pravilo), doslej na takšnih mestih na gojenih rastlinah nismo ugotovili močnejših poškodb (Trdan in sod., 2003b).

Pomen resarjev kot škodljivcev se precej razlikuje med različnimi gojenimi rastlinskimi vrstami in geografskimi območji. Le nekaj je takšnih rastlinskih vrst, ki jih na različnih območjih sveta napadajo iste vrste resarjev. Takšen je na primer kozmopolitski škodljivec čebule, tobakov resar, ki napada čebulo vse od morske obale pa do nadmorske višine 2000m (Richter in sod., 1999). Vrsto *Hercinothrips femoralis* najdemo praktično povsod, kjer rastejo banane, tako da bo lahko v prihodnosti njen morebitni vnos na zanj nova območja

povezan tudi z vnosom okrasnih rastlin iz rodu *Musa* (Trdan in Vierbergen, 2001). Ravno nasprotno pa so lahko iste vrste rastlin na različnih območjih napadene z različnimi vrstami teh žuželk. V Južni Afriki je tako najškodljivejša vrsta resarjev na citrusih *Scirtothrips aurantii* Faure, v Kaliforniji (ZDA) *S. citri* (Moulton), na Floridi pa *Frankliniella bispinosa* (Morgan) in *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) (Childers in sod., 1990; Grafton-Cardwell in sod., 1998; Grove in Pringle, 2000).

### 3.4

### NEPOSREDNA ŠKODLJIVOST RESARJEV

Resarji naredijo ob hranjenju – prebadanju povrhnice gostiteljskih rastlin in sesanju rastlinskega soka – različne poškodbe na rastlinskem tkivu. Najznačilnejše je srebrenje listov (Slika 3.4), ki je posledica vstopa zraka v celice, iz katerih je bila ob sesanju odstranjena vsebina. Na napadenih plodovih se lahko pojavi tudi brazgotine ali plutasto tkivo. Tobakov resar, ki je pri nas najškodljivejša vrsta resarjev na prostem, povzroča značilne srebrne pege na listih čebule (Trdan in sod., 2006) in pora, brazgotine pa na zunanjih listih zeljnatih glav (Trdan in sod., 2007b) (Slika 3.1). Tudi pri koščičarjih rjavenje pokožice plodov pri nas ni prav redek pojav, povzročiteljev poškodb, ki izvirajo od prehranjevanja ličink na plodnici, pa je več, med njimi tudi vrste *Thrips meridionalis* (Priesner), *Frankliniella intonsa* (Trybom) in *T. inconsequens*. Cvetlični resar – najškodljivejša vrsta iz reda Thysanoptera v zavarovanih prostorih – povzroča na listih napadenih vrtnin ali okrasnih rastlin značilne srebrne ali bele pege, s čimer zmanjšuje fotosintetsko aktivnost napadenih rastlin in posledično zmanjšuje njihovo produktivnost (Trdan in sod., 2007 a).

Nekatere vrste, takšen je na primer rastlinjakov resar (*Heliothrips haemorrhoidalis* [Bouché]), puščajo na listih in plodovih svojih gostiteljev dobro vidne temnejše kapljice iztrebkov (Slika 3.4) (Ananthakrishnan, 1984), druge pa povzročajo iznakaženje listov ali celo njihovo odpadanje (Teulon in sod., 1994). Napadi večjih populacij so

lahko vzrok za predčasno odpadanje cvetov, verjetno pa tudi zmanjšujejo količino peloda pod kritično mejo (Kirk, 1984). Na gladiolah, kjer se v škodljivem obsegu pojavlja zlasti gladiolov resar (*Thrips simplex* [Morison]), se tipične poškodbe kažejo v srebrenju listov, poškodbe na cvetovih pa pridejo posebno do izraza na rdečih, vijoličnih in drugih temnejje obarvanih cvetovih (Milevoj in sod., 2008) (Slika 3.1). Srebrenje listov ali odmiranje vrhnjih delov klasov lahko v letih, ki so naklonjena razmnoževanju in širjenju resarjev, na nekaterih območjih sveta opazujejo tudi na mladem žitu. Poškodbe zaradi napada vrste *Anaphothrips obscurus* (Müller) na listih žita in drugih trav se kažejo tudi v obliki podolžnih rjavih madežev, ki spominjajo na okužbo z rjami (*Puccinia* spp.).



*Slika 3.4: Srebrne pege na listu čebule, povzročene s sesanjem tobakovega resarja; na pegah in v njihovi bližini so tekoči iztrebki škodljivca (avtor J. Fail)*

Vrste iz rodu *Scirtothrips*, ki v Sloveniji doslej še niso bile najdene, lahko povzročijo kodranje in rumenenje mladih listov gostiteljev, poškodbe nekaterih med njimi pa spominjajo na bolezenska znamenja ob okužbah z virusi. Čeprav šiške ob napadu resarjev niso pogoste, pa nekatere vrste iz družine Phlaeothripidae pripomorejo k njihovemu nastanku z zvijanjem listov (Ananthakrishnan, 1978; Mound in Kranz, 1997). Znano je, da nekatere vrste resarjev povzročajo poškodbe na rastlinah tudi ob odlaganju jajčec. Ta tip poškodb pride do izraza zlasti na plodovih vrtnin, sadnega drevja in vinske trte (Childers and Achor, 1995).

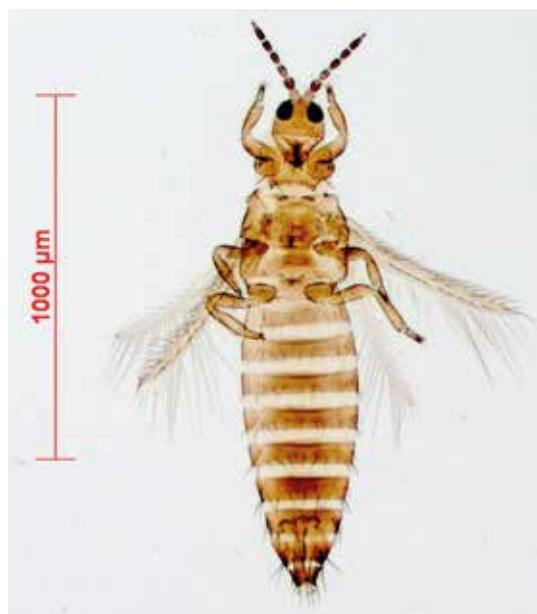
Neposredna škodljivost resarjev zaradi sesanja rastlinskega soka pride najbolj do izraza na sušnejših območjih ali v sušnejših obdobjih, saj takrat močno napadene rastline zelo hitro izgubljajo vlago. V takšnih razmerah se rastline močno izčrpajo in ne dajo želenega pridelka, tako da je lahko njegovo pobiranje celo negospodarno. Nekatere rastlinske vrste zaradi pomanjkanja vode prej pokažejo poškodbe zaradi napada resarjev, kot če so z njo zadostno preskrbljene. V prvem primeru se namreč škodljivci oskrbijo z bogatejšo hrano, kar jih spodbudi še k močnejšemu napadu. Tako lahko na primer pridelovalci kumar spremljajo resarje v velikem številu tudi potem, ko se te rastline zaradi fizioloških ali drugih vzrokov že začno sušiti.

Na območjih s hladnejšim podnebjem pa lahko po drugi strani poškodb sploh ne opazimo na številnih sadikah ali gojenih vrstah rastlin v zgodnejših stadijih razvoja. Tedaj so izgube pridelka manjše ali celo nezaznavne. Zato je obseg poškodb na napadenih rastlinah odvisen od številnih dejavnikov: od velikosti populacij resarjev, razvojnega stadija rastlin, občutljivosti oziroma dovezetnosti gostiteljskih rastlin za napad (neposredna škodljivost) ali okužbo z virusi (posredna škodljivost), trajanja napada in od ustreznosti vremenskih razmer za neovirano večanje populacij škodljivih vrst resarjev. Poškodbe zaradi hranjenja resarjev lahko ocenjujemo s treh vidikov; z vidika poškodovanosti gojenih rastlin, zmanjšanja pridelka in izgube dohodka (Lewis, 1997).

Merjene ali ocenjevane izgube pridelkov, ki jih izražamo v odstotkih njihove dosegljivosti, se močno

razlikujejo med seboj in zato niso zanesljiv kolичinski kazalec škodljivosti resarjev, v splošnem pa kljub vsemu kažejo na njihov gospodarski pomen. Pred vsespološno uvedbo sodobnih varstvenih ukrepov, pri čemer mislimo v prvi vrsti na uporabo fitofarmacevtskih sredstev, je bil v posameznih letih pridelek citrusov v Kaliforniji zaradi napada resarjev iz rodu *Scirtothrips* manjši celo do 80% (Quayle, 1938, cit. po Lewis, 1997), na nekaterih območjih Afrike (na primer v Zimbabveju) pa so resarji iz istega rodu zmanjšali pridelek citrusov do 50% (Hall, 1930, cit. po Lewis, 1997). V Kaliforniji tudi danes dosegajo do 25% višji pridelek pomarančevcev, če vrsto *S. citri* (Moulton) zatirajo z insekticidi (Grafton-Cardwell in sod., 1998).

Čeprav je tobakov resar (Slika 3.5) že desetletja med najpomembnejšimi škodljivci čebule po vsem svetu in četudi skoraj prav tako dolgo v zvezi z njuno povezavo opravljajo najrazličnejše raziskave, do danes še niso našli načina, s katerim bi bilo mogoče bistveno zmanjšati škodo zaradi njegovega napada. Tako so v letih 1988 in 1989 zaradi napada tega škodljivca iz Kanade poročali kar o 34–43% zmanjšanju pridelka čebule (Fournier in sod., 1996). Domača raziskava zmanjševanja škodljivosti



**Slika 3.5:** Odrasel osebek tobakovega resarja (*Thrips tabaci*) (avtor J. Fail)

tobakovega resarja na čebuli z uporabo vmesnih posevkov je za škodljivca kot izjemno privabilni rastlinski vrsti izpostavila facelijo in navadno ajdo, a sta bili žal tudi preveč tekmovalni do čebule (Trdan in sod., 2006)

V Evropi so ocenili, da je bil zaradi napada resarjev pridelek pšenice, ječmena in rži v povprečju manjši od 2 do 10% (Rubtzov, 1935; Mantel, 1985), v Severni Ameriki pa je bila škoda zaradi žitnih resarjev navadno nekoliko večja (Post, 1957). Novejši podatki o napadu pšenice z vrsto *Haplorthrips tritici* (Kurdjumov) v Španiji kažejo na to, da je zaradi večjega števila ličink v klasih masa zrnja nižja (Bielza in sod., 1996). Izgube zaradi napada resarjev so pri pridelovanju semena trav navadno večje kot pri strnih žitih in neredko dosežejo celo 30% (Wetzel, 1964; Kamm, 1971). Z Nove Zelandije so poročali o zmanjšanju pridelka semenske ljljke zaradi napada vrste *Chirothrips pallidicornis* Priesner, pri čemer so ugotovili, da se z vsakim

višjim odstotkom napadenosti semenske ljljke njen pridelek zmanjša skoraj ravno za toliko (Morrison, 1961).

Na Floridi (ZDA) je leta 1993 škoda na papriki zaradi napada vrst *F. occidentalis* in *T. palmi* presegla 10 milijonov ameriških dolarjev (Nuessly in Nagata, 1995), brazgotine na plodovih citrusov v Kaliforniji zaradi napada resarja *Scirtothrips citri* (Moulton) pa so bile krive za dvodolarsko izgubo pri vrednosti posameznega zaboja sadja (Morse, 1995). V rastlinjakih v Veliki Britaniji so ugotovili, da lahko zaradi napada cvetličnega resarja propade do 90% sadik kumar, kar lahko na leto znese več kot 50.000 angleških funtov na hektar. Ponovna setev sladkorne pese, ki je bila v Veliki Britaniji leta 1996 potrebna zaradi zgodnjespomladanskega močnega napada vrste *Thrips angusticeps* Uzel, je tamkajšnje kmete stala približno 145 angleških funtov na hektar (Lewis, 1997).

### 3.5

### PRENOS VIRUSOV Z RESARJI

Resarji lahko prenašajo virusе iz rodov *Tospovirus*, *Ilarvirus*, *Carmovirus*, *Sobemovirus* in *Machlomavirus* (Jones, 2005). Med zadnjimiima ima v rastlinski pridelavi največji pomen rod *Tospovirus*, ki sodi v družino Bunyaviridae, katere predstavniki okužujejo predvsem žuželke in vretenčarje. Nekateri virusi iz te družine (npr. iz rodu *Hantavirus*) so povzročitelji bolezni pri ljudeh (Riley in sod., 2011). Med virusi iz drugih rodov je bila sposobnost prenosa z resarji doslej dokazana virusu razbarvanja cvetov pelargonije (*Pelargonium flower break virus* – PFBV) iz rodu *Carmovirus*, virusu progavosti tobaka (*Tobacco streak virus* – TSV) in virusu nekrotične obročkaste pegavosti breskve (*Prunus necrotic ringspot virus* – PNRSV) iz rodu *Ilarvirus*, virusu klorotične lisavosti koruze (*Maize chlorotic mottle virus* – MCMV) iz rodu *Machlomavirus* in virusu mozaika metlike (*Sowbane mosaic virus* – SoMV) iz rodu *Sobemovirus*.

Sposobnost prenosa TSV je bila doslej dokazana vrstam *F. occidentalis*, *T. tabaci*, *Microcephalothonrips abdominalis* (Crawford), *F. schultzei* (Trybom) in *T. parvispinus* (Karny) (Jones, 2005), pri čemer se prve tri vrste pojavljajo v Sloveniji (Trdan in Andjus, 2003). PFBV prenaša le cvetlični resar, medtem ko je bil tobakov resar doslej potrjen kot prenašalec PNRSV, MCMV in SoMV (Jones, 2005).

Učinkoviti prenašalci tospovirusov brez izjeme spadajo v družino Thripidae in poddružino Thripinae (Mound in Ng, 2009). Hranjenje resarjev se začne z izbrizgom sline v celice gostiteljskih rastlin in nadaljuje s sesanjem vsebine, zaradi delovanja lizinov v propadajočih celicah. Tovrstni način prehranjevanja jim omogoča pridobitev in posledično tudi prenos virusov. Odnosi med resarji in virusi, ki jih prenašajo, so kompleksni.

Tako ličinke kot odrasli osebki resarjev se lahko hranijo na rastlinah, ki so okužene z virusi, le mlade ličinke pa lahko v svojem telesu ohranijo viruse ter jih nato prek odraslih osebkov prenesejo na zdrave rastline (van der Wetering in sod., 1996; Wijkamp et al., 1996 a). Odrasli osebki resarjev ostanejo virusenosni vse življenje (20–40 dni) (de Assis Filho in sod., 2004). Medtem ko odrasli osebki po mnenju Wijkampa et al. (1996 a) v telo ob hranjenju pridobijo virusе, a jih ne morejo prenašati, de Assis Filho in sod. (2004) menijo, da odrasli osebki s hranjenjem na okuženih rastlinah v telo ne morejo pridobiti virusov. Vzroki za prvo trditev so najverjetnejše nezadostno razmnoževanje virusov v srednjem črevesu odraslih osebkov, manj intenzivno premikanje virusov v smeri žlez slinavk in posledično manj intenzivno razmnoževanje v telesu. Omenjeni dejavniki so namreč predpogoji za uspešen prenos tospovirusov (Wijkamp in sod., 1996 a). Tospovirusi se ne prenašajo transovarialno, kar

pomeni, da se pri resarjih virusi ne morejo prenašati med rodovi, torej ni možen prenos od odraslih osebkov na jajčeca (Wijkamp in sod., 1996b). Vsak predstavnik novega rodu resarjev mora zato prek hranjenja mladih ličink v telo pridobiti virus, med različnimi vrstami resarjev pa obstajajo razlike v sposobnosti prenosa tospovirusov (Jones, 2005).

Ugotovljeno je bilo tudi, da vse populacije vrst resarjev, sicer znanih prenašalcev virusov, niso sposobne prenašati tospovirusov (Goldbach in Kuo, 1996). Virusi so sicer zmožni okužiti zelo različne rastlinske vrste, zanimivo pa je, da doslej še ni bilo potrjeno, da bi predstavniki rodu *Tospovirus* okuževali rastlinske vrste, ki izvirajo iz Avstralije. Pomen resarjev pri prenosu virusov je lahko tudi posreden, saj lahko virus progavosti tobaka (TSV) vstopi v rastlinske celice skozi luknjice, ki jih ob napadu naredi tobakov resar (Sdoodee in Teakle, 1987).

### 3.6

## TOSPOVIRUSI IN ŠKODA ZARADI OKUŽBE RASTLIN S TOSPOVIRUSI

Tospovirusi so ena najpomembnejših skupin rastlinskih virusov in po vsem svetu okužujejo vsaj 1.090 vrst gostiteljev iz 15 družin enokaličnic in 69 družin dvokaličnic (Parella in sod., 2003). Gospodarsko so ti patogeni še posebno pomembni na okrasnih rastlinah in vrtninah (Mavrič in Ravnikar, 2001). Doslej so uspeli določiti več kot 20 vrst

tospovirusov, od tega je le 9 priznanih vrst, ki jih prenaša 14 vrst resarjev iz petih rodov družine Thripidae (Tabela 3.1). Med njimi je osem vrst iz rodu *Frankliniella* in tri vrste iz rodu *Thrips*, v Sloveniji pa so bile doslej najdene le vrste *F. occidentalis*, *F. intonsa* in *T. tabaci* (Trdan in Andjus, 2003).

**Tabela 3.1:** Vrste resarjev, za katere je bila v raziskavah dokazana sposobnost prenosa tospovirusov (Riley in sod., 2011)

Vrsta resarja	Vrsta tospovirusa, ki ga prenaša resar	Vir
Frankliniella occidentalis	virus nekroze stebel krizanteme ( <i>Chrysanthemum stem necrosis virus – CSNV</i> ) virus obročkaste pegavosti zemeljskega oreška ( <i>Groundnut ringspot virus – GRSV</i> ) virus nekrotične pegavosti vodenke ( <i>Impatiens necrotic spot virus – INSV</i> ) virus klorotične pegavosti paradižnika ( <i>Tomato chlorotic spot virus – TCSV</i> ) virus pegavosti in uvelosti paradižnika ( <i>Tomato spotted wilt virus – TSWV</i> )	Nagata in de Áévila 2000, Nagata in sod. 2004 Wijkamp in sod. 1995, Nagata in sod. 2004 De Angelis in sod. 1993, Wijkamp in sod. 1995, Sakurai in sod. 2004 Nagata in sod. 2004, Whitfield in sod. 2005 Medeiros in sod. 2004, Nagata in sod. 2004, Wijkamp in sod. 1995

Vrsta resarja	Vrsta tospovirusa, ki ga prenaša resar	Vir
Thrips tabaci	virus rumene pegavosti perunike ( <i>Iris yellow spot virus</i> – IYSV) TSWV Tomato yellow fruit ring virus	Cortês in sod. 1998, Hsu in sod. 2010 Wijkamp in sod. 1995 Golnaraghi in sod. 2007
Frankliniella schultzei	CSNV GRSV virus nekroze brstov zemeljskega oreška ( <i>Groundnut bud necrosis virus</i> – GBNV) TCSV TSWV	Nagata in de Áéfila 2000, Nagata in sod. 2004 Wijkamp in sod. 1995, de Bordón in sod. 2006, Nagata in sod. 2004 Meena in sod. 2005 Wijkamp in sod. 1995, Nagata in sod. 2004 Wijkamp in sod. 1995, Sakimura 1969
Frankliniella fusca	TSWV INSV	Sakimura 1963 Naidu in sod. 2001
Thrips palmi	Calla lily chlorotic spot virus GBNV Melon yellow spot virus virus srebrne lisavosti lubenice ( <i>Watermelon silver mottle virus</i> – WSMoV)	Chen in sod. 2005 Lakshmi in sod. 1995, Meena in sod. 2005, Reddy in sod. 1992 Kato in sod. 2000 Iwaki in sod. 1984
Scirtothrips dorsalis <sup>a</sup>	GBNV Peanut chlorotic fan-spot virus Peanut yellow spot virus	German in sod. 1992, Meena in sod. 2005 Chen in sod. 1996, Chu in sod. 2001 Gopal in sod. 2010
Frankliniella intonsa	GRSV INSV TCSV TSWV	Wijkamp in sod. 1995 Sakurai in sod. 2004 Wijkamp in sod. 1995 Wijkamp in sod. 1995
Frankliniella bispinosa	TSWV	Avila in sod. 2006
Thrips setosus	TSWV	Tsuda in sod. 1996
Ceratothripoides claratris	Capsicum chlorosis virus	Premachandra in sod. 2005 a,b
Frankliniella zucchini	letalni virus kloroze bučk ( <i>Zucchini lethal chlorosis virus</i> – ZLCV)	Nakahara in Monteiro 1999
Frankliniella gemina	TSWV GRSV	de Bordón in sod. 1999 de Bordón in sod. 1999
Frankliniella cephalica	TSWV	Ohnishi in sod. 2006
Dictyothrips betae	virus obročkaste pegavosti dresni ( <i>Polygonum ringspot virus</i> – PolRSV)	Ciuffo in sod. 2010

<sup>a</sup>Amin in sod. (1981) so poročali, da resar *S. dorsalis* lahko prenaša TSWV, pozneje pa so German in sod. (1992) ugotovili, da je šlo v omenjenem zgledu za GBNV.

Skupna značilnost omenjenih 14 vrst resarjev, med katerimi jih je bilo doslej v Evropi najdenih šest (Jones, 2005) – poleg v Sloveniji zastopanih so to še vrste *F. fusca*, *F. schultzei* in *T. palmi* – je, da so izjemno polifagni in se posledično lahko prehranjujejo in razmnožujejo na različnih vrstah gostiteljev. V Sloveniji so bili doslej od tospovirusov najdeni virus pegavosti in uvelosti paradižnika (*Tomato spotted wilt virus* - TSWV), virus nekrotične pegavosti vodenke (*Impatiens necrotic spot tospovirus* – INSV) (Ličen in sod., 2001), virus rumene pegavosti perunike (*Iris yellow spot virus* – IYSV) (Mavrič in Ravnikar, 2001) in virus nekroze stebel krizanteme (*Chrysanthemum stem necrosis virus* – CSNV) (Ravnikar in sod., 2003).



**Slika 3.6:** Plod paprike, okužen z INSV  
(avtor J.Th.J. Verhoeven)

TSWV (Slika 3.7) sodi med 10 gospodarsko najpomembnejših rastlinskih virusov v svetu, kot povzročitelj bolezni pa je pomemben zlasti zunaj rastlinjakov, na vrtninah in nekaterih okrasnih rastlinah. INSV (Slika 3.6) se pogosto pojavlja v rastlinjakih, kjer povzroča veliko škodo pri pridelavi okrasnih rastlin. Najučinkovitejši prenašalec obeh virusov je cvetlični resar, ki je prisoten tudi v Sloveniji. IYSV lahko povzroča velike izgube pri pridelavi čebule, najučinkoviteje pa ga prenaša tobakov resar (Mavrič in Ravnikar, 2001). CSNV je tospovirus, ki je bil v Sloveniji najden leta 2001 na krizantemah, leto pozneje pa še na gerberah (Ravnikar in sod., 2003). Podrobno predstavitev in gospodarski pomen znanih tospovirusov podaja Jones (2005).



**Slika 3.7:** Plodovi paradižnika, okuženi s TSWV  
(avtor J.Th.J. Verhoeven)

Okužba rastlin s tospovirusi lahko vpliva na pojav različnih bolezenskih znamenj, med katerimi izstopajo pege, lise, klorotične in nekrotične lezije različnih oblik, udrte pege, zareze, prstanasti madeži, pritlikavost, rumenenje in venenje. Omenjena bolezenska znamenja se razlikujejo v odvisnosti od vrste gostiteljske rastline, kultivarja, starosti rastlin, izolata virusa in okoljskih dejavnikov (Murai, 2000).

Prins in Goldbach (1998) ocenjujeta, da le gospodarsko najpomembnejša vrsta tospovirusov, TSWV, na leto povzroči izpad prihodka v vrednosti ene milijarde ameriških dolarjev. Na podlagi desetletnih podatkov so v ameriški državi Georgia na letni ravni pri arašidih ocenili letni izpad prihodka v vrednosti 12,3 milijona, pri tobaku 11,3 milijona in pri paradižniku ter papriki 9 milijonov ameriških dolarjev. Če so rezultati rastlinskih okužb s tospovirusi v Georgiji verodostojen pokazatelj splošnega stanja v ZDA, potem so omenjeni povzročitelji bolezni v obdobju 1996–2006 povzročili izpad prihodka v vrednosti 1,4 milijarde ameriških dolarjev.

Pri pregledu okrasnih rastlin v rastlinjakih v Pensilvaniji (ZDA) v letih 1989 in 1990 so ugotovili okužbo z INSV. Čeprav bi v maloprodaji z rastlinami zaslužili okrog 645.000 ameriških dolarjev, so jih bili prisiljeni uničiti po navodilu državnega urada za kmetijstvo. Le tako je namreč mogoče preprečiti nadaljnje širjenje virusa in njegovih prenašalcev (Hausbeck in sod., 1992). Na Danskem so izvajali fitosanitarni inšpektorji v rastlinjakih, kjer so pridelovali rastline za izvoz, nenapovedane pregledne približno vsake tri tedne. Če so na rastlinah ali barvnih lepljivih ploščah našli osebke

tedaj karantenskega cvetličnega resarja, so pridevalci začasno izgubili izvozne licence. Ko so spet vzpostavili »ničelno stanje« škodljivca, so jim licence vrnili (Lewis, 1997). V obdobju od 1. 1987 do 1990 je eradikacija istega škodljivca na vrtninah in okrasnih rastlinah v rastlinjakih stala finsko vla-do 372.000 ameriških dolarjev. Posledice, ki bi se zaradi izgube pridelka v štiriletnem obdobju po-kazale v industriji, so bile ocenjene na 5,7 milijona ameriških dolarjev. To pomeni, da je eradikacija dosegla svoj namen (Rautapää, 1992).

### 3.7

## ZATIRANJE PRENAŠALCEV IN VIRUSOV

Tospovirusi so pomembni povzročitelji zmanjševanja količine in kakovosti pridelka v tropskih, subtropskih ter podnebno zmernih območjih sveta. Zmanjševanje njihovega gospodarskega pomena je posebno težavno na območjih z zmernim podnebjem in v rastlinjakih, kjer so ugodne razmere za celoletno pridelavo gojenih rastlin ter kontinuirano pojavljanje resarjev in tospovirusov. Zato velja širjenje tospovirusov že dolgo za eno od večjih in težko rešljivih težav v rastlinski pridelavi. Pomanjkanje ustreznih načinov zmanjševanja škodljivosti tospovirusov predstavlja najpomembnejšo vrzel v vseh sistemih integrirane pridelave in drugih oblik okoljsko sprejemljivih načinov pridelave gojenih rastlin. Insekticidi, s katerimi želimo zatreti prenašalce tospovirusov, so namreč zaradi navedenih razlogov velikokrat premalo učinkovit ukrep zmanjševanja gospodarskega pomena tospovirusov: 1) relativno majhno število vrst virusonosnih resarjev lahko vpliva na hitro širjenje tospovirusov; 2) številne vrste resarjev lahko hitro pridobijo odpornost na insekticide in jih je zato težko zatirati; 3) vnos tospovirusov v rastlino se izvrši tako hitro, da so jih sposobni prenesti tudi že insekticidom izpostavljeni prenašalci; 4) okužba rastlin s tospovirusi je lahko posledica kratkega sesanja z virusi okuženih resarjev, ki se na rastlinah pojavi povsem naključno (Ullman in sod., 1997).

Učinkovit ukrep zatiranja tospovirusov predstavlja nanje odporne sorte gojenih rastlin, a je takšnih v svetu izjemno malo, saj mnoge rastlinske vrste ne vsebujejo genov za odpornost (Cho, 1996). Po drugi strani pa tudi rastlinski geni za odpornost vedno ne varujejo zaradi sočasnega pojavljanja večjega števila različnih izolatov tospovirusov.

Zatiranje resarjev z insekticidi, ki ob ustreznih iz-biri in uporabi zagotavljajo najhitrejšo ter največjo učinkovitost, bo zato tudi v bližnji prihodnosti najpomembnejši ukrep za zmanjševanje širjenja in gospodarskega pomena tospovirusov. K manj intenzivnemu pojavljanju prenašalcev lahko pri-pomoremo z rastlinsko higieno v zavarovanih prostorih in zunaj njih ter s stalnim spremljanjem populacijske dinamike škodljivca s svetlo modri-mi lepljivimi ploščami ali otresanjem rastlin. Prav tako pa je treba stalno spremljati zdravstveno stanje gojenih rastlin in odstranjevati s tospovirusi okužene rastline, s čimer je prav tako mogoče v precejšnji meri omejiti širjenje patogenov.

### Zahvala

Za fotografije resarjev in zaradi sesanja resarjev poškodovanih rastlin se iskreno zahvaljujem prijateljem Bertu Vierbergnu in Jozsefu Failu, za fotografiji z virusi okuženih plodov pa Ko Verhoevnu.

- Ananthakrishnan, T. N. 1978. *Thrips galls and gall thrips*. Zool. Survey of India, Tech. Monogr., 1: 69. str.
- Ananthakrishnan, T. N. 1984. *Bioecology of thrips*. Michigan, Indira Publ. House: 233. str.
- Bielza, P., Torres-Vila, L. M., Lacasa, A. 1996. Incidencia cuantitativa y cualitativa de *Haplothrips tritici* Kurd. (*Thysanoptera: Phlaeothripidea*) en la produccion de trigo. Boletín de Sanidad Vegetal - Plagas, 22, 2: 277–288.
- Buckman, R. S., Mound, L. A., Whiting, M. F. 2013. Phylogeny of thrips (Insecta: Thysanoptera) based on five molecular loci. *Systematic Entomology*, 38: 123–133.
- Childers, C. C., Beshear, R. J., Brushwein, J. R., Denmark, H. A. 1990. Thrips (Thysanoptera) species, their occurrence and seasonal abundance on developing buds and flowers of Florida citrus. *Journal of Entomological Science*, 25, 4: 601–614.
- Childers, C. C., Achor, D. S. 1995. Thrips feeding and ovipositional injuries to economic plants, subsequent damage and host responses to infestation. V: Parker, B. L. (ur.). *Thrips Biology and Management*. New York, Plenum: 31–52.
- Cho, J. J. 1996. Conventional breeding: host plant resistance and the use of molecular marker assisted selection in the development of TSWV-resistant commercial plants. V: Kuo, G. (ed.). *Tospoviruses and thrips of floral and vegetable crops: an International Symposium*, Taichung, Taiwan. *Acta Horticulturae, Technical Communications of International Society for Horticultural Science*: 431: 367–378.
- de Assis Filho, F. M., Deom, C. M., Sherwood, J. L. 2004. Acquisition of Tomato spotted wilt virus by adults of two thrips species. *Phytopathology*, 94: 333–336.
- Domiciano, N., Ota, A. Y., Tedardi, C. R. 1993. Momen-to adequado para controle químico de tripe *Thrips tabaci* Lindeman, 1888 on onion, *Allium cepa* L. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 22, 1: 71–76.
- Fournier, F., Boivin, G., Stewart, R. K. 1996. Impact and economic threshold of *Thrips tabaci* on onions. V: Parker et al. (ur.). *Thrips biology and management, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management*, Burlington, Sep. 28-30 1993. N. Y., Plenum Press.: 71–76.
- Goldbach, R., Kuo, G. 1996. Introduction, *International symposium on Tospoviruses and thrips of floral and vegetable crops*. *Acta Horticulturae*, 431: 21–26.
- Grafton-Cardwell, E. E., Morse, J. G., Gjerde A. 1998. Effect of insecticide treatments to reduce infestation by citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae) on growth of nonbearing citrus. *Journal of Economic Entomology*, 91, 1: 235–242.
- Grove, T., Pringle, K. L. 2000. A sampling system for estimating population levels of the citrus thrips, *Scirtothrips aurantii* Faure (Thysanoptera: Thripidae), in mango orchards. *African Entomology*, 8, 2: 223–226.
- Hausbeck, M. K., Welliver, R. A., Derr, M. A., Gildow, M. A. Tomato spotted wilt virus survey among greenhouse ornamentals in Pennsylvania. *Plant Disease*, 76: 795–800.
- Janežič, F. 1991. Prispevek k poznanju tripsov ali resarjev (Thysanoptera) na rastlinah v Sloveniji. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani*, 57: 169–178.
- Janežič, F. 1992. Prispevek k poznanju tripsov ali resarjev (Thysanoptera) na rastlinah v Sloveniji. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani*, 59: 175–189.
- Janežič, F. 1993. Prispevek k poznanju tripsov ali resarjev (Thysanoptera) na rastlinah v Sloveniji. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani*, 61: 161–180.
- Jones, D. R. 2005. Plant viruses transmitted by thrips. *European Journal of Plant Pathology*, 113: 119–157.
- Kamm, J. A. 1971. Silvertop of bluegrass and bentgrass produced by *Anaphothrips obscurus*. *Journal of Economic Entomology*, 64: 1385–1387.

- Kirk, W. D. J. 1984. Pollen-feeding in thrips (Insects: Thysanoptera). *Journal of Zoology*, 204: 107–117.
- Lacasa, A., Esteban, J. R., Beitia, F. J., Contreras, J. 1995. Distribution of western flower thrips in Spain. V: *Thrips biology and management, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management, Burlington, Sep. 28-30 1993*. Parker et al. (ur.). N. Y., Plenum Press: 465–468.
- Lewis, T. 1997. Pest Thrips in Perspective. V: *Thrips as crop pests*. Lewis T. (ur.). Wallingford, CAB Int.: 1–13.
- Ličen, R., Mavrič, I., Ravnikar, M. 2001. Tomato spotted wilt virus (TSWV) in *Impatiens necrotic spot tospovirus (INSV)* dokazana tudi v Sloveniji. V: Maček, J. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov s 5. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Čatež ob Savi, 6. –8. marec 2001. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije*: 244–248.
- Loomans, A. J. M., Vierbergen, G. 1997. *Thrips palmi: a next thrips in line to be introduced into Europe*. IOBC/Wprs Bull./Bull. OILB Srop, 20, 4: 162–168.
- Lublinkhof, J., Foster, D. E. 1977. Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) reared at three temperatures. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 50, 3: 313–316.
- Mantel, W. P. 1985. *Thrips in winter wheat in The Netherlands*. V: Weissmann, L. (ur.). *Population structure, genetics and taxonomy of aphids and Thysanoptera*. Holman, J., Pelikan, J., Dixon, A. F. G., Hag, SPB Acad. Publ.: 448–453.
- Mavrič, I., Ravnikar, M. 2001. Pojav tospovirusov v Sloveniji – njihov pomen, značilnosti in metode določanja. V: Maček, J. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov s 5. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Čatež ob Savi, 6. –8. marec 2001. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije*: 232–237.
- Milevoj, L., Zdešar, M., Trdan, S. 2008. Susceptibility to gladiolus thrips (*Thrips simplex* [Morison]) in four different coloured gladiolus cultivars. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43, 2: 323–327.
- Morrison, L. 1961. Thrips infestation of cocksfoot seed crops. *N. Z. J. Agric. Res.*, 4: 246–252.
- Morse, J. G. 1995. Prospects for IPM of citrus thrips in California. V: Parker et al. (ur.). *Thrips biology and management, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management, Burlington, Sep. 28-30 1993*. N. Y., Plenum Press: 371–379.
- Mound, L. A. 1996. The Thysanoptera vector species of Tospoviruses. *Acta Horticulturae*, 431: 298–309.
- Mound, L. A. 1997. Biological Diversity. V: Lewis T. (ur.). *Thrips as crop pests*. Wallingford, CAB Int.: 197–215.
- Mound, L. A., Kranz, B. 1997. Thysanoptera and plant galls: towards a research programme. V: *Ecology and evolution of plant-feeding insects in natural and man-made environments*. Raman A. (ur.), Leiden (Backhuys Publ.): 11–24.
- Mound, L. A., Marullo, R. 1996. The thrips of Central and South America: an introduction. *Mem. Entomol., Int.*, 6: 488. str.
- Mound, L. A., Teulon, D. A. J. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. V: *Thrips biology and management, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management, Burlington, Sep. 28-30 1993*. Parker et al. (ur.). N. Y., Plenum Press: 3–19.
- Mound, L. A., Ng, Y. F. 2009. An illustrated key to the genera of Thripinae (Thysanoptera) from South East Asia. *Zootaxa*, 2265: 27–47.
- Murai, T. 2000. Effect of temperature on development and reproduction of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on pollen and honey solution. *Applied Entomology and Zoology*, 35: 499–504.
- Nuessly, G. S., Nagata, R. T. 1995. Pepper varietal response to thrips feeding. V: Parker et al. (ur.). *Thrips biology and management, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management, Burlington, Sep. 28-30 1993*. N. Y., Plenum Press: 115–118.
- Parrella, G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C., Marchoux, 2003. An update of the host range of Tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology*, 85: 227–264.
- Post, R. L. 1957. The barley thrips in North Dakota. *North Dak. Seed J.*, 26 (March): 4.

- Prins, M., Goldbach, R. 1998. *The emerging problem of tospovirus infection and nonconventional methods of control*. *Trends in Microbiology*, 6: 31–35.
- Rautapää, J. 1992. *Eradication of Frankliniella occidentalis and tomato spotted wilt virus in Finland: a case study in costs and benefits*. *Bull. l'Organ. Eur. Mediterr. Prot. Plant.*, 22: 545–550.
- Ravník, M., Vozelj, N., Mavrič, I., Švigelj, S. D., Zupančič, M., Petrovič, N. 2003. *Detection of Chrysanthemum stem necrosis virus and Tomato spotted wilt virus in chrysanthemum*. *Abstracts 8th International Congress of Plant Pathology*. ICPP, Christchurch (NZ).
- Richter, E., Hommes, M., Krauthausen, J.-H. 1999. *Investigations on the supervised control of Thrips tabaci in leek & onion crops*. *Bull. OILB/Srop*, 22, 5: 61–72.
- Riley, D. G., Joseph, S. V., Srinivasan, R., Diffie, S. 2011. *Thrips vectors of tospoviruses*. *Journal of Integrated Pest Management*, 1, 2: 1–9.
- Rubtzov, I. A. 1935. *Haplothrips tritici Kurd. and the coefficient of its injury*. *Review of Applied Entomology* (A), 23: 565–566.
- Sdoodee, R., Teakle, D. S. 1987. *Transmission of tobacco streak virus by Thrips tabaci: a new method of plant virus transmission*. *Plant Pathology*, 36: 377–380.
- Teulon, D. A. J., Kolb, T. A., Cameron, E. A., McCormick, L. H., Hoover, G. A. 1994. *Pear thrips, Taeniothrips inconsequens* (Uzel) (*Thysanoptera: Thripidae*), on sugar maple, *Acer saccharum* Marsh.: a review. *Zool. (J. Pure Appl. Zool.)*, 4: 355–380.
- Tommasini, M. G., Maini, S. 1995. *Frankliniella occidentalis and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe*. V: *Biological control of thrips pests*. Wageningen Agric. Univ. Pap., 95-1: 1–42.
- Trdan, S. 2001. *Cvetlični resar (Frankliniella occidentalis Pergande, Thysanoptera) – (potencialni) škodljivec gojenih rastlin na prostem*. *Sodobno kmetijstvo*, 34, 11–12: 472–476.
- Trdan, S. 2002. *Thrips in Slovenia*. V: Marullo, R. (ur.), Mound, L. (ur.). *Thrips and tospoviruses : proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*, Reggio Calabria, Italy, 2-7 July 2001. Canberra: Australian National Insect Collection: 351–356.
- Trdan, S., Vierbergen, G. 2001. *Nevarnost vnosa nekaterih gospodarsko škodljivih vrst resarjev (Thysanoptera) v Slovenijo*. V: Maček, J. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov s 5. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin*, Čatež ob Savi, 6. –8. marec 2001. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 303–311.
- Trdan, S., Andjus, L. 2003. *Gospodarsko pomembne vrste resarjev (Thysanoptera) v Sloveniji in ZR Jugoslaviji*. V: *Zbornik predavanj in referatov s 6. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin*, Zreče, 4. –6. marec 2003. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 414–422.
- Trdan, S., Andjus, L., Raspušić, E., Kač, M. 2005. *Distribution of Aeolothrips intermedius Bagnall (Thysanoptera: Aeolothripidae) and its potential prey Thysanoptera species on different cultivated host plants*. *Journal of Pest Science*, 78, 4: 217–226.
- Trdan, S., Andjus, L., zur Strassen, R., 2003 a. *Chronology of thripsological activities and comparison of check-lists on Thysanoptera in Slovenia and FR Yugoslavia*. *Acta Entomologica Slovenica*, 2003, 11, 1: 61–70.
- Trdan, S., Bergant, K., Jenser, G. 2003 b. *Monitoring of western flower thrips (Frankliniella occidentalis [Pergande], Thysanoptera) in the vicinity of greenhouses in different climatic conditions in Slovenia*. *Agricultura*, 1, 2: 1–6.
- Trdan, S., Seljak, G., Jenser, G. 1999. *Cvetlični resar (Frankliniella occidentalis Perg.) v Sloveniji*. V: Maček, J. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin*, Portorož, 3. –4. marec 1999. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 239–246.
- Trdan, S., Valič, N., Žnidarčič, D. 2007 b. *Field efficacy of deltamethrin in reducing damage caused by Thrips tabaci Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) on early white cabbage*. *Journal of Pest Science*, 80, 4: 217–223.

- Trdan, S., Žnidarčič, D., Valič, N., Rozman, L., Vidrih, M. 2006. Intercropping against onion thrips, *Thrips tabaci* Lineman (Thysanoptera: Thripidae) in onion production: on the suitability of orchard grass, lacy phacelia, and buckwheat as alternatives for white clover. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113, 1: 24–30.
- Trdan, S., Žnidarčič, D., Vidrih, M. 2007 a. Control of *Frankliniella occidentalis* on greenhouse-grown cucumbers: an efficacy comparison of foliar application of *Steinernema feltiae* and spraying with abamectin. *Russian Journal of Nematology*, 15, 1: 25–34.
- Ullman, D. E. 1996. Thrips and tospoviruses: advances and future directions. *Acta Hortic.*, 431: 310–324.
- Ullman, D. E., Sherwood, J. L., German, T. L. 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. V: lewis, T. (ed.). *Thrips as Crop Pests*. New York, CAB International: 539–565.
- van der Wetering, F., Goldbach, R., Peters, D. 1996. Transmission of tomato spotted wilt virus by *Frankliniella occidentalis* after viral acquisition during the first larval stage. *Acta Hortic.*, 431: 350–358.
- Vierbergen, G. 1995. International movement, detection and quarantine of Thysanoptera Pests. V: *Thrips Biology and Management*, The 1993 Int. Conf. Thysanoptera: Towards understanding thrips management, Burlingt., Sep. 28-30 1993. Parker et al. (ur.). N. Y., Plenum Press: 119–132.
- Wetzel, T. 1964. Untersuchungen zum Auftreten, zur Schadwirkung und zur Bekämpfung von Thysanoptera in Grassamenbeständen. *Beitr. Entomol.*, 14: 427–500.
- Wijkamp, I., Goldbach, R., Peters, D. 1996 a. Propagation of Tomato spotted wilt virus in *Frankliniella occidentalis* does neither result in pathological effects nor in transovarial passage of the virus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 81: 285–292.
- Wijkamp, I., van de Wetering, F., Goldbach, R., Peters, D. 1996 b. Transmission of Tomato spotted wilt virus by *Frankliniella occidentalis*: median acquisition and inoculation access period. *Annals of Applied Biology*, 129: 303–313.
- zur Strassen, R. 1984. Zur Thysanopteren Faunistik des Alpen Vorlandes von Slowenien, nebst einer Check List der Fransenflügler Arten von Jugoslawien. *Acta entomol. Jugosl.*, 20, 1–2: 31–51.
- zur Strassen, R. 2000. Entomologische Nachrichten und Berichte. *Thysanopterologische Notizen (Thysanoptera, Tebrantia)*, 44: 25–34.
- Trdan, S. 2014. Seznam resarjev (Thysanoptera), najdenih v Sloveniji. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo: 5. str.  
[http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2690/Check-list\\_slov.\\_2.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2690/Check-list_slov._2.pdf) (24. 2. 2014)

# 4 KAPARJI IN PRENOŠI VIRUSOV S KAPARJI

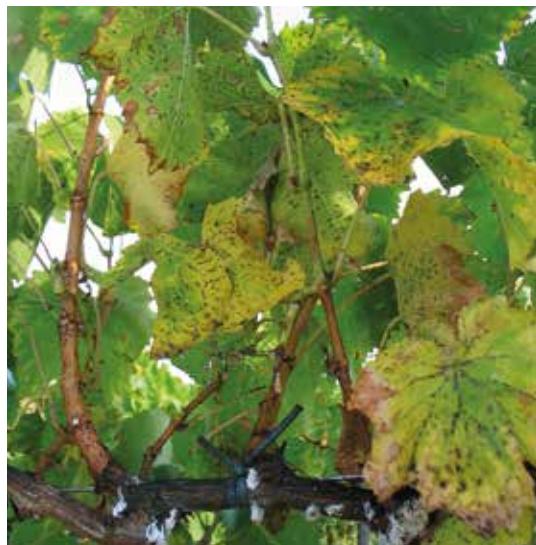
Ivan Žežlina<sup>1</sup>, Irena Mavrič Pleško<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KGZS – Kmetijsko-gozdarski zavod Nova Gorica, Pri hrastu 18, Nova Gorica

<sup>2</sup>Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, Ljubljana

## 4.1 UVOD

Kaparji (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) so vrstno in morfološko specializirana skupina žuželk, ki se hrani na rastlinah (Cook in sod. 2002), s sesanjem rastlinskih sokov iz rastlin s pomočjo sesala ali stileta (Miller 2005). Najdemo jih po celi svetu z izjemo hladnih skrajnih predelov Arktike in Antarktike. Njihovi gostitelji so različne vrste rastlin. Posamezne vrste kaparjev največkrat najdemo na listih, sadežih, vejah, koreninskih izrastkih in koreninah rastlin, redkokdaj pa jih najdemo na nekaterih vrstah praproti in mahov. Kaparji povzročajo velike težave v kmetijstvu, predvsem na sadnem drevju in vinski trti, na okrasnih rastlinah ter na rastlinah v zavarovanem prostoru (Kosztarab in Kozar 1988). Škoda, ki jo povzročajo, je lahko zelo velika in presega več milijard dolarjev letno (Kosztarab 1990).



Slika 4.1: Močan napad kaparja na vinski trti  
(avtor I. Mavrič Pleško)

## 4.2 RAZŠIRJENOST KAPARJEV

Naddružina Coccoidea zajema 48 družin kaparjev (Ben-Dov in sod., 2012). V svetu so vrstno najštevilčnejše tri družine, Diaspididae (2479 vrst), Pseudococcidae (2231 vrst) in Coccidae (1133 vrst) (Ben-Dov in sod., 2012).

Glede na objavljene podatke (Seljak 2010) na ozemlju Slovenije najdemo 101 vrsto kaparjev, ki so razvrščeni v 61 rodov in 9 družin. Največ vrst najdemo v družinah Diaspididae (43 vrst), Coccidae (26 vrst) in Pseudococcidae (18 vrst). Ostale družine, ki jih najdemo v Sloveniji, so vrstno manj številčno zastopane, in sicer Eriococcidae (8 vrst), Ortheziidae (1 vrsta), Margarodidae (1 vrsta), Asterolecaniidae (2 vrsti), Kermesidae (1 vrsta) in Cerococcidae (1 vrsta).

Polovico vrst kaparjev, ki jih najdemo v Sloveniji, lahko opredelimo kot avtohtone vrste in so bolj ali manj razširjene v srednji Evropi. Kar tretjino vrst kaparjev v Sloveniji prištevamo med tujerodne, vnesene pa so bile zaradi različnih dejavnosti kot posledica globalizacije. Nekatere vnesene vrste kaparjev (*Diaspidiotus perniciosus*, *Pseudaulacaspis pentagona*, *Ceroplastes japonicus*, *Neopulvinaria innumerabilis*, *Pulvinaria hydrangeae* in *Saissetia oleae*) so postale resni škodljivci gojenih rastlin (Seljak 2007, Seljak in Žežlina 2007).

Kaparji imajo nenavaden življenjski cikel. Samice imajo nepopolno preobrazbo (jajčeca, ličinke, odrasli), medtem ko imajo samci popolno preobrazbo (jajčeca, ličinke, pupariji, odrasli). Nekatere vrste kaparjev ne vključujejo obeh spolov, ampak so pri posameznih vrstah znane le samice. Večina kaparjev prezimi kot odrasle žuželke ali kot ličinke tik pred imaginalnim stadijem. Spomladi samice spolno dozorijo in pričnejo z odlaganjem jajčec, iz katerih se navadno v dveh do štirih tednih izležejo ličinke, ki so mobilne in na gostiteljski rastlini hitro najdejo primerno mesto za hranjenje. Mlade ličinke so zelo občutljive na insekticide in mineralna olja, ker v tej fazi še niso prekrite z voščenim

poprhom, ki bi jih varoval pred zunanjimi vplivi. Ko se ličinke prisesajo in pričnejo s hranjenjem, obenem tvorijo zaščitno voskasto prevleko, ki precej poveča njihovo možnost preživetja.

Samice imajo hemimetabolni razvoj. V dveh tednih po začetku hranjenja se ličinke samic iz prvega razvojnega stadija preobrazijo v drugega, čemur navadno sledi preobrazba v odrasco žuželko. Samci imajo holometabolni razvoj s petimi razvojnimi stopnjami. Prva dva razvojna stadija sta nimfala, sledi jima razvojni stadij predbube, bube in v končni fazi odrasla žuželka. Večina kaparjev ima eno ali dve generaciji letno (Hodges, 2014)

Kaparji so škodljivci številnih vrst zimzelenih in listopadnih rastlin. Pojavljajo se lahko na listih, vejicah, vejah in deblih. Ker so majhni in slabše mobilni, so velikokrat, predvsem za nepoznavalce, manj opazni. Glede na zaščitno plast, ki jo omenjene žuželke tvorijo nad seboj, jih lahko razdelimo na mehkokožne kaparje (npr. družina Coccidae), volnate kaparje (npr. družina Pseudococcidae) in kaparje s trdno zaščitno oblogo (npr. družina Diaspididae).

Mehkokožni kaparji nad seboj navadno izločajo tanko voskasto plast, ki je ni mogoče ločiti od telesa. V življenjskem ciklu se navadno premikajo med vejami in listi napadene rastline. Proizvajajo medeno roso. Kaparji s trdno zaščitno oblogo nad telesom oblikujejo trdnejšo lupino, oblikovano kot pokrov, ki ga je mogoče ločiti od telesa kaparja. Ti se v času življenjskega cikla navadno ne premaknejo na liste in ne proizvajajo medene rose.

Ko se ličinke kaparjev izležejo iz jajčec, imajo navadno mehko telo, so mobilne, kar jim omogoča iskanje primernih mest na rastlini, kjer se lahko hranijo. V času prehranjevanja in rasti oblikujejo zaščitno plast ter preko različnih razvojnih faz odrastejo. Odrasle samice se navadno prisesajo na določen rastlinski del in ostanejo prisesane na

istem mestu do konca življenjskega ciklusa. Samci so majhni, navadno krilati in se pojavljajo krajši čas.



*Slika 4.2: Fotografija samca in samice smokvinega volnatega kaparja (avtor M. Štrukelj)*

Okoljske razmere in naravni sovražniki navadno hrانjajo populacijo kaparjev pod pragom škodljivosti. Rastline v dobri rastni kondiciji, ki so ustrezeno oskrbovane, ravno tako lažje kljubujejo pritisku omenjenih škodljivcev, kljub temu pa v določenih okoliščinah lahko pride do prerazmnožitve kaparjev.



Slika 4.3: Smokvin volnati kapar (*Planococcus ficus* Signoret) izloča obilo medene rose. (avtor I. Žežlina)

Škoda, ki jo kaparji povzročajo na napadenih rastlinah, je največkrat povezana s sesanjem rastlinskih sokov in posledično s slabšo rastno kondicijo napadenih rastlin, zaradi česar prizadete rastline dodatno napadejo sekundarni škodljivci, kar je za rastlino lahko usodno.

Nekatere vrste kaparjev lahko povzročajo obilico težav iz izločanjem medene rose, na kateri se velikokrat naselijo glivice sajavosti, kar negativno vpliva na rastlino (slabša fotosinteza, neprivlačen zunanji izgled) (Wawrzynski 2009).

## 4.5 KAPARJI VINSKE TRTE

Na vinski trti se kot škodljivi organizmi pojavlja-jo kaparji iz vseh treh omenjenih družin. V Italiji kot škodljive kaparje na vinski trti omenjajo naslednje vrste (Guarnone 2014): iz družine Pseudococcidae *Planococcus ficus* Signoret, *P. citri* Riso in *Heliochoccus bohemicus* Sulc, iz družine Coccoidea *Parthenolecanium corni* Bouche, *P. persicae* Fabricius, *Neopulvinaria innumerabilis* Rathvon in *Pulvinaria vitis* Linnaeus ter iz družine Diaspididae *Targionia vitis* Signoret. Nekateri avtorji med škodljive kaparje na vinski trti uvrščajo tudi *Pseudococcus longispinus* Targioni-Tozzetti iz družine Pseudococcidae in *Diaspidiotus viticola* Leonardi iz družine Diaspididae (Scannavini in sod., 2014).



Slika 4.4: Japonski kapar (*Ceroplastes japonicus* Green) na listih vinske trte (avtor I. Žežlina)

V Sloveniji se na vinski trti kot občasni škodljivci pojavljajo štiri vrste kaparjev iz dveh družin, in sicer: veliki trtni kapar (*Neopulvinaria innumerabilis*), navadni trtni kapar (*Pulvinaria vitis*) in češpljev kapar (*Parthenolecanium corni*), ki sodijo v družino Coccoidea, ter smokvin volnati kapar (*Planococcus ficus*), ki sodi v družino Pseudococcidae (Seljak 2010; Štrukelj in sod. 2015c).

Navadni trtni kapar in češpljev kapar sta splošno razširjena po vsem ozemlju Slovenije, medtem ko je veliki trtni kapar zaenkrat razširjen le v primorskih vinogradih. Smokvinega volnatega kaparja smo doslej pogosteje našli v rastlinjakih pri vzgoji baznega materiala vinske trte, v zelo vročih letih



pa na Primorskem nekajkrat tudi na prostem (Seljak in Žežlina 2007). V zadnjih letih smo opazili večje pojavljanje smokvinega volnatega kaparja tudi v nekaterih primorskih vinogradih na prostem (Štrukelj in sod., 2015b). Na vinski trti lahko občasno opažamo tudi japonskega kaparja (*Ceroplastes japonicus* Green), ni pa znano, ali na tem gostitelju povzroča gospodarsko škodo.

Vse omenjene vrste so lahko v primeru prerazmnožitev neposredni škodljivci vinske trte, znana pa je tudi njihova vloga pri prenosu in širjenju virusov, ki povzročajo bolezen zvijanja listov vinske trte. Za zdaj večjo gospodarsko škodo občasno povzroča le veliki trtni kapar (Seljak in Žežlina 2007).

#### 4.5.1 Družina Pseudococcidae

Družina Pseudococcidae (volnati kaparji) je druga največja med kaparji, vendar je tudi zaradi velike raznolikosti še premalo raziskana (Kosztarab in Kozar 1988; Kosztarab 1996).

Telo odraslih samic je rumenkasto, sivo ali rožnato, kar je odvisno od vrste. Navadno je ovalne oblike. Tipalke so sestavljene iz dveh do devetih segmentov, oči so kupolaste ali jih ni. Noge so navadno sestavljene iz petih segmentov. Imajo dva para dihalnih odprtin. Analni obroč na desetem abdominalnem segmentu je navadno sklerotiziran, na njem je šest ali več set. Vulva je nameščena med osmim in devetim sternitom. Jajčeca so ovalne oblike, samica jih izleže v jajčno vrečko. Opisano je le manjše število preimaginalnih stadijev (Kosztarab in Kozar 1988). Značilnosti samcev se pojavijo šele po tretjem nimfalmnem stadiju in kasneje. Predbubi sledi razvojni stadij bube, iz katere se izleže krilati samec. Za samce so značilne dolge filamentne analne sete (Kriegler 1954). V Sloveniji je kot predstavnik te družine na vinski trti pomemben smokvin volnati kapar (*P. ficus*).

##### 4.5.1.1 Smokvin volnati kapar (*Planococcus ficus*)

Smokvin volnati kapar je prisoten v skoraj vseh območjih na svetu, kjer se goji vinska trta. Ekonomski vpliv njegove prisotnosti je pomemben v Sredozemlju, Južni Afriki, Pakistanu in Argentini (Ben-Dov, 1994). Je polifag s široko paletto gostiteljskih rastlin. Na vinski trti s sesanjem rastlinskih

sokov povzroča neposredno škodo, ki se lahko odraža v slabši kakovosti in izsušenosti grozdov, izločanje mane povzroča še dodatne težave in prispeva k slabši kakovosti grozdja, kar je še posebej pomembno pri namiznem grozdju. Močnejši napad smokvinega volnatega kaparja na vinski trti lahko povzroča prezgodnje in prekomerno odpadanje listov ter posledično slabitev trsov. Omenjeni kapar je prenašalec z vijanjem listov vinske trte povezanih virusov (GLRaVs) (Walton in Pringle, 2004).



Slika 4.5: Samica smokvinega volnatega kaparja (avtor I. Žežlina)

Odrasle samice merijo približno 4 mm v dolžino, 2 mm v širino, visoke pa so približno 1,5 mm. Samice in nimfalni stadiji so ovalne oblike, prekrite z belim voskastim poprhom, kar je lepo vidno v poznejših fazah razvoja. Telo odrasle samice je jasno segmentirano, na obodu je obdano s kratkimi podolgovatimi voskastimi filamenti. Po parjenju se na njenem telesu tvori voskasta jajčna vrečka. Smokvin volnati kapar je zelo podoben agrumovemu volnatemu kaparju (*Planococcus citri*). Vrsti lahko natančno določimo le na osnovi manjših morfoloških razlik. Spolno zrele odrasle samice sproščajo feromone in privabljajo odrasle samce h kopulaciji. Po kopulaciji in določenem času sledi obdobje odlaganja jajčec v jajčno vrečko, ki je sestavljena iz nitastih voskastih dlačic. V povprečju samica v jajčno vrečko izleže 362 jajčec (Kriegler, 1954).

## 4.5.2 Družina Coccidae

Pri velikem številu vrst mehkokožnih kaparjev (družina Coccidae) obstajajo številne variacije znotraj posameznih vrst, zato je klasifikacija v omenjeni družini težavna, o čemer pričajo tudi številni sinonimi za nekatere posamezne vrste. Veliko prvih opisov posameznih vrst temelji na opisih samic v postreproduktivni fazi, ko je bila hrbtna stran že sklerotizirana in so bile vrstne značilnosti deformirane. Novejša klasifikacija temelji na proučevanju mlajših, nesklerotiziranih odraslih osebkih.

Samice se razvijejo preko treh ali štirih razvojnih faz, medtem ko imajo samci pet razvojnih faz. Samice v tretjem razvojnem stadiju so že zelo podobne odraslim osebkom, s to razliko, da so nekoliko manjše in z manjšim številom členov na tipalkah (5–9). Tudi vulva še ni razvita. Samci v tretjem razvojnem stadiju (predbuba) se nahajajo pod vočeno prevleko, ki se oblikuje v času drugačnega razvojnega stadija. Imajo razvite oči. Noge in tipalke so zakrneli. Krilni nastavki so kratki in okrnjeni. V četrtem razvojnem stadiju (buba) so pri samcih dobro razvite tudi noge in tipalke. Krila so izdolžena in sploščena. Telo odraslih samcev je izdolženo, glava je okroglasta, z dvema do petimi pari enostavnih oči in parom bočnih occel. Tipalke so vlaknaste, sestavljene iz desetih segmentov z večjim številom set. Ko so samci popolnoma razviti, zapustijo vočeni zapredok kot krilata oblika in poiščejo spolno zrelo samico.

Življenjski krog je znotraj družine Coccidae lahko zelo različen, vendar ima večina vrst eno generacijo letno (univoltinost), največkrat pa prezimijo v drugi razvojni fazi na različnih gostiteljih. Odrasli kopulirajo v pozni pomladi ali zgodaj poleti, oplojene samice pa v nekaterih primerih lahko odložijo preko 8000 jajčec (Kosztarab in Kozar, 1988; Kosztarab, 1996).

V Sloveniji so kot škodljivci na vinski trti prisotni trije pomembni predstavniki družine Coccidae, veliki trtni kapar, navadni trtni kapar in češpljev kapar.

### 4.5.2.1 Veliki trtni kapar

#### (*Neopulvinaria innumerabilis*)

Veliki trtni kapar se predvsem v vinogradih na Primorskem redno pojavlja že od sredine osemdesetih let. Prvič smo ga opazili leta 1985 v slovenski Istri, najbrž pa je bil na tem območju navzoč že nekaj let prej (Seljak in Žezlina, 2007). Tudi ta kapar je vnesena vrsta, ki je bila najprej opisana v Gruziji (Hadzibejli, 1955), kasneje pa še v južni Franciji (Canard, 1966) in v Italiji (Pellizzari Scaltriti, 1977).

Veliki trtni kapar ni monofag in lahko zaključi svoj razvojni krog na velikem številu drevesnih in grmovnih vrst, npr. na ameriških vrstah trt (*Vitis riparia*, *Vitis rupestris*), na nekaterih vrstah trnov (npr. *Crataegus monogyna*), lipah (npr. *Tilia plathyphyllos*), rdečem drenu (*Cornus sanguinea*), robiniji (*Robinia pseudoacacia*) ter nekaterih drugih vrstah. Vinska trta je ena izmed najboljših gostiteljev.



Slika 4.6: Samica velikega trtnega kaparja na vinski trti (avtor I. Mavrič Pleško)

Ščitek samca je nekoliko bolj podolgovat in proti koncu drugega razvojnega stadija razvije bel puparij, kjer se razvije krilati samec, ki oplodi samico. Oplojena kaparjeva samica navadno prezimi na enoletnem lesu in razvije le en rod letno. Prezimteni stadij je obarvan rjavkasto do vijolično-sivo. Telo samic se spomladsi znatno poveča: na 7 mm do 1 cm velikosti in postane rjavo-sive barve. Konec maja oplojene samice tvorijo jajčno vrečko bele barve, sestavljeno iz lepljivih voskastih vlaken, v katero odložijo več tisoč jajčec bele do rožnate barve.

Po nekaterih podatkih se v jajčni vrečki nahaja tudi več kot 8000 jajčec. Jajčna vrečka privzdigne samičin zadek, z ustnim aparatom pa samica še vedno ostane prisesana na podlago (slika 4.6). V času izleganja ličink iz jajčec se jajčna vrečka razvleče in razpusti. Izleganje se začne v sredini junija in traja zelo dolgo, tudi več kot mesec dni. Izglede ličinke so s prostim očesom komajda vidne ter se hitro razlezajo po sosednjih poganjkih in listih. Največkrat se prisesajo na zgornji del listov vzdolž listnih žil. Ličinke se v času prehranjevanja na listih večkrat levijo. Samci se pojavijo v septembru in v tem času oplodijo samice. Ko so samice oplojene, se konec septembra in v oktobru preselijo na olesenele dele rastline (največkrat na eno- in dvoletne rozge), kjer prezimijo. Prisesana oplojena samica se ne seli več; na mestu, kjer je prisesana, tvori spomladši že prej omenjeno jajčno vrečko (Seljak, 1995, Žežlina, 2003).

Veliki trtni kapar povzroča neposredno škodo s se sanjem rastlinskih sokov, zato šparoni, na katerih je veliko kaparja, odženejo kratke poganjke, ki rodijo malo ali sploh ne. Če je napad zelo močan, trs lahko propade. Tudi ličinke v času rasti izločajo obilno medeno roso, ki privablja različne insekte (tudi škodljive), poleg tega pa se na medeni rosi razvije sajavost, ki zmanjšuje asimilacijo listov, kar vpliva na slabšo kakovost grozdja. Veliki trtni kapar je tudi pomemben prenašalec virusov vinske trte.

#### 4.5.2.2 Navadni trtni kapar (*Pulvinaria vitis*)

Navadni trtni kapar je polifagna vrsta, ki se najpogosteje pojavlja na vinski trti. Napada liste, korenine in tudi steba (Kosztarab in Kozar, 1988). Vrsta *P. vitis* je v Evropi splošno razširjena (Ben-Dov in sod., 2012) in z gospodarskega stališča precej nepomembna (Masten in sod., 2007). Samice navadnega trtnega kaparja so manjše od samic velikega trtnega kaparja. Dolge so od 2,5 do 6,5 mm, široke pa od 1,5 do 6,5 mm (Kosztarab in Kozar, 1988). Ščitek imajo enakomerno rjav, marginalne ščetine so tanjše in drugačne kot stigmatalne. Hrbtna stran ne razpoka, kot pri velikem trtnem kaparju, temveč ostane cela. Jajčna vrečka nima prečnih žlebičev in vzdolžnega grebena, voskasta vlakna niso lepljiva. Jajčeca v njej so intenzivnejših barv, od oranžnorumene do bledo vinsko rdeče barve. Mlade samice prezimijo pretežno na dvoletnem, pa tudi starejšem lesu (Seljak, 1995), spomladši pa zelo hitro zrastejo do svoje končne velikosti.

Jajčeca odlagajo od konca aprila do začetka junija. Samica v povprečju odloži okoli 3500 jajčec v jajčno vrečko, ki ima bombažni izgled in je nameščena pod telesom samice. Proti koncu maja se začno izlegati mlade nimfe. Te se naselijo ob listne žile na spodnji strani lista. Razvoj navadnega trtnega kaparja poteka prek treh nimfalnih stopenj. V septembru (Pellizzari, 1997) in oktobru (Kosztarab in Kozar, 1988) se odrasle samice parijo in se nato ob koncu oktobra preselejo na veje, kjer prezimijo (Pellizzari, 1997). Vrsta *P. vitis* je univoltina. Schumutterer (1952) navaja, da se v Evropi navadno razmnožuje spolno, znano pa je, da se lahko razmnožuje tudi partenogenetsko. V Severni Ameriki se razmnožuje le partenogenetsko (Phillips, 1963; Grill, 1988; Kosztarab in Kozar, 1988).

#### 4.5.2.3 Češpljev kapar (*Parthenolecanium corni*)

Češpljev kapar ima več poimenovanj, med katerimi sta poleg urednega imena najpogosteji še *Eulecanium corni* Bouché (Janežič, 1954; Hamon, 1984; Kosztarab in Kozar, 1988;) in *Lecanium corni* Bouché (Hamon, 1984; Kosztarab in Kozar, 1988;). Češpljev kapar je kozmopolitska in polivoltina vrsta. Letno ima od enega do treh rodov, v razvoju pa se pojavljata dve nimfalni stopnji (Pellizzari, 1997). Število rodov je odvisno od podnebjja in gostiteljskih rastlin. Na severu Madžarske so zabeležili en rod, na jugu pa dva rodova letno. O treh rodovih so poročali iz Kavkaza in iz Srednje Azije (Kosztarab in Kozar, 1988). Oblika, velikost inobarvanost odraslih samic je odvisna od njihove starosti ter gostiteljskih rastlin, na katerih se prehranjujejo. Popolnoma odrasle so dolge približno 6 mm in široke približno 4 mm. So rjave barve, hrbtna stran telesa pa je precej konveksna in močno sklerotizirana. Vrsta *P. corni* prezimi v drugi stopnji nimfe. Proti koncu maja se razvijejo odrasli osebki in oplojene samice začnejo odlagati jajčeca. Nov zarod kaparjev se razvije v drugi polovici junija. Mlade nimfe se prehranjujejo na spodnji strani listov, po prehodu v drugo stopnjo pa se preselijo na lesnate dele. O masovnih izbruhih vrste *P. corni* so poročali iz Evrope po letu 1880, pojavljala pa se je v deset- do enajstletnih intervalih. Od zadnjega masovnega pojava te vrste leta 1955 je njena številčnost močno upadla, predvidoma zaradi parazitiranja vrste *Blastotrix confusa* Erdös. Večji izbruh je bil nato ugotovljen še leta 1975, vendar v precej manjšem obsegu kot v preteklosti (Kosztarab in Kozar, 1988). V Evropi je češpljev kapar splošno razširjen (Ben-Dov in sod., 2012), v Sloveniji pa je bil prvič najden leta 1954 (Janežič, 1954).

Kaparji so znani kot prenašalci številnih virusov vinske trte. Najbolj znana in gospodarsko pomembna bolezen vinske trte je bolezen zvijanja listov vinske trte, ki jo povzročajo s to boleznijo povezani virusi (GLRaV). Po trenutno veljavni taksonomiji virusov (ICTV, 2015) so s to boleznijo povezani štirje virusi, GLRaV-1, -3 in -4 iz rodu *Ampelovirus* ter GLRaV-2 iz rodu *Closterovirus*. Prve tri prenašajo kaparji. Poleg tega pa na vinski trti kaparji prenašajo še tri viruse iz rodu *Vitivirus*, virus A vinske trte (GVA), virus B vinske trte (GVB) in virus E vinske trte (GVE) (citirano v Le Maguet in sod., 2012).



**Slika 4.7:** Zvijanje listov na beli sorti vinske trte zaradi okužbe z GLRaV-3 (avtor I. Mavrič Pleško)

Dolgo časa je veljalo, da se bolezen zvijanja listov vinske trte prenaša le z okuženim sadilnim materialom, šele v začetku 70. let prejšnjega stoletja pa je bilo dokazano, da se bolezen širi tudi po naravnih potih (Dimitrijević, 1973). V 80. in 90. letih je bil dokazan prenos virusov, ki povzročajo to bolezen, s kaparji. Danes je znanih vsaj 9 vrst iz družine Pseudococcidae in 8 vrst iz družine Coccidae, ki prenašajo GLRaV (Tabela 4.1) (Le Maguet in sod., 2012). Pogosto je bilo ugotovljeno, da se virusi prenašajo samo v primerih, ko je izvorna rastlina okužena še z drugimi virusi.

Največ raziskav je bilo narejenih na GLRaV-3, ki povzroča tudi največjo gospodarsko škodo. Ugotovljeno je bilo, da ga lahko prenašajo številne vrste kaparjev (*H. boemicus*, *P. aceris*, *P. citri*, *P. ficus*, *P. calceolariae*, *P. longispinus*, *P. maritimus*, *P. viburni*,

**Tabela 4.1:** Kaparji iz družin Coccidae in Pseudococcidae, ki prenašajo z boleznijo zvijanja listov vinske trte povezane viruse (GLRaV)

Družina	Vrsta
Coccidae	<i>Ceroplastes rusci</i> <i>Coccus hesperidum</i> <i>Coccus longulus</i> <i>Neopulvinaria innumerabilis</i> <i>Parthenolecanium corni</i> <i>Pulvinaria vitis</i> <i>Parasaissetia nigra</i> <i>Saissetia sp.</i>
Pseudococcidae	<i>Helicoccus boemicus</i> <i>Phenacoccus aceris</i> <i>Planococcus citri</i> <i>Planococcus ficus</i> <i>Pseudococcus calceolariae</i> <i>Pseudococcus comstocki</i> <i>Pseudococcus longispinus</i> <i>Pseudococcus maritimus</i> <i>Pseudococcus viburni</i>

*C. rusci*, *C. hesperidum*, *C. longulus*, *N. innumerabilis*, *P. corni*, *P. vitis* in *Saissetia* sp.). *H. boemicus*, *P. aceris*, *N. innumerabilis* in *P. corni* prenašajo GLRaV-1, *P. longispinus*, *P. ficus*, *P. aceris* in *C. rusci* pa prenašajo različne GLRaV-4. Viruse iz rodu *Vitivirus* prenašajo kaparji *P. aceris*, *H. boemicus*, *P. citri*, *P. ficus*, *P. comstocki*, *P. longispinus*, *P. corni* in *N. innumerabilis*.



**Slika 4.8:** Raznolikost bolezenskih znamenj na vinski trti cv. Refošk, okuženi z GLRaV-1 in -3 (avtor I. Mavrič Pleško)

Kot je bilo omenjeno, se v Sloveniji kot škodljivci na vinski trti pojavljajo veliki trtni kapar, navadni trtni kapar in češpljev kapar. Zaradi rednega pojavljanja velikega trtnega kaparja v primorskih vinogradih smo v letih 2007–2011 spremljali širjenje GLRaV-1 in -3 na 100 izbranih trsih v vinogradu, kjer je bil precej razširjen tudi veliki trtni kapar. Z rednimi serološkimi testiranji smo ugotovili, da se v vinogradu širi predvsem GLRaV-1 (Mavrič Pleško in sod., 2011). Sposobnost populacije velikega trtnega kaparja, da prenaša GLRaV-1, je bila potrjena tudi eksperimentalno, v rastlinjaku.

Smokvin volnati kapar (*Planococcus ficus*) se je v preteklosti v Sloveniji na vinski trti občasno pojavljal v rastlinjakih, pri vzgoji baznega materiala vinske trte, v zelo vročih poletjih pa je bil nekajkrat

najden na Primorskem tudi na prostem (Seljak in Žežlina, 2007). Prva večja napada tega škodljivca na prostem sta bila zabeležena leta 2012 v vinogradu v Vipavski dolini in leta 2013 v okolici Kopra (Štrukelj in sod., 2015b). V letu 2012 je bilo v vinogradu v Vipavski dolini ugotovljeno hitro širjenje bolezni zvijanja listov vinske trte, nato pa je bila v vinogradu ugotovljena še prisotnost smokvinega volnatega kaparja. Serološka testiranja so potrdila močno razširjenost GLRaV-3 in bistveno manjšo razširjenost GLRaV-1. Kaparji so bili najbolj razširjeni v delu vinograda, močno okuženem z GLRaV-3, kar je kazalo na možno vlogo kaparja pri razširjanju virusa (Štrukelj in sod., 2015b). Sposobnost populacije smokvinega volnatega kaparja, da prenaša GLRaV-3, je bila potrjena v poskusih v rastlinjaku na Kmetijskem inštitutu Slovenije.

## 4.7

### KAPARJI SADNEGA DREVJA

V Sloveniji se na sadnem drevju pojavlja večje število gospodarsko škodljivih vrst kaparjev. Največ škode povzročajo z izsesavanjem rastlinskih sokov in z izločanjem medene rose, na katero se naselijo glivice sajavnosti in kvarijo izgled plodov ter same rastline.

Škodljivost kaparjev je lahko občutna in z introdukcijo nekaterih vrst, npr. ameriškega kaparja (*Diaspidiotus perniciosus*), v Evropo so že v prvi polovici prejšnjega stoletja sadjarji zaznali veliko škodo.

Med najbolj škodljivimi vrstami lahko izpostavimo: ameriškega kaparja (*D. perniciosus*), murvovega kaparja (*P. pentagona*), češpljevega kaparja (*P. corni*) in oljkovega kaparja (*S. oleae*). Vsi našteti povzročajo gospodarsko škodo kot neposredni škodljivci.

**Tabela 4.2:** V Sloveniji se kot škodljivci pojavljajo različne vrste kaparjev na različnih vrstah sadnega drevja (Seljak 2010).

Vrste kaparjev		Sadne vrste
Družina	Rod, vrsta	
Pseudococcidae	<i>Planococcus citri</i>	limona ( <i>Citrus limon</i> )
Asterolecaniidae	japonski kapar ( <i>Ceroplastes japonicus</i> )	aktinidijska ( <i>Actinidia chinensis</i> ), kaki ( <i>Diospyros kaki</i> ), jablana ( <i>Malus domestica</i> ), murva ( <i>Morus nigra</i> ), marelica ( <i>Prunus armeniaca</i> ), češnja ( <i>P. avium</i> )
Coccidae	<i>Coccus pseudomagnoliarum</i> , <i>Eupulvinaria hydrangeae</i> <i>Filippia follicularis</i> <i>Lichtensia viburni</i> veliki trtni kapar ( <i>Neopulvinaria innumerabilis</i> ) <i>Palaeolecanium bituberculatum</i> češpljev kapar ( <i>Parthenolecanium corni</i> ) <i>Parthenolecanium persicae</i> <i>Parthenolecanium rufulum</i>  oljkov kapar ( <i>Saissetia oleae</i> )  <i>Sphaerolecanium prunastri</i>	Poncirus trifoliata aktinidijska ( <i>Actinidia chinensis</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> ) kaki ( <i>Diospyros kaki</i> ), navadni oreh ( <i>Juglans regia</i> ) jablana ( <i>Malus domestica</i> ) kaki ( <i>Diospyros kaki</i> ), jablana ( <i>Malus domestica</i> ), češplja ( <i>Prunus domestica</i> ) breskev ( <i>Prunus persica</i> ) pravi kostanj ( <i>Castanea sativa</i> ), leska ( <i>Corylus avellana</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> )  češplja ( <i>Prunus domestica</i> ) breskev ( <i>Prunus persica</i> )
Diaspididae	Aonidiella aurantii <i>Aspidiotus nerii</i> <i>Chionaspis salicis</i> <i>Diaspidiotus ostreaeformis</i> ameriški kapar ( <i>Diaspidiotus perniciosus</i> ) <i>Diaspidiotus pyri</i> <i>Epidisaphis leperii</i>  <i>Lepidosaphes flava</i> <i>Lepidosaphes ulmi</i> <i>Parlatoria oleae</i> murvov kapar ( <i>Pseudaulacaspis pentagona</i> )	citrusi ( <i>Citrus sp.</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> ) borovnica ( <i>Vaccinium myrtillus</i> ) češplja ( <i>Prunus domestica</i> ) leska ( <i>Corylus avellana</i> ), jablana ( <i>Malus domestica</i> ), hruška ( <i>Pyrus communis</i> ) jablana ( <i>Malus domestica</i> ) jablana ( <i>Malus domestica</i> ), češplja ( <i>Prunus domestica</i> ), hruška ( <i>Pyrus communis</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> ) jablana ( <i>Malus domestica</i> ) oljka ( <i>Olea europaea</i> ) aktinidijska ( <i>Actinidia chinensis</i> ), murva ( <i>Morus alba</i> , <i>M. nigra</i> ), oljka ( <i>Olea europaea</i> ), breskev ( <i>Prunus persica</i> ), ribez ( <i>Ribes rubrum</i> )

Virusov, ki bi se na sadnem drevju v Evropi prenašali s pomočjo kaparjev, je zelo malo. Tudi sicer so prenosi virusov na sadnem drevju s pomočjo kaparjev slabo raziskani in o tem zelo malo vemo.

Virus 2 majhnih češenj (*Little cherry virus 2* – LChV-2) je povzročitelj bolezni majhnih češenj, ene najpomembnejših bolezni češenj v Severni Ameriki. Poleg LChV-2 sta povzročitelja bolezni lahko še virus 1 majhnih češenj (*Little cherry virus 1* – LChV-1) in fitoplazma, ki pa se ne prenašata s kaparji. LChV-2 je prisoten tudi drugod po svetu, med drugim tudi v Evropi, v Sloveniji pa še ni bil najden. V 30. letih prejšnjega stoletja je bolezen izbruhnila v Britanski Kolumbiji v Kanadi in praktično uničila proizvodnjo češenj na tem območju. Posledica okužbe so majhni, neobarvani plodovi brez okusa. Pri občutljivih sortah drevesa lahko propadejo. Številne okrasne vrste iz rodu *Prunus* so okužene latentno. Dolgo časa je bil edini znani prenašalec LChV-2 kapar *Phenacoccus aceris* (CABI/EPPO, 2014), ki je znan kot polifag. Do sedaj je bil v Sloveniji najden le na belem gabru (*Carpinus betulus*), velikem jesenu (*Fraxinus excelsior*) in črnem gabru (*Ostrya carpinifolia*) (Janežič 1954). V zadnjih letih je bil kot prenašalec LChV-2 potrjen tudi kapar *Pseudococcus maritimus*, ki v Sloveniji še ni bil najden, vse pogostejši pa je v češnjevih nasadih v Severni Ameriki (Mekuria in sod., 2013). Omenjeni virus se je verjetno z latentno okuženimi okrasnimi vrstami iz rodu *Prunus* razširil po svetu, znano pa je, da se po naravni poti širi predvsem tam, kjer je prisoten tudi njegov glavni prenašalec, kapar *P. aceris*. Kljub temu, da je omenjeni kapar v Evropi avtohtona vrsta, njegovi številni naravniki sovražniki preprečujejo povečanje populacij v sadovnjakih.

Potencialno grožnjo za pridelavo citrusov v Evropi predstavlja virus rumenega mozaika citrusov (*Citrus yellow mosaic virus* – CiYMV, prej imenovan Citrus mosaic virus) (EFSA, 2008), ki pomembno vpliva na količino in kakovost pridelave citrusov v Indiji (Chung in Brlansky, Gopi in sod., 2010). Virus se prenaša z okuženim sadilnim materialom, lahko pa ga prenaša tudi agrumov volnati kapar (*Planococcus citri*) (EFSA, 2008), ki je splošno razširjen na agrumih v Evropi, tudi v Sloveniji. CiYMV v Evropi do sedaj še ni bil najden (EFSA 2008). Pridelava citrusov je v Sloveniji zanemarljiva, zato agrumov volnati kapar v Sloveniji ne bi imel bistvene vloge pri širjenju omenjenega virusa. Agrumov volnati kapar poleg CiYMV prenaša tudi nekatere druge viruse, npr. virus progavosti banine in z zvijanjem listov vinske trte povezani virus 3 (Meyer in sod., 2008; Le Maguet in sod., 2012).

- Ben-Dov, Y. 1994. Ben-Dov, Y., 1994. A Systematic Catalogue of the Mealybugs of the World (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Intercept Limited, Andover, UK. 686 pp.*
- Ben-Dov, Y., Miller D., Gipson, G. 2012. ScaleNet. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm> (10. feb. 2012)*
- Cabaleiro, C. 2009. Current advances in the epidemiology of grapevine leafroll disease. V: Boudon-Padieu, E. (ur.). 16th Meeting of the International Council for the Study of Virus and Virus-like Diseases of the Grapevine (ICVG XVI), 31 August - 4 September 2009 Dijon, France : extended abstracts. Montpellier: Le Progrès Agricole et Viticole, 264-268.*
- CABI/EPPO. 2014. Cherry little cherry 'virus'. Dostopno na: [http://www.eppo.int/QUARANTINE/virus/Little\\_cherry/LCHV00\\_ds.pdf](http://www.eppo.int/QUARANTINE/virus/Little_cherry/LCHV00_ds.pdf)*
- Canard, M. 1966. Une Pulvinaire de la vigne, nouvelle pour la France: Neopulvinaria imeretina (Coccoidea, Coccidae). 2: 189–197.*
- Cook, L. G., Gullan, P. J., Trueman, H. E. 2002. A preliminary phylogeny of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) based on nuclear small-subunit ribosomal DNA. Molecular Phylogenetics and Evolution 25: 43–52.*
- Eastwell, K. C., Bernardy, M. G. 2001. Partial characterization of a closterovirus associated with apple meallybug-transmitted little cherry disease in North America. Phytopathology 91: 268–273.*
- EFSA. 2008. Pest risk assessment made by France on Citrus yellow mosaic virus or Citrus mosaic badnavirus considered by France as harmful in the French overseas departments of French Guiana, Guadeloupe, Martinique and Réunion1. The EFSA Journal 686: 1–16.*
- Gopi, V., Gopal, K., Gouri Sankar, T., Palanivel, S. 2010. Detection of Citrus yellow mosaic virus by PCR and nucleic acid spot hybridisation using non-radio active probes in commercial Citrus species. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43, 9: 887–894.*
- Grill, R. J. 1988 The Scale Insects of California. Part I. The Soft Scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). California Department of Food and Agriculture. Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology, no. 1- Sacramento, California, 132. str.*
- Guarnone, A. 2014. Le cocciniglie della vite. <http://www.viten.net/files/9a2/9a25a0d62fd4313bea22af2154dbeb25.pdf>*
- Hadzibejli, Z. K. 1955. A new genus and species of Lecanoidae (Homoptera, Coccidae) from Georgia, Entomol. Obozr, 34: 231–239.*
- Hamon, A. B. 1984. The soft scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae) by Avas B. Hamon and Michael L. Williams. Gainesville, Fla.: Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, 194. str.*
- Hodges, G. 2014. Scale insects. Florida Department of Agriculture and Consumer Services Division of Plant Industry Gainesville, FL 32614; <http://www.ent.uga.edu/peach/peachhk/insects/scaleinsects.pdf>*
- Janežič, F. 1954. Prispevek k poznanju kaparjev v Sloveniji. Biološki vestnik 3: 123–127.*
- Kosztarab, M., Kozar, F. 1988. Scale Insects of central Europe. Series Entomologica, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 41: 456. str.*
- Kosztarab, M. 1990. Economic importance. In D. Rosen [ed.], Armored scale insects: their biology, natural enemies, and control. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands: 307–311.*
- Kosztarab, M. 1996. Scale insects of northeastern North America: identification, biology, and distribution. Virginia Museum of Natural History, Martinsville, VA. 650 p.*

- Kriegler, P. J. 1954. 'n Bydrae tot die kennis van *Planococcus citri* (Risso), (Homoptera: Pseudococcidae) (in Afrikaans). Thesis, Stellenbosch University, Private Bag X1, 7602 Matieland (Stellenbosch), South Africa.
- Le Maguet, J., Beuve, M., Herrbach, E., Lemaire, O. 2012. Transmission of six ampeloviruses and two vitiviruses to grapevine by *Phenacoccus aceris*. *Phytopathology* 102: 717–723.
- Masten-Milek, T., Šimala, M., Korić, B., Bjeliš, M. 2007. Status of scale insects (Coccoidea), family Coccidae, on grapes in 2006 in Croatia with emphasis on rarity of second generation of *Parthenolecanium corni* (Bouche) and *Parthenolecanium persicae* (Fabricius). *Zbornik predavanj in referatov 8. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Radenci, 6.–7. marec 2007:* 326–329.
- Mavrič Pleško, I., Viršček Marn, M., Žežlina, I., Urek, G. 2011. Poskus prenosa zvijanja listov vinske trte (GLRaV) z velikim trtnim kaparjem (*Neopulvinaria innumerabilis*). V: 10. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Podčetrtek, 1.–2. marec 2011. Maček, J., Trdan, S. (ur.). Izvlečki referatov. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 47.
- Mekuria, T. A., Smith, T. J., Beers, E., Watson, G. W., Eastwell, K. C. 2013. First Report of Transmission of Little cherry virus 2 to Sweet Cherry by *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Plant Disease* 97: 851.
- Meyer, J. B., Kasdorf, G. G. F., Nel, L. H., and Pietersen, G. 2008. Transmission of activated episomal Banana streak OL (badna)virus (BSOLV) to cv. Williams banana (*Musa sp.*) by three mealybug species. *Plant Dis.* 92:1158–1163.
- Miller, D. R. 2005. Selected scale insect groups (Hemiptera: Coccoidea) in the southern region of the United States. *Florida Entomologist*, 88, 4: 482–501.
- Pellizzari Scaltriti, G. 1977. Un coccide pulvinariino nuovo per l'Italia: la *Neopulvinaria imeretina* Hadz. *Redia*, 60: 423–430.
- Pellizzari, G. 1997. Grapevine. *World Crop Pests, Soft Scale Insects their Biology, Natural Enemies and Control*, 7(B): 323–331.
- Phillips, J. H. H. 1963. Life history and ecology of *Pulvinaria vitis* (L.) (Hemiptera: Coccoidea), the Cottony Scale attacking peach in Ontario. *The Canadian Entomologist*, 95: 372–407.
- Rott, M., Jelkmann, W. 2001. Detection and partial characterization of a second closterovirus associated with little cherry disease, Little cherry virus-2. *Phytopathology* 91: 261–267.
- Scannavini, M., Melandri, M., Pasqualini, E. 2014. Cocciniglie della vite, un problema in espansione. <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/doc/avversita/frutticole/file-e-immagini/vite/cocciniglie-della-vite-un-problema-in-expansione>
- Schumutterer, H. 1952. Die Ökologie der Cocciden (Homoptera, Coccoidea) Frankens. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 33: 544–584.
- Seljak, G. 1995. *Neopulvinaria innumerabilis* (Rathv.) - nov in vedno bolj škodljiv kapar vinske trte na Primorskem. *Zbornik predavanj in referatov 2. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Radenci 1995:* 265–274.
- Seljak, G. 2007. Scale insects introduced into Slovenia in the last fifty years. *Proceedings of the XI International Symposium on Scale Insect Studies Oeiras, 24–27 September 2007, Portugal:* 121–127.
- Seljak, G., Žežlina, I. 2007. Kaparji vinske trte : možnosti in težave pri njihovem obvladovanju. V: Maček, J. (Ur.). *Zbornik predavanj in referatov 8. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Radenci. Društvo za varstvo rastlin Slovenije, 2007:* 233–237.
- Seljak, G. 2010. A checklist of scale insects of Slovenia. *Entomologica hellenica* 19: 99–113.
- Štrukelj, M., Mavrič Pleško, I., Urek, G., Trdan, S. 2012. Kaparji (Hemiptera: Coccoidea) vinske trte (*Vitis vinifera L.*) v Sloveniji in možnosti njihovega biotičnega zatiranja. *Acta agriculturae Slovenica*, 99, 2, 255–269.

- Štrukelj, M., Mavrič Pleško, I., Žežlina, I., Viršček Marn, M., Urek, G. 2015a. Importance of virus-vector interaction studies for management of virus infections in vineyards. V: ŠIRCA, Saša (ur.), GERIČ Stare, B. (ur.), Razinger, J. (ur.). *Plant health for sustainable agriculture : book of abstracts : [scientific] conference [in the frame of Cropsustain project]*, 11-12 May 2015, Ljubljana, Slovenia. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 67.
- Štrukelj, M., Mavrič Pleško, I., Urek, G. 2015b. Katere virus-e vinske trte prenaša smokvin volnati kapar (*Planococcus ficus*) v Sloveniji?. V: 12. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Ptuj, 3.-4. marec 2015. Trdan, S. (ur.). Izvlečki referatov. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 75.
- Štrukelj, M., Mavrič Pleško, I., Viršček Marn, M., Razinger, J., Urek, G. 2013. Kaparji – prenašalci virusov vinske trte na Primorskem, V: TRDAN, Stanislav (ur.), MAČEK, Jože (ur.). Zbornik predavanj in referatov 11. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo (in Okroglo mize o zmanjšanju tveganja zaradi rabe FFS v okviru projekta CropSustain), Bled, 5. –6. marec 2013, 344-347.
- Štrukelj, M., Mavrič Pleško, I., Seljak, G., Žežlina, I., Urek, G. 2015c. Razširjenost kaparjev na vinski trti v Sloveniji. V: 12. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Ptuj, 3.-4. marec 2015. Trdan, S. (ur.). Izvlečki referatov. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 85-86.
- Walton, V. M., Pringle, K. L. 2004a. A survey of mealybugs and associated natural enemies in vineyards in the Western Cape Province, South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture* 25, 1: 23–25.
- Walton, V. M., Pringle, K. L. 2004b. Vine mealybug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), a Key Pest in South African vineyards. A review. *South African Journal of Enology and Viticulture* 25, 2: 54–62.
- Wawrzynski, R. P., Ascerno, M. E. 2009. Scale Insects of Trees and Shrubs. <http://www.extension.umn.edu/garden/insects/find/scales/>
- Žežlina, I. 2003. Veliki trtni kapar – občasni škodljivec v vinogradih na Primorskem. Sad, 6: 13–14.



# 5 OGORČICE IN PRENOSI VIRUSOV Z OGORČICAMI

Saša Širca, Gregor Urek

Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, Ljubljana

5.1

UVOD

Ogorčice so najštevilčnejši večcelični organizmi, ki jih najdemo v agrarnih ekosistemih, kjer njihova številčnost dosega tudi do 30 milijonov osebkov/m<sup>2</sup>. Večina rastlinsko-parazitskih ogorčic napada podzemne rastlinske dele (korenine in podzemna steba), določene pa parazitirajo na nadzemnih rastlinskih delih (steba, listi, plodovi idr.). Vse ogorčice, ki se hranijo na višjih rastlinah, imajo v ustni votlini bodalo – stilet, s katerim prodrejo v rastlinsko tkivo. Skozi bodalo vnašajo prebavne sokove iz požiralniških žlez, ki delno razgradijo celično citoplazmo in organele, predelano vsebino pa nato posesajo. S hrnanjem na rastlinah lahko ogorčice povzročajo deformacije (odebelitve) ter večje ali manjše poškodbe tkiv. Glede na način prehranjevanja in mesto, kjer preživijo pretežni del življenja, delimo rastlinsko-parazitske ogorčice na:

- endoparazitske: popolnoma prodrejo v rastlinsko tkivo, kjer ostanejo pretežni del svojega življenja;
- semiendoparazitske: v tkivo prodrejo le s polovicijo svojega telesa;
- ektoparazitske: živijo prosto v tleh, hrano si priskrbijo z občasnim vbadanjem bodala v rastlinsko tkivo.

Večina endoparazitskih in semiendoparazitskih ogorčic se v koreninah hrani v območju med zunanjim povrhnjico in floemom v parenhimskem tkivu, nekatere vrste pa prodrejo tudi pod endodermis in v žilni sistem (Norton in Niblack, 1991). Na mestu hrnanja lahko povzročajo nekroze tkiva ali z izločki požiralniških žlez povzročijo nastanek odebelitev oz. specializiranih rastlinskih celic (gigantske celice, sincicij), ki jim zagotavljajo hrano ves čas razvoja. Ektoparazitske ogorčice pa se, glede na dolžino bodala, prehranjujejo na celicah povrhnjice ali pa prodirajo globlje v tkivo. Ektoparazitske ogorčice, med katere uvrščamo tudi prenašalke

virusov, preživijo vse svoje življenje prosto v tleh, kjer se na krajše razdalje tudi premikajo. Ektoparazitski način hrnanja ogorčicam narekuje, da menjajo mesta hrnanja na isti korenini ali pa se preselijo na korenine sosednjih rastlin. Na tak način pridejo v neposreden stik z več gostiteljskimi rastlinami, kar je osnovni pogoj za uspešen prenos virusov.

Pionirska delo na področju raziskav prenosa virusov z ogorčicami sega v petdeseta leta 20. stoletja. Za številne virusje je bilo znano, da se njihova pot prenosa med rastlinami dogaja v zemlji, za kar so sumili ogorčice. Pojav virusa pahljačavosti listov vinske trte (GFLV) v Kaliforniji leta 1948 (Hewitt in sod., 1958) je sprožil številne raziskave, katerih namen je bil ugotoviti način širjenja tega virusa. Da se je virus sposoben širiti v tleh, so dokazali s poskusi sajenja zdravih trsov v zemljo iz okuženih vinogradov, sterilizirano zemljo iz okuženih vinogradov in sterilni rastni substrat. Znamenja okužbe z GFLV so se razvila na 62 od 70 trsov, ki so bili posajeni v netretirano zemljo iz okuženega vinograda, medtem ko so vsi preostali trsi ostali vizualno zdravi. Nematološke analize vzorcev zemlje so odkrile navzočnost vrste *Xiphinema index* Thorne & Allan. Da je vrsta *X. index* prenašalec GFLV, so dokazali v nadaljnjih raziskavah, ko so iz vzorcev izločili omenjene ogorčice ter jih prenesli na zdrave trse, posajene v sterilno zemljo, in kasneje ugotovili okuženost trsov (Hewitt in sod., 1958). Tem raziskavam so sledile številne druge in do sredine šestdesetih let je bilo prepoznanih že šest vrst ogorčic iz rodov *Longidorus* in *Xiphinema* ter osem vrst iz rodov *Trichodorus* in *Paratrichodorus* kot naravnih prenašalcev številnih rastlinskih virusov.

Vse rastlinsko-parazitske ogorčice prihajajo v stik z virusi med hranjenjem na okuženih gostiteljskih rastlinah, vendar se je sposobnost za prenos virusov razvila le pri nekaterih vrstah družin Longidoridae in Trichodoridae. V družino Longidoridae (Thorne) Meyl so uvrščene ogorčice rodov *Longidoroides*, *Longidorus*, *Paralongidorus*, *Paraxiphidorus*, *Xiphidorus* in *Xiphinema*. Največ vrst ogorčic, ki prenašajo viruse, pripada rodovomoma *Xiphinema* in *Longidorus*, poleg teh pa je prenašalka virusov tudi ena vrsta iz rodu *Paralongidorus*, *P. maximus* (Butschli) Siddiqi. Prenašajo viruse iz rodov *Nepovirus*, *Cheravirus* in *Sadwavirus* (Tabela 5.1). Predstavniki ostalih treh rodov virusov ne prenašajo. Družino Trichodoridae (Thorne) Siddiqi sestavlja rodova *Allotrichodorus* in *Monotrichodorus*, v katerih ni virusnih prenašalcev, ter rodova *Paratrichodorus* in *Trichodorus*, katerih predstavniki prenašajo rastlinske viruse rodu Tobravirüs (Tabela 5.2).

**Tabela 5.1:** Vrste družine Longidoridae, ki so bile potrjene kot prenašalke virusov v poskusih na testnih rastlinah.

Prenašalec	Okrajšava	Nepovirus
<b>Longidorus</b>		
<i>L. apulus</i> Lamberti & Bleve-Zacheo	AILV	italijanski latentni virus artičoke
<i>L. arthensis</i> Brown, Grunder, Hooper, Klingler & Kunz	ChRV	virus rozetavosti češnje
<i>L. attenuatus</i> Hooper	TBRV	virus črne obročkavosti paradižnika
<i>L. diadecturus</i> Eveleigh & Allen	PRMV	virusa rozetavosti in mozaika breskev
<i>L. elongatus</i> (de Man) Micoletzky	RpRSV	virus obročkaste pegavosti malinjaka
	TBRV	virus črne obročkavosti paradižnika
<i>L. fasciatus</i> Roca & Lamberti	AILV	italijanski latentni virus artičoke
<i>L. macrosoma</i> Hooper	RpRSV	virus obročkaste pegavosti malinjaka
<i>L. martini</i> Merny	MRSV	virus obročkaste pegavosti murve
<b>Paralongidorus</b>		
<i>P. maximus</i> (Butschli) Siddiqi	RpRSV	virus obročkaste pegavosti malinjaka

Število vrst ogorčic v posameznih rodovih se stalno spreminja zaradi odkrivanja novih vrst in revizije opisov obstoječih vrst. V rodovih, kamor sodijo prenašalske vrste, je bilo do leta 2007 poznanih 240 vrst rodu *Xiphinema*, 144 vrst rodu *Longidorus*, 72 vrst rodu *Paralongidorus*, 54 vrst rodu *Trichodorus* ter 34 vrst rodu *Paratrichodorus* (Decramer in Robbins, 2007). Od leta 2007 do danes so bile na novo opisane še 3 vrste rodu *Longidorus*, 2 vrsti rodu *Xiphinema* ter po ena vrste rodu *Trichodorus* in *Paratrichodorus* (Peneva, osebna komunikacija). Približno 4 % (19 od skupno 461) vseh opisanih longidorid je po dosedanjih podatkih sposobnih prenašati rastlinske viruse. Ta odstotek je v primeru vrst rodu *Trichodorus* nekoliko višji in znaša več kot 7 %, pri rodu *Paratrichodorus* pa celo več kot 22 %.

Prenašalec	Okrajšava	Nepovirus
<i>Xiphinema</i>		
<i>X. americanum Cobb sensu lato</i> <sup>a</sup>	CRLV	virus raskavosti listov češnje
	PRMV	virus rozetavosti in mozaika breskev
	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. americanum Cobb sensu stricto</i> <sup>a</sup>	PRMV	virus rozetavosti in mozaika breskev
	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. bricolensis</i> <sup>a</sup> Ebsary, Vrain & Graham	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. californicum</i> <sup>a</sup> Lamberti & Bleve-Zacheo	CRLV	virus raskavosti listov češnje
	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. divericaudatum</i> (Micoletzky) Thorne	ArMV	virus mozaika repnjaka
	SLRSV	latentni virus obročkaste pegavosti vrtnega rdečega jagodnjaka
<i>X. index</i> Thorne & Allan	GFLV	virus pahljačavosti listov vinske trte
<i>X. intermedium</i> <sup>a</sup> Lamberti & Bleve-Zacheo	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. italiae</i> Meyl	GFLV	virus pahljačavosti listov vinske trte
<i>X. rivesi</i> <sup>a</sup> Dalmasso	CRLV	virus raskavosti listov češnje
	PRMV	virus rozetavosti in mozaika breskev
	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika
<i>X. tarjanense</i> <sup>a</sup> Lamberti & Bleve-Zacheo	TRSV	virus obročkaste pegavosti tobaka
	ToRSV	virus obročkaste pegavosti paradižnika

<sup>a</sup>označuje vrsto ogorčic skupine *Xiphinema americanum* (Taylor in Brown, 1997).

V tabelah 5.1 in 5.2 so predstavljene vrste ogorčic, ki so bile potrjene kot prenašalke virusov v poskusih na testnih rastlinah, kjer je bilo v raziskavi nesporno dokazano, da je bil prenos virusov mogoč le z ogorčicami. V literaturi namreč zasledimo

precej večje število vrst ogorčic, ki naj bi prenašale virus, vendar kot take niso bile dokazane in potrjene z raziskavami, kjer so bile izločene vse druge mogoče poti prenosa.

**Tabela 5.2:** Vrste družine Trichodoridae, ki so bile potrjene kot prenašalke tobavirusov v poskusih na testnih rastlinah (Taylor in Brown, 1997).

Prenašalec	Okrajšava	Nepovirus
<b>Paratrichodorus</b>		
<i>P. allius (Jensen) Siddiqi</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. anemones (Loof) Siddiqi</i>	PEBV	virus zgodnjega rjavenja graha
	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. hispanus Roca &amp; Arias</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. minor (P. cristei) (Colbran) Siddiqi</i>	PRV	virus obročaste pegavosti paprike
	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. nanus (Allen) Siddiqi</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. pachydermus (Seinhorst) Siddiqi</i>	PEBV	virus zgodnjega rjavenja graha
	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. teres (Hooper) Siddiqi</i>	PEBV	virus zgodnjega rjavenja graha
	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>P. tunisiensis (Siddiqi) Siddiqi</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<b>Trichodorus</b>		
<i>T. cylindricus Hooper</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>T. primitivus (de Man) Micoletzky</i>	PEBV	virus zgodnjega rjavenja graha
	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>T. similis Seinhorst</i>	TRV	virus šelestenja tobaka
<i>T. viruliferus Hooper</i>	PEBV	virus zgodnjega rjavenja graha
	TRV	virus šelestenja tobaka

### 5.2.1 Longidoride in trihodoride

Ogorčice iz družin Longidoridae in Trichodoridae, ki jih imenujemo tudi longidoride oz. trihodoride, so polifagni organizmi s širokim krogom gostiteljev. Na splošno velja, da imajo vrste rodov *Longidorus* in *Trichodorus* več gostiteljev med zelnatimi rastlinami, vrste rodu *Xiphinema* pa so bolje prilagojene na lesnate rastline. Telo ogorčic je črvaste oblike, dolžina je odvisna od vrste in doseže od 1,5 do 13 mm (Coomans, 1975). Telo obdaja večplastna pokožnica (kutikula), ki ima pomembno vlogo pri interakcijah z okoljem in ostalimi organizmi. Pri razvoju ogorčice od ličinke do odrasle živali se pokožnica med levitvijo zamenja, služi pa kot ogrodje, na katerega so vpete telesne mišice in drugi organi. Na sprednjem delu telesa razločimo nekakšno glavo, čisto spredaj pa se nahaja ustna odprtina. V ustni votlini je bodalo, ki je pri longidoridah sestavljen iz odontostileta in odontoforja. Pri trihodoridah se bodalo imenuje

onhiostilet in je značilno ukrivljeno ter ni tako robustno. Z bodalom, ki je v sredini votlo, ogorčica predira gostiteljske celice in vanje vnaša mešanico prebavnih sokov ter encimov iz požiralniških žlez. Ta faza traja do nekaj sekund in je ključna za prenos virusov. Ogorčica nato s pomočjo mišičastega požiralnika (požiralniški bulbus), ki deluje kot sesalna črpalka, posrka delno prebavljeno celično vsebino. Na mestu hranjenja se obe fazи izmenjujeta, kar lahko traja od nekaj minut do nekaj ur. Kasneje ogorčica izvleče bodalo in poiše novo mesto hranjenja.

Ko se ogorčice levijo, odvržejo staro bodalo in ga nadomestijo z novim, ki raste tik za starim. Hrana preide iz bodala v valjasto oblikovan prednji del požiralnika, ki se nadaljuje v posteriorno razširjen mišičast požiralniški bulbus. Požiralniški bulbus je pravzaprav sesalna črpalka, ki s krčenjem in raztezanjem uravnava turgor oz. pritisk in s tem črpanje hrane.

Hranjenje na koreninah gostiteljskih rastlin poteka v glavnem v območju rastnega vršička. Vrste rodu *Xiphinema* imajo razvito čvrsto bodalo, zato lahko zajedajo koreninice tudi v območju lateralne razrasti. Nekatere vrste lahko na koreninskih vršičkih povzročijo odebilitve, pogosteje pa je mogoče zaznati le nekroze in razbarvanja koreninske povrhnjice ter včasih tudi propad koreninic. Vrste rodu *Trichodorus* imajo precej šibkejše bodalo in se zato hranijo na območju rastnega vršička, s čimer povzročajo dodatno razrast stranskih koreninic, kar daje videz bradatosti korenin.

### 5.2.2 Razmnoževanje

Ogorčice se večinoma razmnožujejo spolno. Pri longidoridah in trihodoridah se pojavljata dva načina razmnoževanja (Dalmasso, 1975): spolno razmnoževanje z združitvijo moške in ženske spolne celice (vrste, pri katerih so prisotni tudi samci) ter partenogeneza ali deviškorodnost, kjer se osebek razvije iz jajčne celice brez oploditve (samci niso prisotni oz. so zelo redki). Razvojni krog navadno sestavlja šest razvojnih stopenj: jajčce, štiri stopnje ličinke ter odrasla žival. Samice v tla izležejo jajčeca, iz katerih se izležejo ličinke prve razvojne stopnje (J1). Na izleganje v največji meri vplivata vlaga v tleh in temperatura. J1 se v tleh premika in hrani na gostiteljskih koreninah, raste v dolžino in širino, zato se večkrat levi. Med levitvijo ličinka zamenja kutikulo, bodalo ter povrhnjico požiralnika. Virusi, ki se prenašajo z ogorčicami, se med zaporednimi razvojnimi stopnjami ličink ne prenesejo (Bitterlin in Gonsalves, 1986; Hunt, 1993; Brown in sod., 1994; Taylor in Brown, 1997), saj so mesta zadrževanja virusov v ogorčici v območju odontostileta, odontoforja in notranje plasti požralniške cevi, ki jih ličinka odvrže pri levitvi.

Pri longidoridah poteka razvoj od jajčeca do odrasle ogorčice razmeroma dolgo v primerjavi z ostalimi rastlinsko-parazitskimi ogorčicami in je v največji meri pogojen s temperaturo tal ter posledično z rastjo rastlin (Hunt, 1993). Pri vrstah rodu *Longidorus* je razvojni krog na splošno krajsi kot pri rodu *Xiphinema* in traja pri vrstah *L. africanus* in *L. elongatus* približno 9 tednov, pri temperaturi 28–30 °C. Vrsta *X. index* ima daljši razvojni krog, od 2 do 14 mesecev, ki je v največji meri pogojen s temperaturo (Taylor in Brown, 1997). Po nekaterih

raziskavah vrsta *X. index* sklene razvojni krog v 2–4 mesecih, pri temperaturi 20–23 °C (Prota in sod., 1977), po drugih raziskavah pa celoten razvojni krog poteka pri enaki temperaturi 7–9 mesecev (Hunt, 1993). Tudi pri vrstah skupine *X. americanum*, ki prenašajo največ karantenskih in gospodarsko pomembnih virusov, poteka razvojni krog ogorčic več mesecev. Pri vrsti *X. americanum sensu stricto Cobb*, ki so jo gojili v lončih v nadzorovanih razmerah (temperatura od 21 do 27 °C, stalna vlaga), so se prve samice razvile po 170–210 dneh (Halbrendt in Brown, 1994). Trihodoride imajo nekoliko krajsi razvojni krog. Optimalna temperatura za razmnoževanje vrste *P. minor* je od 16 do 24 °C, kjer se razvojni krog zaključi v 21–27 dneh (Ayala in sod., 1970). Pri vrstah rodu *Trichodorus* to obdobje traja 4–6 tednov. V splošnem velja, da je razvojni krog posamezne vrste longidorid ali trihodorid v največji meri odvisen od temperature in drugih razmer v tleh (vlaga, zračnost, gostiteljske rastline idr.).

### 5.2.3 Življenjski prostor

Longidoride in trihodoride so razširjene v različnih tipih tal. Najpogosteje se pojavljajo v lažjih tleh (peščena, ilovnato-peščena), manjšim vrstam ustrezano tudi težja tla. Za življenje potrebujejo tudi ustrezno vlago (vodni režim tal) in gostiteljske rastline. Populacije so najštevilčnejše v globini koreninskega sklopa gostiteljskih rastlin, zato jih najpogosteje najdemo v globini od 20 do 70 cm, manjše število ogorčic lahko najdemo tudi globlje od treh metrov. Iz vinogradniških tal so bili posamezni osebki vrste *X. index* izolirani tudi iz vzorcev zemlje, odvzetih iz globine 3,6 m, medtem ko se je glavnina populacije nahajala 30–60 cm globoko (Taylor in Brown, 1997). Za ogorčice rodu *Trichodorus* je značilno, da so zelo občutljive na mehanske poškodbe, zato najdemo glavnino populacije pod globino obdelave tal, nekje med 30 in 40 cm. V tleh se ogorčice premikajo vodoravno in navpično. Razdalja, ki so jo v tleh sposobne premagati ogorčice, znaša dnevno od 0,4 do 2 mm in je odvisna od vrste ogorčic, vlažnosti tal ter strukture talnih delcev (Weischer, 1975). Sposobnost premikanja omogoči iskanje virov hrane in najprimernejših okoljskih razmer, npr. v zimskem času in ob večjih sušah se lahko glavnina populacije premakne nekoliko globlje.

Širjenje ogorčic na večje razdalje in na nova območja poteka pasivno, s fizičnim prenosom zemlje s pomočjo ljudi, obuval, kmetijske mehanizacije, zemlje na razmnoževalnem sadilnem materialu, mogoče pa je tudi širjenje z vodo, vetrom, pticami in drugimi živalmi.

Zaradi razmeroma dolgega razvojnega kroga in nižjega razmnoževalnega potenciala imajo longidoride in trihodoride daljšo življensko dobo, v primerjavi z drugimi ogorčicami, in so sposobne brez gostiteljskih rastlin v zemlji preživeti tudi več let. Raski in sodelavci (1965) so ugotovili, da so posamezni osebki vrste *X. index* preživeli v zemlji brez gostiteljskih rastlin tudi več kot 5 let. Ugotovili so tudi, da pri izkopu vinskih trt iz zemljišča ostane v tleh še veliko koreninske mase, ki jo ogorčice lahko izkoristijo kot vir hrane. Brez hrane lahko posamezni osebki vrste *X. index* preživijo

tudi 4 leta, številčnost populacije pa se postopoma znižuje. Poskus je bil opravljen z okuženo zemljo, v hermetično zaprtih zaboljih, pri temperaturah 7 °C in 20 °C (Demangeat in sod., 2005). Tudi vrste skupine *X. americanum* preživijo v zemlji več let brez hrane. Sposobnost preživetja vrste *X. rivesi* sta v nadzorovanih razmerah preučevala Bitterlin in Gonsalves (1986). Vzorce zemlje sta hranila pri temperaturi 1–3 °C in jih občasno, v določenih časovnih razmikih, testirala na navzočnost ogorčic. Navzočnost ogorčic sta ugotovila tudi po 3 letih, vendar se je številčnost v zadnjem letu precej zmanjšala. Navedene lastnosti longidorid in trihodorid omogočajo življenje v zelo različnih in spremenljivih življenskih razmerah, tudi v večjih globinah, zato jih uvrščamo med trdovratnejše rastlinske škodljivce, ki jih na določenem zemljišču zelo težko izkoreninimo.

### 5.3

### RAZŠIRJENOST PRENAŠALSKIH VRST OGORČIC

Longidoridne in trihodoridne ogorčice so razširjene bolj ali manj po celi svetu. Nekatere vrste so prisotne le na določenih območjih, medtem ko so številne, predvsem vrste, ki so pomembne za kmetijsko pridelavo, zaradi človekove dejavnosti razširjene v številnih državah po vseh kontinentih. Vrste rodu *Longidorus* so najbolj razširjene v Evropi, kjer je bilo ugotovljenih največ opisanih vrst (73 vrst), sledi Indija (25 vrst), Severna Amerika (23 vrst) Južna Afrika (18 vrst) in Kitajska (13 vrst) (Decramer in Robbins, 2007). Vrste rodu *Xiphinema* so razširjene po vsem svetu, so torej kozmopolitske. Posebno pozornost se v okviru tega rodu posveča skupini *X. americanum*, kamor je uvrščenih največ prenašalskih vrst. Vrste iz te skupine so približno enakomerno porazdeljene po kontinentih, največ jih je bilo ugotovljenih v Severni Ameriki (21 vrst) in Aziji (22 vrst), ugotovljene so bile tudi v Evropi (17 vrst), Južni Ameriki (11 vrst), Afriki (10 vrst) in Avstraliji (3 vrste) (Lamberti in sod., 2000). Raznolikost vrst, ki ne sodijo v skupino *X. americanum*, je največja v Južni Ameriki (53 vrst) in Evropi (33 vrst), v preostalih območjih pa je precej nižja (Coomans in sod., 2001). Vrste rodu

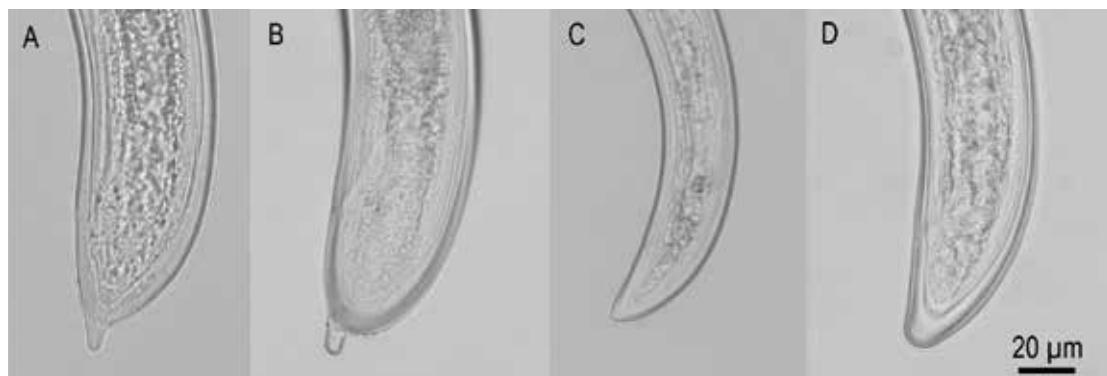
*Paralongidorus* so bile ugotovljene večinoma v Indiji (34 vrst) in Južni Afriki (29 vrst), nekaj vrst pa je bilo ugotovljenih tudi v Evropi (9 vrst), Avstraliji (3 vrst) ter Južni in Severni Ameriki (2 vrsti) (Decramer in Robbins, 2007). Vrste rodu *Trichodorus* so najbolj razširjene na območjih z zmernim podnebjem, v Severni Ameriki (20 vrst) in Evropi (17 vrst), medtem ko je raznolikost vrst rodu *Paralongidorus* največja v subtropskih in tropskih območjih, kjer je bilo ugotovljenih 75 % vrst tega rodu (Decramer in Robbins, 2007).

#### 5.3.1 Razširjenost prenašalskih vrst ogorčic v Sloveniji

V Sloveniji so bile prve raziskave o navzočnosti virusonosnih ogorčic opravljene v sklopu bilateralnega raziskovalnega projekta med Kmetijskim inštitutom Slovenije in USDA, Beltsville, Maryland, ZDA, med leti 1971 in 1976. Kasneje so analize zemlje glede navzočnosti virusonosnih vrst ogorčic opravljali v sklopu certifikacije sadilnega materiala vinske trte in sadnih rastlin ter v okviru rednih letnih pregledov zdravstvenega stanja tal.

Na različnih pridelovalnih površinah po Sloveniji je bilo do danes ugotovljenih 12 vrst rodu *Xiphinema* (*X. basilodeyi*, *X. diversicaudatum*, *X. elongatum*, *X. globosum*, *X. index*, *X. rotundatum*, *X. pachtaicum*, *X. rivesi*, *X. vittenezi*, *X. brevicolum* (Hržič, 1978; Urek in sod., 2003a; Širca in sod., 2006) in *X. americanum sensu lato*, ki verjetno pripada vrsti *X. simile* ali *X. parasimile* ter vrsta *X. densispinatum* (neobjavljeno). Vrst rodu *Longidorus* je bilo v Sloveniji ugotovljenih 7, in sicer *L. caespiticola*, *L. elongates*, *L. heveticus*, *L. leptocephalus*, *L. moescicus*, *L. juvenilis* (Širca in sod., 2007; Širca in Urek, 2009) ter vrsta *L. carniolensis* n. sp., ki smo jo izolirali iz vzorca zemlje iz vinogradov v vaseh Drašiči in Krmačina (Širca in sod., 2011). Ker smo ugotovili, da gre za še neopisano vrsto, smo jo opisali in jo poimenovali *Longidorus carniolensis*, kar bi lahko prevedli kot »kranjski Longidorus«.

Gre za prvo vrsto rastlinsko parazitskih ogorčic, ki je bila najdena in opisana na območju Slovenije. Poleg tega je bila v Sloveniji najdena tudi vrsta *T. primitivus* (Urek in sod., 2003 a). Od vseh najdenih vrst sodi 5 vrst med prenašalce virusov (Tabela 5.3, Slika 5.1). Za vrsto *L. juvenilis* še ni bilo ugotovljeno, ali lahko prenaša virus, zato je vključena v to skupino kot potencialna prenašalska vrsta. Vrsto *L. juvenilis* smo ugotovili v vinogradu z veliko pojavnostjo virusa razraščanja in pritlikavosti malinjaka (RBDV). V raziskavah, ki so sledile tej najdbi, je bil virus RBDV s pomočjo molekularnih metod ugotovljen v posameznih ogorčicah tudi po štirih in osmih mesecih po vzročenju zemlje (Mavrič in sod., 2009). Raziskave o vlogi vrste *L. juvenilis* pri prenosu RBDV trenutno še potekajo.



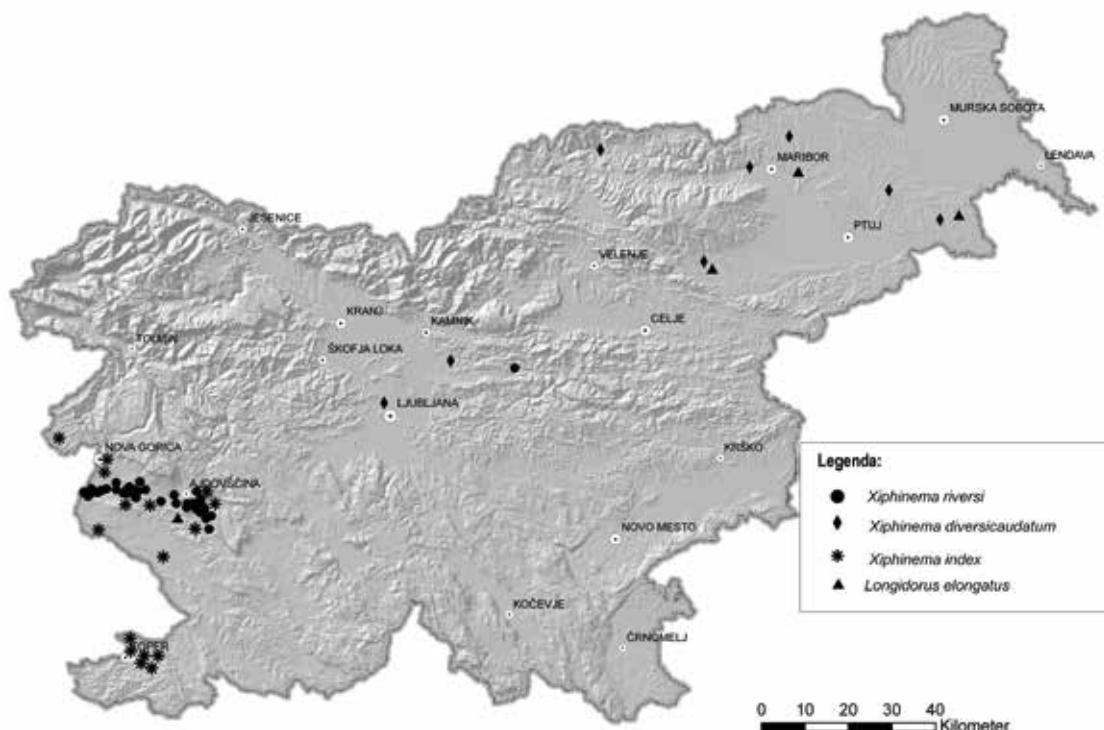
**Slika 5.1:** Repi samic v Sloveniji najbolj razširjenih prenašalskih vrst ogorčic, *X. index* (A), *X. diversicaudatum* (B), *X. rivesi* (C) in *L. elongatus* (D). (avtor S. Širca)

**Tabela 5.3:** Prenašalske vrste ogorčic, ki so bile ugotovljene v Sloveniji v sklopu različnih raziskav od leta 1971 do 2014.

Vrsta ogorčice	Leto detekcije	Lokacija	Rastišče/gostiteljske rastline
<i>L. elongatus (de Man) THorne &amp; Swanger</i>	1978	VRHPOLJE	vinska trta
	2007	MARIBOR	jablane
	2009	SVETINJE	vinska trta
	2009	GORTINA	hmelj
	2014	MARKEČICA	vinska trta
<i>*L. juvenilis Dalmasso</i>	2004	SVETINJE	vinska trta
	2005	HERMANCI	vinska trta
	2005	TRGOVIŠČE	hmelj
	2007	TRGOVIŠČE	vinska trta
	2007	CVETKOVCI	trsnica
	2008	LITMERK	vinska trta
	2009	ZAGORCI	vinska trta
	2009	SVETINJE	vinska trta
	2009	RADLJE	hmelj
<i>X. diversicaudatum (Mikoletzky) Thorne</i>	1978	BRESTERNICA	vinska trta
	1978	JARENINSKI DOL	vinska trta
	1978	LJUBLJANA	vrtnice
	2004	STREZETINA	vinska trta
	2005	MARKEČICA	vinska trta
	2006	STREZETINA	vinska trta
	2008	BRDO PRI LUKOVICI	jablane
	2009	ZAGORCI	vinska trta
	2009	GORTINA	hmelj
	2014	OPLOTNICA, MARKEČICA	vinska trta
<i>X. index Thorne &amp; Allen</i>	1978	KROMBERK	vinska trta
	1978	DOBROVO	vinska trta
	2004	DUTOVLJE	vinska trta
	2004	BRESTOVICA	vinska trta
	2005	PURISIMA	vinska trta
	2005	DUTOVLJE	vinska trta
	2007	BRJE	vinska trta
	2007	PRADE	vinska trta
	2008	CESTNO BRDO	vinska trta
	2008	PRVAČINA	vinska trta
	2008	VRHPOLJE	vinska trta
	2010	KOBJEGLAVA, DANE PRI SEŽANI	vinska trta
	2011	ČRNIČE	vinska trta
	2012	PRVAČINA, VELIKI DOL, BERTOKI	vinska trta
	2014	OKOLICA SEŽANE, KRIŽ	vinska trta

Vrsta ogorčice	Leto detekcije	Lokacija	Rastišče/gostiteljske rastline
<i>X. rivesi Dalmasso</i>	2003	IZLAKE	sadike <i>Prunus</i>
	2003	DORNBERK	vinska trta, breskve, koruza
	2003	BRJE	breskve
	2003	DUPLJE	trsnica
	2003	VRHPOLJE	vinska trta
	2003	OREHOVLJE	breskve
	2003	BILJE	nasadi breskev, drevesnica – sadike breskev, kakija in češenj
	2003	PRVAČINA	breskve
	2003	DORNBERK	koruza
	2005	ZEMONO	vinska trta
	2005	POD LOGOM	vinska trta
	2006	BUDANJE	trsnica, vinska trta
	2007	VIPAVA	vinska trta
	2008	MIREN	vinska trta
	2014	SLAP	vinska trta
<i>T. primitivus (de Man)</i>	2003	LJUBLJANA	vrtnice
<i>Micoletzky</i>	2004	DRENOV GRIČ	ameriške borovnice

\* Potencialna prenašalska vrsta.



Slika 5.2: Geografska razširjenost prenašalskih vrst ogorčic, ki so bile ugotovljene v Sloveniji.

Največkrat so bile virusosne ogorčice v Sloveniji ugotovljene v vinogradih, predvsem na Primorskem in Štajerskem. Pogled na geografsko razširjenost posameznih virusosnih vrst v Sloveniji nam pokaže, da so nekatere vrste navzoče le na nekaterih območjih, kljub temu, da evolucijsko izvirajo iz Evrope in veljajo za avtohtone. Vrsta *X. index*, ki ima ožji krog gostiteljev in je v največji meri vezana na vinsko trto, je dokaj pogosta v večini vinorodnih območij po Evropi. V Sloveniji jo najdemo le na Primorskem (Goriška, Vipavsko,

Koprsko in Kras) (Slika 5.2), kjer je v nekaterih vinogradih njena številčnost zelo visoka (preko 1000 osebkov na 1 kg zemlje). Podobno lahko ugotovimo za vrsto *X. diversicaudatum*, ki smo jo našli na Štajerskem in v osrednji Sloveniji ter za vrsto *L. juvenilis*, ki je navzoča na Štajerskem. Na ti dve vrsti nikoli nismo naleteli v vzorcih zemlje, pobranih na Primorskem ali Dolenjskem. Dejstva ponovno potrjujejo podnebno raznolikost in raznovrstnost habitatov v Sloveniji.

## 5.4

## PRENOSI VIRUSOV Z OGORČICAMI

Za prenos evropskih nepovirusov z ogorčicami je značilna visoka specifičnost med vrsto virusa in ogorčice. Določene vrste ogorčic so prenašalke različnih vrst virusov, virusi pa so večinoma povezani le z določeno vrsto ogorčice. Serološko sorodne viruse večinoma prenašajo ogorčice iste vrste, serološko različne, a še vedno dokaj sorodne vrste virusov, pa prenašajo sorodne vrste ogorčic znotraj istega rodu: npr. virus mozaika repnjaka (ArMV), ki ga prenaša *X. diversicaudatum*, je genetsko precej soroden virusu pahljačavosti vinske trte (GFLV), ki ga prenaša *X. index*. Poleg sorodnosti med omenjenima virusoma obstaja tudi velika sorodnost med navedenima vrstama ogorčic (Taylor in Brown, 1997). Prenos severnoameriških nepovirusov z ogorčicami skupine *X. americanum* je manj specifičen, zato je lahko posamezna vrsta ogorčice prenašalka več vrst nepovirusov (Brown in sod., 1994).

### 5.4.1 Specifičnost prenosa

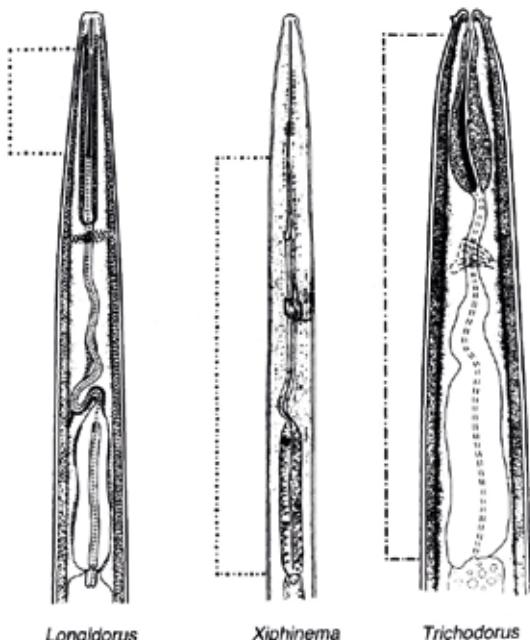
Specifičnost prenosa predstavlja posebno interakcijo, ki omogoča, da določen virus lahko prenaša le določena vrsta ali skupina filogenetsko sorodnih vrst prenašalk. Specifičnost prenosa določajo virusni proteini, ki jih kodira virusna RNA2, ter strukturne molekule v prebavnem traktu ogorčic. To so raziskovalci prvič ugotovili z raziskavami s t. i. psevdo-rekombinantnimi virusi, ki so hibridni virusi, sestavljeni iz RNA1 enega in RNA2 drugega virusnega različka. Ločeni virusni RNA sta samostojno sposobni okužbe, zato se lahko pri kombinaciji RNA1 in RNA2 iz različnih različkov virusov

tvorijo psevdo-rekombinantni virusi. Raziskave z nepovirusi so bile opravljene z različki virusa obročaste pegavosti malinja (RpRSV) (Harrison in sod., 1974) ter z različki virusa črne obročavosti paradižnika (TBRV) (Harrison in Murant, 1978). Učinkovitost prenosa škotskega različka RpRSV z ogorčicami *L. elongatus* je približno 88%, medtem ko je pri angleškem različku učinkovitost le 25%. Odstotek učinkovitosti prenosa (88 %) se je ohranil pri psevdo-rekombinantnih RpRSV, ki so vsebovali RNA2 škotskega in RNA1 angleškega različka. Pri obratni kombinaciji RNA so ugotovili 29-odstotni prenos, kar je potrdilo hipotezo o vlogi RNA2. Podobne rezultate sta objavila tudi Harrison in Murant (1978) za TBRV in vrsto *L. elongatus*.

RNA2 kodira več virusnih proteinov, med drugimi tudi virusni plaščni protein (CP), ki v največji meri določa specifičnost prenosa, v ta proces pa so lahko vključeni tudi drugi virusni proteini. Raziskave z rekombinantnim virusom zgodnjega rjavaanja graha (PEBV) so pokazale, da je za njegov prenos poleg CP odgovoren še dodaten protein. Primerjava nukleotidnih zaporedij RNA2 dveh različkov PEBV, od katerih enega prenaša ogorčica *T. primitivus*, drugega pa ne, je pokazala razlike le v enajstih nukleotidih v 3374 bp dolgem fragmetu cDNA. Razlike med različkoma PEBV so bile v genu za 29 kDa protein, ki se nahaja tik za CP, kar kaže na to, da je za uspešen prenos tobravirushov potreben še dodaten pomožni protein (MacFarlane in Brown, 1995; MacFarlane in sod., 1995).

## 5.4.2 Mesta zadrževanja virusov in mehanizem prenosa

Virusi se z ogorčicami prenašajo na necirkulacijski način, kar pomeni, da se v prenašalcih ne razmnožujejo (nepropagativni način). Za učinkovit prenos virusov iz okužene v neokuženo rastlino mora biti zadoščeno določenim pogojem. Virusi vstopijo v telo ogorčice med njenim hranjenjem na okuženih koreninskih celicah, ki traja od nekaj minut do nekaj ur. Po vstopu v ogorčico se morajo virusi zadržati v prednjem delu prebavil in se kasneje, ko se ogorčica hrani na zdravi rastlini, sprostiti z mesta zadrževanja. Preko bodala se prenesejo neposredno v celice korenin. Virus se uspešno prenese, če gostiteljska celica preživi napad ogorčice in proces hranjenja, ali če preteče od napada ogorčice do propada celice dovolj časa, da se virus v celici razmnoži in premakne v sosednje gostiteljske celice. Vstop virusa v ogorčico ni specifičen proces, saj je mogoče v ogorčicah ugotoviti večje število virusov, tako prenosljivih kot tistih, ki jih ogorčice ne prenašajo. Zadnji se v ogorčici ne zadržijo in prehajajo naprej po prebavilih v črevo, kjer se razgradijo.



Slika 5.3: Mesta zadrževanja virusov pri ogorčicah rodov *Xiphinema*, *Longidorus* in *Trichodorus* (Taylor in Brown, 1997).

Mesta zadrževanja virusov v ogorčicah so bila določena s pomočjo raziskav z uporabo elektronske mikroskopije ter imunoloških metod, kot je imuno-fluorescenčno označevanje. Nepovirusi, ki jih prenašajo ogorčice, se zadržijo v prednjem delu prebavil, tj. lumnu požiralnika in odontoforja pri rodu *Xiphinema* (Taylor in Robertson, 1970; Brown in sod., 1995; Wang in sod., 2002) ter lumnu odontostileta in vmesnem prostoru med odontostiletom in steno pri rodu *Longidorus* (slika 10.3). Pri ogorčicah rodov *Thichodorus* in *Paratrichodorus* se virusi zadržujejo vzdolž celotnega ustnega aparata in požiralnika (Taylor in Brown, 1997).

Mehanizem zadrževanja virusov v ogorčicah je še neznan. Ni še znano, ali so za zadrževanje virusov v ogorčici odgovorni določeni proteini ali ogljikovi hidrati, ki so jih zaznali na mestih zadrževanja virusov in naj bi povezovali virusne proteine z notranjo povrhnjico prebavil ogorčice (Brown in sod., 1995). Ravno tako ni povsem pojasnjen mehanizem sprostitev virusov. Po nekaterih predpostavkah izločki požiralniških žlez, ki jih ogorčica izloči v rastlinsko celico pri ponovnem hranjenju ogorčice, vplivajo na spremembo pH v lumnu požiralnika. Spremenjen pH vpliva na spremembo ionskih nabojev virusnih CP, kar lahko povzroči sprostitev virusnih delcev z mesta zadrževanja (Brown in sod., 1995). Pri tobavirusu PEBV so raziskovalci ugotovili, da pri prenosu virusa sodeluje več virusnih proteinov. Pomembno vlogo pri sproščanju tega virusa naj bi imel pomožni protein virusne RNA2, ki naj bi z encimatsko funkcijo sodeloval v procesu sproščanja (Schmitt in sod., 1998), podobno kot pri potivirusih in listnih ušeh. Študije strukture virionov tobavirusov PEBV in virusa šelestenja listov tobaka (TRV) so pokazale prisotnost štrlečih peptidov na površini, ki bi lahko imeli vlogo pomožnih proteinov in sodelovali pri zadrževanju virusov.

### **5.4.3 Obstojnost virusov v ogorčicah**

Za prenos nepovirusov v naravi je pomembna obstojnost (perzistentnost) virusov v prenašalcih. Na splošno velja, da lahko ogorčice rodu *Xiphinema* zadržijo in prenajo nepoviruse precej dlje kot ogorčice rodu *Longidorus* (Taylor in Brown, 1997). Poskus z vrsto *X. americanum sensu stricto* in ToRSV je pokazal, da lahko ogorčice zadržijo in prenesejo virus na testne rastline tudi po dveh letih. Ogorčice so v zemlji brez gostiteljskih rastlin pri temperaturi 1–3 °C preživele do tri leta, vendar je njihovo število po drugem letu precej upadlo (Bitterlin in Gonsalves, 1986). Demangeat in sodelavci (2005) so dokazali, da je vrsta *X. index* sposobna preživeti in prenašati GFLV do štiri leta. V poskusu so uporabili zemljo iz vinograda, ki so ji odstranili tudi ostatke korenin vinske trte, saj bi ti lahko določen čas služili ogorčicam kot vir hrane. Število ogorčic v zemljii je po tem času upadlo za dva- do osemkrat, vendar so preživele ogorčice še vedno vsebovale virus. Z metodo RT-PCR so virus potrdili v ogorčicah, ki so jih izločali iz podvzorcev zemlje, shranjene pri temperaturah 7 in 20 °C, 6, 12, 18, 30, 36, 42 in 48 mesecev (Demangeat in sod., 2005).

Sproščanje virusov iz ogorčic poteka v začetni fazi hranjenja ogorčic in lahko traja nekaj tednov. Poskusi z gostiteljskimi rastlinami, ki ne omogočajo razmnoževanja GFLV, so pokazali, da lahko vrsta *X. index* prenaša virus do 12 tednov (Taylor in Brown, 1997), pri ogorčici *X. americanum sensu stricto* in TRSV pa je to obdobje še krajše in traja do tri tedne (Wang in sod., 2002). Obstojnost virusov v ogorčicah je odvisna od navzočnosti gostiteljskih rastlin, saj se virusi iz ogorčice sproščajo postopoma. Če ni gostiteljev, ogorčice preidejo v fazo mirovanja in se ne hranijo in razmnožujejo ter virus zadržijo daljše časovno obdobje.

### **5.4.4 Raziskave prenosa nepovirusov**

Ali je določena vrsta prenašalka rastlinskih virusov ali ni, je najprimernejše dokazovati z raziskavami na testnih rastlin. V taki raziskavi je treba zagotoviti, da so izključene vse druge možne poti prenosa in tako neposredno dokazati, da so ogorčice edini možni prenašalci. Pri raziskavah prenosa virusov z ogorčicami je obvezno zagotoviti naslednje (Trudgill in sod., 1983):

- virus in ogorčico je treba podrobno in pravilno določiti (pravilna identifikacija vrste) ob začetku in koncu vsake raziskave,
- potrebno je dokazati virusno okužbo v testnih rastlinah,
- poskus je treba izvajati z ročno izločenimi ogorčicami, kjer je treba dokazati, da je ogorčica edini možni prenašalec (neposredni prenos).

Izbira ustreznih testnih rastlin je odvisna od vrste virusa in ogorčice. Potrebno je zagotoviti, da je virus sposoben sistemsko okužiti testno rastlino ter da je testna rastlina primeren gostitelj za preučevano vrsto ogorčice. V poskusu je treba uporabljati sterilni substrat oz. pesek, kar zagotavlja izključitev drugih morebitnih prenašalcev. Ročno izločene ogorčice izpostavimo (suspenzijo ogorčic prelijemo v območje korenin) mehansko okuženim testnim rastlinam, ki zagotovijo ogorčicam vir virusov. Po določenem času ogorčice ločimo od mehansko okuženih testnih rastlin, jih ponovno ročno izločimo ter prestavimo na zdrave testne rastline, ki jih nato gojimo v enakih pogojih kot mehansko okužene. V tej fazi se virusi prenesejo na zdrave rastline med hranjenjem ogorčic. Nato ogorčice ponovno izločimo iz substrata, testne rastline presadimo v drugi substrat in jih gojimo do pojava sistemskih znakov virusne okužbe.

S takim postopkom smo na Kmetijskem inštitutu Slovenije prvič uspeli dokazati prenos virusa obročkaste pegavosti tobaka (TRSV) in virus obročkaste pegavosti paradižnika (ToRSV) s populacijo ogorčic rodu *Xiphinema* iz Evrope (Širca in sod., 2007). Raziskave prenosa nepovirusov z ogorčicami skupine *X. americanum* so pokazale, da imajo populacije ogorčic istih vrst različno sposobnost in učinkovitost prenosa posameznih nepovirusov (Brown in sod., 1994). Z raziskavo smo želeli ugotoviti, ali lahko populacija vrste *X. rivesi*, ki smo jo leta 2002 našli v Vipavski dolini (Urek in sod., 2003b) prenaša karantenske nepoviruse

TRSV in ToRSV, ki sta bila že večkrat ugotovljena tudi v Evropi. Kot kontrolo smo v testih uporabili še ArMV, ki ga ta vrsta ne prenaša. Na testnih rastlinah kumar v rastni komori smo ugotovili, da populacija *X. rivesi* iz Vipavske doline prenaša TRSV in ToRSV, ter potrdili, da ne prenaša ArMV. Prenos TRSV je bil dokazan na štirih od šestih testiranih rastlin, ToRSV pa na treh od štirih testiranih rastlin. Okuženost testnih rastlin s TRSV in ToRSV smo vrednotili na podlagi pojava sistemskih znamenj okužbe (Slika 5.4) in z ELISA-testi listov ter korenin, kjer smo ugotovili visoke koncentracije testiranih virusov.



**Slika 5.4:** Znamenja sistemске okužbe s TRSV na testnih rastlinah ob koncu raziskav prenosa s populacijo ogorčic *X. rivesi* iz Vipavske doline. (avtor S. Širca)

- Ayala, A., Allen, M. W., Noffsinger, E. M. 1970. Host range, biology, and factors affecting survival and reproduction of the stubby root nematode. *Journal of the Agricultural University of Puerto Rico* 54, 341–368.
- Bitterlin, M. V., Gonsalves, D. 1986. Persistence of tomato ringspot virus and its vector in cold stored soil. *Acta Horticulturae* 193, 199–124.
- Brown, D. J. F., Halbrendt, J. M., Jones, A. T., Vrain, T. C., Robbins, R. T. 1994. Transmission of tree North American nepoviruses by populations of four distinct species of the *Xiphinema americanum* Group. *Phytopathology* 84, 646–649.
- Brown, D. J. F., Robertson, W. M., Trudgill, D. L. 1995. Transmission of viruses by plant nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 33, 223–249.
- Coomans, A. 1975. Morphology of Longidoridae. V: Nematode vectors of plant viruses. Lamberti, F., Taylor, C. E., Seinhorst, J. W. (ur.). London, Plenum Press, 15–37.
- Coomans, A., Huys, R., Heyns, J., Luc, M. 2001. *Gharter Analyses, Phylogeny and Biogeography of the Genus Xiphinema Cobb, 1912 (Nematoda: Longidoridae)*. Tervuren, Belgium, Royal Museum for Central Africa, 240.
- Dalmasso, A. 1969. Etude anatomique et taxonomique des genres *Xiphinema*, *Longidorus* et *Paralongidorus* (Nematoda: Dorylaimidae). *Memoires du Museum National d'Historie Naturelle, Paris, Serie A (Zoologie)* 61, 33–82.
- Dalmasso, A. 1975. Cytogenetics and Reproduction in *Xiphinema* and *Longidorus*. V: Nematode vectors of plant viruses. Lamberti F., Taylor C. E., Seinhorst J. W. (ur.). London, Plenum Press, 139–152.
- Decramer, W., Robbins, R. T. 2007. The Who, What and Where of Longidoridae and Trichodoridae. *Journal of Nematology* 39, 295–297.
- Demangeat, G., Voisin, R., Minot, J. C., Bosselut, N., Fuchs, M., Esmeraud, D. 2005. Survival of *Xiphinema* index in Vineyard Soil and Retention of Grapevine fanleaf virus Over Extended Time in the Abscence of Host Plants. *Virology* 95, 1151–1156.
- Halbrendt, J. M., Brown, D. J. 1994. Inter- and Intraspecific Variation in Wild-type and Single Female-derived Populations of *Xiphinema americanum*-group Nematodes. *Journal of Nematology* 26, 212–221.
- Harrison, B. D., Murant, A. F., Mayo, M. A., Roberts, I. M. 1974. Distribution of determinants for symptom production, host range and nematode transmissibility between the two RNA components of raspberry ringspot virus. *Journal of General Virology* 22, 233–247.
- Harrison, B. D., Murant, A. F. 1978. Nematode transmissibility of pseudo-recombinant isolates of tomato black ring virus. *Annals of Applied Biology* 86, 209–212.
- Hewitt, W. B. 1950. Fanleaf – another vine disease found in California. *California State Department of Agricultural Bulletin* 43, 47–64.
- Hewitt, W. B., Raski, D. J., Goheen, A. C. 1958. Nematode vector of soil-borne virus of grapevines. *Phytopathology* 48, 586–595.
- Hržič, A. 1978. Prispevek k poznavanju nematofazne vino-gradniške zemlje v Sloveniji (*Xiphinema* spp.). *Zaščita bilja* 146, 387–396.
- Hunt, D. J. 1993. *Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae: Their Systematics and Bionomics*. Wallingford, CAB International, 352.
- Lamberti, F., Molinari, S., Moens, M., Brown, D. J. F. 2000. The *Xiphinema americanum* group. I. Putative species, their geographical occurrence and distribution, and regional polytomous identification keys for the group. *Russian Journal of Nematology* 8, 65–84.
- Mavrič, I., Viršček Marn, M., Širca, S., Urek, G. 2009. Biological, serological and molecular characterisation of Raspberry bushy dwarf virus from grapevine and its detection in the nematode *Longidorus juvenilis*. *European Journal of Plant Pathology* 123, 261–268.

- MacFarlane, S. A., Brown, D. J. F. 1995. Sequence comparison of RNA2 of nematode-transmissible and nemato-de-non-transmissible isolates of pea early-browning virus suggests that the gene encoding the 29 kDa protein may be involved in nematode transmission. *Journal of General Virology* 76, 1299–1304.
- MacFarlane, S. A. Brown, D. J. F. Bol, J. F. 1995. The transmission by nematodes of tobaviruses is not determined exclusively by the virus coat protein. *European Journal of Plant Pathology* 101, 535–539.
- Norton, D. C., Niblack, T. L. 1991. Biology and ecology of nematodes. V: *Manual of Agricultural Nematology*. Nickle W. R. (ur.). New York, Marcel Dekker Inc., 47–72.
- Prota, U., Bleve-Zacheo, T., Garau R., Lamberti, F. 1977. Studies on the life cycle of *Xiphinema index*. *Nematologia Mediteranea* 5, 329–333.
- Širca, S., Gerič Stare, B., Urek, G. 2006. Nematodes of *Xiphinema americanum* group from Slovenia. V: JONES, John (ur.). European Society of Nematologists XXVIII International Symposium : Blagoevgrad - Bulgaria, 5-9 June, 2006 : programme and abstracts : 50 years ESN. Sofia-Moscow: Pensoft, 146.
- Širca, S., Gerič Stare, B., Mavrič, I., Viršček Marn, M., Urek, G. 2007. First record of *Longidorus juvenilis* and *L. leptcephalus* (Nematoda: Dorylaimida) in Slovenia and their morphometrical and ribosomal DNA sequence analysis. *Russian journal of nematology* 15, 1–8.
- Širca, S., Urek, G. 2009. Morphological and molecular characterization of six *Longidorus* species (Nematoda: Longidoridae) from Slovenia. *Russian journal of nematology* 17, 95–105.
- Širca, S., Urek, G., Lazarova, S., Elshishka, M., Peneva, V. 2011. *Longidorus carniolensis* sp. n. (Nematoda, Longidoridae) from vineyard soil in Slovenia. *ZooKeys*, 141, 1–27.
- Taylor, C. E., Robertson, W. M. 1970. Sites of virus retention in the alimentary tract of the nematode vectors, *Xiphinema diversicaudatum* (Micol.) and *X. index* (Thorne and Allen). *Annals of Applied Biology* 66, 375–380.
- Taylor, C. E., Brown, D. J. F. 1997. Nematode vectors of plant viruses. Wallingford, CAB International, 286s.
- Trudgill, D. L., Brown, D. J. F., McNemara, D. G., 1983. Methods and criteria for assessing the transmission of plant viruses by longidorid nematodes. *Revue Nematology* 6, 133–141.
- Urek, G., Širca, S., Karssen, G. 2003. A review of plant-parasitic and soil nematodes in Slovenia. *Nematology* 5, 391–403.
- Urek, G., Širca, S., Karssen, G., Kox, L. 2003. First report of the dagger nematode *Xiphinema rivesi*, a member of the X. americanum Group, from Slovenia. *Plant Disease* 87, 100.
- Weischer, B. 1975. Ecology of *Xiphinema* and *Longidorus*. V: *Nematode vectors of plantviruses*. Lamberti F., Taylor C. E., Seinhorst J. W. (ur.). London, Plenum Press, 291–307.
- Wang, S. H., Gergerich, R. C., Wickizer, S. L., Kim, K. S. 2002. Localization of transmissible and nontransmissible viruses in the vector nematode *Xiphinema americanum*. *Phytopathology* 92, 646–653.



# 6 PRENOS VIRUSOV Z GLIVAMI IN GLIVAM PODOBNIMI ORGANIZMI

**Alenka Munda**

Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, Ljubljana

6.1

UVOD

Raziskave specifičnih prenašalcev virusov iz skupine gliv in glivam podobnih organizmov so se začele leta 1958, ko so ugotovili, da je gliva *Olpidium brassicae* povezana s pomembno virusno boleznijo, klorozo listnih žil solate (Campbell, 1962). Danes je znanih pet vrst gliv oz. glivam podobnih organizmov, za katere je bilo nedvoumno ugotovljeno, da lahko prenašajo in širijo viruse z rastline na rastlino.

Glivni prenašalci virusov so talni organizmi, ki sodijo v različne taksonomske skupine. Glivi *Olpidium brassicae* in *O. bornovanus* pripadata družini *Olpidaceae*, vrste *Polymyxa graminis* in *P. betae* ter *Spongopora subterranea* pa skupini *Plasmodiophorida*. Taksonomski položaj organizmov iz skupine *Plasmodiophorida* je zapleten in kljub številnim raziskavam še vedno precej negotov. Na podlagi molekularnih študij so ugotovili, da ni bližje sorodna niti pravim glivam niti oomicetam (Dick, 2001). Sedaj jo obravnavajo kot samos-

tojno taksonomsko enoto in uvrščajo v skupino *Cercozoa* ter nadskupino *Rhizaria* (Cavalier-Smith in Chao, 2003). Skupina *Plasmodiophorida* obsega deset rodov, med katerimi so za kmetijstvo pomembni predvsem *Polymyxa*, *Spongopora* in *Plasmodiophora*. Ti vključujejo poleg patogenov, kot sta povzročiteljici golšavosti kapusnic (*Plasmodiophora brassicae*) in prašnate krastavosti krompirja (*Spongopora subterranea*), tudi vrste, ki same po sebi ne povzročajo škode na kmetijskih rastlinah, pomembne pa so kot prenašalke virusnih bolezni.

Kljub skromnemu številu prenašalcev iz skupine gliv in glivam podobnih organizmov pa je število virusov in virusnih bolezni, ki se razširjajo z njihovo pomočjo, razmeroma veliko. Znanih je preko trideset virusov, ki imajo prenašalce iz te skupine. Med njimi so tudi povzročitelji gospodarsko zelo pomembnih bolezni, kot so rizomanija pri sladkorni pesi, klorozo listnih žil solate ter viroze žit in krompirja.

6.2

PRENAŠALCI VIRUSOV IZ SKUPINE GLIV IN GLIVAM PODOBNIH ORGANIZMOV

## 6.2.1 Rod *Olpidium*

Rod *Olpidium* uvrščamo v družino *Olpidiaceae*. Vsebuje dve vrsti: *Olpidium bornovanus* (bolj znana pod sinonimom *O. radicale*) in *O. brassicae*. Obe sta obligatni parazitski glivi, ki živita v koreninah številnih rastlinskih vrst. Povzročita lahko propadanje korenin ter padavico kalčkov kapusnic in nekaterih drugih rastlin, vendar sta gospodarsko pomembni predvsem kot prenašalci rastlinskih virusov. Prenašata številne pomembne viruse, ki pripadajo družini *Tombusviridae* (Tabela 6.1). Glivi sta si po morfoloških značilnostih in ekologiji zelo podobni. Manjše

razlike najdemo le v obliki in velikosti trajnih trosov ter spektru gostiteljskih rastlin posamezne vrste (Campbell, Sim, 1994). Živita večinoma v koreninah križnic (*Brassicaceae*), trav (*Poaceae*) in bučevk (*Cucurbitaceae*) (Campbell, Sim 1994). Med njune gostitelje sodijo tudi solata, tobak ter nekatere vrste iz rodov *Linum*, *Plantago*, *Veronica* in *Solanum*. Med zadnjimi so številni pleveli, ki lahko služijo kot stalen vir okužbe za gojene rastline. Varstvo pred virusnimi boleznimi, ki jih prenašata glivi, pa otežujejo tudi trajni trosi, ki se v tleh dolgo obdržijo in ostanejo infektivni tudi do 20 let (Campbell, 1958).

V svojem razvojnem ciklu glivi oblikujeta zoospore z enim bičkom, večjedrni plazmodij in trajne trose. Zoospore se oprimejo površine epidermalnih celic korenin, izgubijo biček, se preoblikujejo v cisto in prodrejo v gostitelja, pri čemer njihova citoplazma skozi papilo preide v gostiteljsko celico. Tam se oblikuje plazmodij, ki je od citoplazme gostitelja sprva ločen le s tanko membrano, kasneje pa oblikuje celično steno in se pretvori v sporangij z zoosporami, ki izplavajo v okolico korenin. V generativni fazi se v plazmodiju oblikujejo trajni trosi. Ti imajo debelo celično steno, so dolgoživi ter glivama omogočijo preživetje v neprimernih razmerah in ob odsotnosti gostiteljev.

Izolati gliv iz rodu *Olpidium* so največkrat ozko specializirani na svoje gostitelje, zato navzkrižne okužbe z izolati iz različnih gostiteljev le redko uspejo. Tako npr. izolati glive *O. brassicae* iz križnic ne morejo okužiti solate, oni iz solate pa ne križnic, čeprav so si po morfoloških značilnostih zelo podobni (Garrett in Tomlinson, 1967). V splo-

šnem ugotavlja, da so izolati glive *O. brassicae*, ki izvirajo iz solate, zmožni okužiti veliko večje število različnih gostiteljev kot izolati iz križnic in žit. Pojav fiziološke specializacije je značilen tudi za vrsto *O. bornovanus*. Pri tej so identificirali tri različke, ki so specializirani na kumare, buče in melone (Campbell in Sim, 1994). Od izvora oz. specializiranosti izolata pa je odvisen tudi uspeh prenosa posameznih vrst virusov. Izolati glive *O. bornovanus* iz kumar in melon prenašajo CLSV (virus raskavosti listov kumare) in SqNV (Squash necrosis virus), ne pa tudi virusa CSBV (Cucumber soilborne virus); izolati iz buč prenašajo CSBV (s prstjo prenosljivi virus kumare) in SqNV (squash necrosis virus), ne morejo pa prenašati virusa CLSV (virus pegavosti listov kumare) (Campbell in sod., 1995). Podobno tudi pri vrsti *O. brassicae* nekateri izolati, npr. tisti iz solate, uspešno prenašajo virus nekroze tobaka (TNV), medtem ko so izolati iz ovsja, melon in križnic pri prenosu tega virusa manj učinkoviti ali pa celo neučinkoviti (Campbell in sod., 1995)

**Tabela 6.1:** Virusi, ki jih prenašajo glive iz rodu *Olpidium* (povzeto po Rochon in sod., 2004)

Vektor	Virus	Akronim
<i>O. bornovanus</i>	virus nekroze kumar virus pegavosti listov kumare Cucumber soilborne virus virus nekrotične raskavosti melone Squash necrosis virus virus nekrotičnega mozaika črne detelje	CNV CLSV CSBV MNSV SQNV RCNMV
<i>O. brassicae</i>	Chenopodium necrosis virus Lisianthus necrosis virus virus nekroze tobaka A virus nekroze tobaka D Mirafiori lettuce virus virus nežne lisavosti in mozaika tulipana Freesia leaf necrosis virus z velikimi žilami solate povezani virus virus obročkavosti in nekroze solate Tobacco stunt virus	ChNV LNV TNV-A TNV-D MiLV TMMMV FLNV LBVaV LRNV L TSV

## 6.2.2 Rod *Polomyxa*

Rod *Polomyxa* uvrščamo v skupino *Plasmodiophorida*. Vsebuje dve vrsti: *Polomyxa betae* in *P. graminis*. Imata različne gostitelje: *P. betae* večinoma metlikovke (Chenopodiaceae), *P. graminis* pa trave in žita (Poaceae). Na okuženih rastlinah ne

povzročata poškodb, pomembni pa sta kot prenašalki številnih nevarnih rastlinskih virusov. Vsega skupaj je danes znanih 19 virusov iz petih rodov (*Bymovirus*, *Furovirus*, *Peclovirus*, *Benyvirus*, *Pomovirus*), ki se razširjajo z njuno pomočjo.

**Tabela 6.2:** Virusi, ki jih prenašajo vrste iz rodu *Polomyxa* (povzeto po Rochon in sod., 2004)

Prenašalec	Virus	Akronim
<i>P. graminis</i>	virus blagega mozaika ječmena virus rumenega mozaika ječmena virus mozaika ovsu virus nekroze in mozaika riža virus vretenaste progavosti in mozaika pšenice virus rumenega mozaika pšenice indijski virus zavrte rasti arašida virus zavrte rasti arašida kitajski virus mozaika pšenice virus zlate črtavosti ovsu virus črtavosti riža s prstjo prenosljivi virus mozaika žitaric s prstjo prenosljivi virus mozaika pšenice Aubian wheat mosaic virus virus klorotične pegavosti sirka	BaMMV BaYMV OMV RNMV WSSMV WYMV IPCV PCV CWMV OGSV RSV SBCMV SBWMV AWMV SrCSV
<i>P. betae</i>	virus nekroze in rumenjenja žil pese s prstjo prenosljivi virus mozaika pese s prstjo prenosljivi virus pese virus Q pese	BNYVV BSBMV BSBV BVQ

Vrsta *P. betae* je v kmetijskih zemljiščih zelo pogosta in naseljuje korenine sladkorne pese ter številnih drugih rastlin. Ne povzroča gospodarske škode, pomembna pa je kot prenašalka virusa BNYVV, ki povzroča rizomanijo pri sladkorni pesi. Znanih je več biotipov glive, ki se razlikujejo po gostiteljskem spektru; manj specializirani okužijo večino vrst iz družine metlikov, bolj specializirani pa le posamezne rodove (npr. rod *Beta*) ali celo posamezno vrsto (npr. beli slizek iz družine klinčnic). Domnevajo, da lahko BNYVV (virus nekroze in rumenjenja žil pese) prenašajo različki, ki okužijo sladkorno peso, špinačo in mnohosemensko metliko (*Chenopodium polysperum*) (Hugo in sod., 1996).

Vrsta *P. graminis* naseljuje korenine pšenice, ječmena, riža, ovsu, rži, koruze in sirka ter številnih trav iz rodov *Agrostis*, *Dactylis*, *Festuca*, *Poa* in *Phleum* (Kanyuka in sod., 2003). Zadnje lahko služijo kot rezervoarji za okužbo žit, čeprav ni podrobnejše znano, kako pogoste in uspešne so navzkrižne okužbe z izolati iz različnih gostiteljev. Ugotavlja, da so izolati iz pšenice in ječmena uspešnejši pri okužbi gostiteljev, iz katerih so izolirani, oboji pa le redko okužijo oves (Adams in Jacquer, 1994). Z molekularnimi raziskavami so znotraj vrste *P. graminis* identificirali več dobro ločenih podskupin in jih na podlagi njihovega gostiteljskega spektra, ekoloških značilnosti ter geografske razširjenosti opisali kot specializirane oblike *temperata*, *tropicalis*, *subtropicalis* in *columbiana* (Legrèvre in sod., 2002).

Vrsti iz rodu *Polymyxa*, pa tudi drugi predstavniki skupine *Plasmodiophorida*, v svojem razvojnem ciklu oblikujejo zoospore z dvema različno dolgima bičkoma, večjedrni plazmodij ter dolgožive in odporne trajne trose. Značilna zanje je tudi nenavadna, t. i. križna oblika delitve celičnega jedra (Braselton, 1995). V razvojnem ciklu teh organizmov se izmenjujeta dve razvojni obliki: sporangij-ska, pri kateri nastanejo zoospore, in sporogena, pri kateri nastanejo trajni trosi. Obe se pričneta s pritrdirtvijo zoospore na površino celične stene in njenim prodom v epidermalne celice korenin ter koreninske laske gostitelja. Pri tem se zoospora preoblikuje v cisto, v njeni notranjosti nastane cevastemu bodalu podobna struktura, ki skupaj z vsebino zooosopre skozi apresorij preide v celico gostitelja (Aist in Williams, 1971). V celici se oblikuje večjedrni plazmodij, iz katerega se razvije sporangij, v njem pa sekundarne zoospore, ki naselijo sosednje celice ali pa izplavajo iz korenin. Iz njih se znova oblikujejo sporangiji in nova generacija sekundarnih zoospor ali pa sporogeni plazmodij ter trajni trosi. Ni znano, kateri dejavniki vplivajo na oblikovanje ene ali druge razvojne oblike. Pogosto najdemo obe vrsti plazmodijev v isti celici, zlasti v začetnih stopnjah okužbe. Sporangjski in sporogeni plazmodij sta si sprva zelo podobna, kasneje pa je sporogeni plazmodiji večji in pogosto zapolni vso celico. Nezreli trajni trosi so oglate oblike, ko dozorijo pa so zaobljeni, z večplastno celično steno. Navadno so združeni v cistosorije, ki vsebujejo 4–300 trajnih trosov. V tleh se lahko obdržijo več deset let preden v primernem okolju vzkalijo in sproščajo primarne zoospore.

**Tabela 6.3:** Virusi, ki jih prenašajo vrste iz rodu *Spongospora*

Prenašalec	Virus	Akrоним
<i>S. subterranea</i> f. sp. <i>subterranea</i>	virus mop-top krompirja	PMTV
<i>S. subterranea</i> f. sp. <i>nasturtii</i>	Watercrest yellow spot virus	WYSV
<i>S. campanulae</i>	-	-
<i>S. cotulae</i>	-	-

### 6.2.3 Rod *Spongospora*

Rod sodi v skupino *Plasmophorida* in ima štiri predstavnike. Za kmetijstvo sta pomembna zlasti *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* in *S. subterranea* f. sp. *nasturtii*, ki okužita krompir in navadno vodno krešo. *S. subterranea* f. sp. *subterranea* povzroča prašno krastavost krompirja. Bolezni izvira iz Amerike in je razširjena v vseh pridelovalnih območjih krompirja v Evropi. Pri nas ne povzroča večje gospodarske škode. Pogosteje se pojavi v hladnejših in bolj vlažnih predelih z obilnimi padavinami v začetku rastne dobe (povzeto po Maček, 1987). Na okuženih gomoljih se sprva pojavijo svetli okroglasti mehurčki, v katerih je rjav prah, kasneje pa krastave vdolbine.

Poleg zmanjšanja tržne vrednosti pridelkov, sta *S. subterranea* f. sp. *subterranea* in *S. subterranea* f. sp. *nasturtii* pomembni tudi kot prenašalki virusov. *S. subterranea* f. sp. *subterranea* prenaša PMTV (virus mop-top krompirja), ki zlasti v hladnejših območjih povzroča kržljavost in klorozo rastlin ter pokanje gomoljev (Jones in Hanson, 1969). *S. subterranea* f. sp. *nasturtii* pa je prenašalka WYSV (Watercrest yellow spot virus), ki okuži navadno vodno krešo (Walsh in sod., 1989).

Vrsti *S. campanulae* in *S. cotulae* okužita nekatere divje in gojene rastline iz rodov *Campanula* in *Cotula* ter nista gospodarsko pomembni.

V razvojnem ciklu predstavnikov rodu *Spongospora* se izmenjujeta sporogena in sporangijska faza, tako kot pri zgoraj opisanih vrstah rodu *Polymyxa*. V obeh primerih se v okuženem tkivu oblikuje enojedrni plazmodij. Po delitvi jeder se v sporogenem plazmodiju oblikujejo sporošoriji. Ti so jajčaste do nepravilne oblike in vsebujejo klobčiče trajnih trosov (glomerule). Trajni trosi so poliedrične oblike z debelo celično steno, odporni in dolgoživi. V tleh se obdržijo tudi do pet let. V primerno vlažnih in ogretih tleh se iz njih razvijejo zoospore, ki okužijo korenine, gomolje in druge

podzemne dele gostitelja, v sporangijski fazi pa se iz sporangijskega plazmodija razvije sporangij s sekundarnimi zoosporami, ki izplavajo in začno nov cikel okužb gostiteljskih celic. Vsi predstavniki rodu *Spongospora* so obligatni paraziti in lahko žive le v živem tkivu gostitelja. Razlikujejo se po obliki, barvi in velikosti sporošorija. Sporošorij navadno vsebuje 500–1000 trajnih trosov. Primarne in sekundarne zoospore merijo 3,5–4,5 µm in imajo dva bička. Sporangiji, v katerih nastajajo, pa so različnih oblik, posamični ali združeni v sporangiosorije.

## 6.3

### MEHANIZMI PRENOSA VIRUSOV Z GLIVAMI IN GLIVAM PODOBNIMI ORGANIZMI

Znani sta dve vrsti prenosa virusov z glivnimi in glivam podobnimi prenašalcji. Razlikujeta se po načinu pridobitve virusa in razporeditvi virusnih delcev v prenašalcu.

Pri tako imenovanem prenosu *in vitro* se virusni delci specifično vežejo na površino zoospor. Pri tem so vključeni receptorji na celični steni zoospore in v plaščnem proteinu virusa. Ko zoospore izgubijo biček in se preoblikujejo v ciste ter prodrejo v korenine gostitelja, preidejo adsorbirani virusni delci iz zoospor v citoplazmo epidermalnih celic gostiteljske rastline (Temmink in sod., 1970). Ta način prenosa je značilen za viruse iz družine Tombusviridae, ki jih prenašajo glive iz rodu *Oligidium*.

Pri drugi vrsti prenosa, tako imenovanem prenosu *in vivo*, virusni delci preidejo v prenašalca med njegovim razvojem v okuženem gostitelju. Naselijo plazmodij, sporangije in zoospore, pa tudi trajne trose. Navzočnost virusov v trajnih trosih vektorjev pomembno vpliva na epidemiologijo bolezni, saj virusom omogoči zelo dolgo preživetje. Varstvo pred boleznimi je zato težje, saj s kolobarjem in fumigacijo tal ne moremo preprečiti širjenja okužb. Poglavitni varstveni ukrep je gojenje odpornih sort, pojav in jakost bolezni pa je mogoče zmanjšati tudi z izbiro in izboljšanjem razmer v rastišču.

Prenos *in vivo* je pogost pri glivi *O. brassicae* in predstavnikih skupine *Plasmodiophorida*. Med najpomembnejšimi virusi, ki sodijo v to skupino, so: LBVaV (z velikimi žilami solate povezani virus), ki ga prenaša gliva *O. brassicae*, SBWMV (s prstjo prenosljivi virus mozaika pšenice) in BaMMV (virus blagega mozaika ječmena), ki ju prenaša gliva *P. graminis*, ter BNYVV (virus nekroze in rumeneњa žil pese), ki ga prenaša gliva *P. betae*. Ti virusi so navzoči v sporangijih in zoosporah prenašalca že ob njihovem nastanku, vsebnost virusnih delcev v prenašalcu pa je zelo različna. Tako so na primer LBVaV ugotovili kar v dobrini polovici pregleđanih sporangijev (Lin in sod., 1970), BaMM pa le v približno enem odstotku zoospor (Chen in sod., 1991). Ni še povsem znano, kako virus preide v citoplazmo gostiteljske celice. Najverjetnejše pride do prenosa, ko zoospore okužijo gostitelja in njihova vsebina preide v celice gostitelja, virus pa lahko preide v celice gostitelja tudi iz sporogenega plazmodija, ki ga od gostiteljeve citoplazme loči le tanka membrana. Domnevajo, da se virus v prenašalcu ne more razmnoževati, zato je vsebnost virusnih delcev v vsaki naslednji generaciji prenašalca manjša (Adams in sod., 1987).

#### 6.4.1 Kloroza listnih žil solate

Bolezen povzroča združevanje in bledenje listnih žil, deformacije in kodranje listov ter zapozneno oblikovanje glav, ki se ne razvijejo do polne velikosti. Nastane lahko precejšnja gospodarska



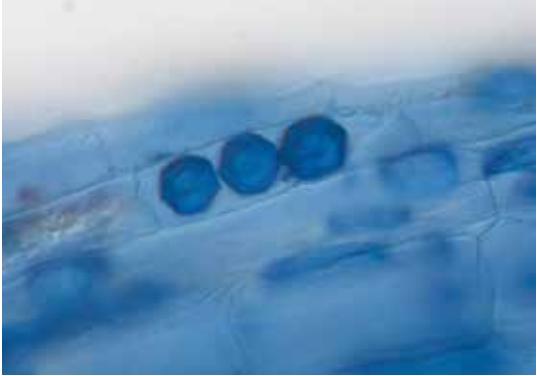
škoda, saj je delež tržno uporabnih glav znatno manjši. Kloroza listnih žil solate je razširjena v vseh pridelovalnih območjih solate. Pri nas smo jo prvič zaznali leta 2009, na solati v rastlinjakih in na prostem (Mavrič Pleško in sod., 2009).



*Slika 6.1: Kloroza listnih žil solate – znamenja bolezni (avtor I. Mavrič Pleško)*

Etiologija bolezni je bila predmet številnih raziskav vse od njenega prvega pojava leta 1934 (Jaeger in Chandler, 1934). Sprva so domnevali, da jo povzroča neznani virus, ki okuži korenine solate, nato so bolezen pripisali okužbi z glivo *O. brassicaceae*, brez sodelovanja virusa, leta 1962 pa dokončno potrdili, da gre za virusno bolezen, katere povzročitelj je LBVaV (Campbell, 1962). Campbell (1962) je ugotovil, da virus prenaša gliva *O. brassicaceae* in raziskal način prenosa. Ugotovili je, da gre za prenos *in vivo*, pri katerem prenašalec pridobi virus med svojim vegetativnim razvojem v koreninah obolelih rastlin. Zoospore, ki se v kasnejši fazi razvoja sprostijo iz trosovnikov, vsebujejo virusne delce, in jih ob okužbi prenesejo na zdrave korenine. Virus preide tudi v trajne trose svojega prenašalca. Trajni trosi imajo debele celične stene ter so mnogo bolj odporni in dolgoživi kot vegetativni trosovni ali zoospore. Skupaj s trajnimi trosi se tudi virus obdrži v zemlji vrsto let, kljub neugodnim rastnim razmeram in odsotnosti gostiteljskih rastlin.

Raziskovalno zanimanje za klorozo listnih žil solate je znova oživilo leta 2000, ko so Roggero in sodelavci (2000) ugotovili, da se v obolelih rastlinah ne pojavlja le LBVaV, ki sodi v rod *Varicosavirus*, temveč tudi MiLV (Mirafiori lettuce virus), sedaj imenovan virus Mirafiori velikih žil solate (MiLBVV), ki pripada rodu *Ophiovirus*. Navzočnost zadnjega so potrdili tudi v herbariziranih trajnih trosih glive *O. brassicaceae* iz leta 1990. Na podlagi teh ugotovitev so sklepali, da je bil MiLBVV v obolelih rastlinah navzoč, a prezrt vse od prvega pojava bolezni letu 1934. Pomen obeh virusov, LBVaV in MiLBVV, v etiologiji kloroze listnih žil solate so podrobno proucili Lit in sodelavci (2002). Ugotovili so, da imata oba virusa istega prenašalca – glivo *O. brassicaceae*. Tudi mehanizem prenosa je v obeh primerih enak ter poteka *in vivo*. Oba virusa je mogoče mehansko prenesti na druge zelnate rastline (*Nicotiana clelandii*, *N. occidentalis* in *N. benthamiana* ter *Chenopodium quinoa*), vendar število uspešnih prenosov ni neomejeno, saj sčasoma oba virusa izgubita sposobnost vektorskega prenosa, MiLBVV pa postopoma izgubi patogenost oz. zmožnost povzročitve bolezenskih znamenj.



Slika 6.2: Trajni trosi glice *O. brassiceae* v celicah gostitelja (avtor M. Žerjav)

Lot in sodelavci (2002) so z umetnimi inokulacijami solate z virusom MiLBVV uspeli izzvati pojav značilnih bolezenskih znamenj, medtem ko okužba z LBVaV ni povzročila bolezni in ni vplivala na izid okužbe z MiLBVV. Tudi študija etiologije bolezni, ki so jo v Franciji opravili Roggero in sodelavci (2003), je potrdila domnevo, da je MiLBVV pravi povzročitelj kloroze listnih žil solate, medtem ko navzočnost LBVaV ne vpliva na pojav bolezni. Pogoste so tudi mešane okužbe z obema virusoma, vendar med njima ni sinergističnega delovanja. Podobno povezavo med obema povzročiteljema bolezni so dognali tudi v raziskavi kloroze listnih žil solate, ki so jo v Sloveniji opravili Mavrič in sodelavci (2009): pri večini obolelih rastlin so ugotovili navzočnost obeh virusov, pri dveh pa le virus MiLBVV, ter potrdili, da je pojav bolezenskih znamenj povezan z virusom MiLBVV.

#### 6.4.2 Rizomanija

Rizomanija ali bradatost korena pese prizadene peso (*Beta vulgaris*) ter vse njene podvrste in kultivirane oblike. Razširjena je v večini pridelovalnih območij sladkorne pese in povzroča znatno gospodarsko škodo. V zadnjih letih prejšnjega stoletja smo bolezen potrdili tudi pri nas. Najbolj izrazita znamenja bolezni so gosto razvezjene in deloma nekrotične drobne korenine. Koren je zožen, na prerezu je pogosto vidno rjavenje prevodnih tkiv. Listi so bledo zelene do rumene barve, z nekrozami vzdolž listnih žil. Pogoste so tudi latente okužbe brez vidnih bolezenskih znamenj.

Bolezen povzroča BNYVV, katerega prenašalec je *Polymyxa betae*. Ta se na manjše razdalje širi s pomočjo sporangijev in zoospor. V vlažni zemlji in ob zmernih temperaturah lahko zoospore okužijo sosednje rastline v radiusu enega metra. Ob odsotnosti okuženih gostiteljskih rastlin je razširjanje prenašalca odvisno od trajnih trosov. Ti ob spravilu pridelka pridejo v zemljo, s premikanjem zemlje (obutev, živali, stroji in orodje), z vetrom in namakalno vodo pa se lahko raznesajo na druga rastišča. So izredno dolgoživi in se ohranijo celo 20–30 let. BNYVV lahko okuži vse razvojne oblike prenašalca (plazmodije, zoospore, cistosorije in trajne trose).

Namen raziskave, ki smo jo leta 2001 opravili na Kmetijskem inštitutu Slovenije, je bil ugotoviti, ali so trajni trosi prenašalca navzoči tudi v odpadni vodi, ki so jo pri predelavi sladkorne pese v tedaj še delujoči tovarni sladkorja v Ormožu izpuščali v bližnji potok. Iz potoka bi se trajni trosi lahko razširili na še neokužene pridelovalne površine sladkorne pese.

Vzorce za laboratorijsko analizo smo odvzeli v različnih fazah čiščenja odpadne vode: iz usedalnega bazena (plavna voda), iz vodnih bazenov, v katerih je potekal anaerobnem razkrojni proces, ter pri izlivu očiščene vode iz aerobne čistilne naprave v potok. Odvzeli smo tudi vzorce zgoščenega mulja, t. i. povratnega mulja iz prezračevalnika čistilne naprave, in sedimentacijski mulj iz usedalnega bazena. Za kvantitativno oceno navzočnosti trosov v odpadni vodi smo uporabili biotični test, pri katerem smo testne rastline pese izpostavili okužbi s *P. betae* (Beemster, Heij, 1987). Uporabili smo sorto kristal, ki je občutljiva tako na okužbo s *P. betae* kot na BNYVV. Mlade testne rastline smo nekaj dni inkubirali v vzorcih odpadne vode in zgoščenega mulja, ki smo jih pred tem segregirali na 40 °C, da bi spodbudili kalitev cistosorijev in sproščanje zoospor, ki opravijo okužbo korenin. Po okužbi smo testne rastline posadili v sterilni kremenčev presek. Po petih tednih smo vzdolžne prereze korenin obarvali z barvilm tripan modro in pregledali pod mikroskopom (pov. 400-krat). Analizirali smo po sto sadik na vzorec in izračunali delež okuženih rastlin.

V vseh pregledanih vzorcih smo potrdili navzočnost vektorja *P. betae*. Število okuženih rastlin se je pri različnih stopnjah čiščenja vode le malo razlikovalo, znatno manjše pa je bilo v vzorcu očiščene vode (Tabela 6.4). Pri mikroskopskem pregledu korenin smo le redko odkrili trajne trose. Večinoma smo v celicah videli plazmodije, zoosporangije in zoospore. Plazmodij je podolgovat, dolg do 200 µm in širok 10–40 µm, v njem se oblikujejo zoosporangiji in zoospore. Zadnje so ovalne do ameboidne, velike 4–5 µm in imajo dva bička. Trajni trosi so različnih oblik, v premeru merijo do 7 µm, so temno rjavi in združeni v cistosorije, ki vsebujejo 4–300 trajnih trosov. V največjem številu smo naštete razvojne oblike glive *P. betae* opazili v drobnejših stranskih koreninah in koreninskih laskih.

Rezultati poskusa so pokazali, da je postopek bio-remediacije odpadne vode v veliki meri odstranil tudi trajne trose vektorja, saj se je v času čiščenja njihova vsebnost zmanjšala za 59 %. V vodi, ki so jo iz tovarne izpustili v potok, so bili trajni trosi sicer še navzoči, ne vemo pa, ali so vsebovali BNYVV.

**Tabela 6.4:** Vsebnost trosov glive *P. betae* v odpadni vodi in mulju

Stopnje čiščenja vode	Delež okuženih testnih rastlin
Plavna voda	92 %
Vodni bazen (vzorec št. 1)	77 %
Vodni bazen (vzorec št. 2)	75 %
Vodni bazen (vzorec št. 3)	84 %
Vodni bazen (vzorec št. 4)	77 %
Očiščena voda	33 %
Povratni mulj	69 %
Sedimentacijski mulj	-*

\* Vse rastline, ki smo jih gojili v sedimentacijskem mulju, so propadle že med inkubacijo.

Iz rezultatov serološkega testiranja, ki je pokazalo, da so bile z virusom okužene samo testne rastline, ki smo jih gojili v povratnem mulju, rastline iz vodnih bazenov in očiščene vode pa ne, smo sklepal, da trajni trosi v očiščeni vodi ne predstavljajo večje nevarnosti za širjenje bolezni.

## 5.5

## UPORABLJENA IN CITIRANA LITERATURA

Adams, M. J., Jacquier, C. 1994. Infection of cereals and grasses by isolates of *Polymyxa graminis* (Plasmodiophorales). *Ann. Appl. Biol.* 125, 53–60.

Adams, M. J., Jones, P., Swaby, A. G. 1987. The effect of cultivar used as host for *Polymyxa graminis* on the multiplication and transmission of barley yellow mosaic virus (BaYMV). *Ann. Appl. Biol.* 110, 321–327.

Aist, J. R., Williams, P. H. 1971. The cytology and kinetics of cabbage root hair penetration by *Plasmodiophora brassicae*. *Can. J. Bot.* 49, 2023–2034.

Beemster, A. B. R., Heij, A. de 1987. A method for detecting *Polymyxa betae* and beet necrotic yellow vein virus in soil using sugar-beet as a bait plant. *Neth. J. Pl. Path.* 93, 91–93.

Braselton, J. P. 1995. Current status of the plasmodiophorids. *Crit. Rev. Microbiol.* 21, 263–275.

Campbell, R. N. 1958. Longevity of *Olpidium brassicae* in air-dry soil and the persistence of the lettuce big-vein agent. *Canadian Journal of Botany* 63, 2288–2289.

Campbell, R. N. 1962. Role of *Olpidium* in the transmission of big vein disease of lettuce. *Nature* 2825, 249–250.

Campbell, R. N., Sim, S. T. 1994. Host specificity and nomenclature of *Olpidium bornovanus* (= *Olpidium radicale*) and comparisons to *Olpidium brassicae*. *Can.J. Bot.* 72, 1136–43.

Campbell, R. N., Sim, S. T., Lecoq, H. 1995. Virus transmission by host-specific strains of *Olpidium bornovanus* and *Olpidium brassicae*. *European Journal of Plant Pathology* 101, 273–282.

Cavalier-Smith, T., Chao, E. E.-Y. 2003. Phylogeny and classification of phylum Cercozoa (Protozoa). *Protist* 154, 341–358.

- Chen, J., Swaby, A. G., Adams, M. J., Ruan, Y. 1991. Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. *Ann. Appl. Biol.* 118, 615–621.
- Dick, M. W. 2001. *Straminipilous Fungi. Systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 670s.
- Garrett, R. G., Tomlinson, J. A. 1967. Isolate differences in *Olpidium brassicae*. *Transactions of the British Mycological Society* 50, 429–435.
- Hugo, S. A., Henry, C. M., Harju, V. 1996. The role of alternative hosts of *Polymyxa betae* in transmission of beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in England. *Plant Pathology* 45, 662–666.
- Jagger, I. C., Chandler, N. 1934. Big vein, a disease of lettuce. *Phytopathology* 24, 1253–1256.
- Jones, R. A. C., Harrison, B. D. 1969. The behavior of potato mop-top virus in soil and evidence for its transmission by *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. *Ann. appl. Biol.* 63, 1–17.
- Kanyuka, K., Ward, E., Adams, M. J. 2003. *Polymyxa graminis* and the cereal viruses it transmits: a research challenge. *Molecular plant pathology*, 4, 393–406.
- Legrave, A., Delfosse, P., Maraite, H. 2002. Phylogenetic analysis of *Polymyxa* species based on nuclear 5.8S and internal transcribed spacers ribosomal DNA sequences. *Mycol. Res.* 106, 138–147.
- Lin, M. T., Campbell, R. N., Smith, P. R., Temmink, J. H. M. 1970. Lettuce big-vein virus transmission by single sporangium isolates of *Olpidium brassicae*. *Phytopathology* 60, 1630–34.
- Lot, H., Campbell, R. N., Souche, S., Milne, R. G., Roggero, P. 2002. Transmission by *Olpidium brassicae* of mirafiori lettuce virus and lettuce big-vein virus, and their roles in lettuce big-vein etiology. *Phytopathology* 92, 288–293.
- Maček, J. 1987. *Posebna fitopatologija. Patologija poljščin*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. 286s.
- Mavrič Pleško, I., Viršček Marn, M., Žerjav, M. 2009. Identification of lettuce big-vein associated virus and mirafiori lettuce big-vein virus associated with lettuce big-vein disease in Slovenia, *Plant Disease* 93, 549.
- Rochon, D'A., Kakani, K., Robbins, M., Reade, R. 2004. Molecular aspects of plant virus transmission by *Olpidium* and plasmophorid vectors. *Ann. Rev. Phytopathol.* 42, 211–241.
- Roggero, P., Ciuffo, M., Vaira, A. M., Accotto, G. P., Masinga, V., Milne R. G. 2000. An ophiovirus isolated from lettuce with big-vein symptoms. *Arch. Virol.* 145, 2629–2642.
- Roggero, P., Lot, H., Souche, S., Lenzi, R., Milne, R. G. 2003. Occurrence of mirafiori lettuce virus and lettuce big-vein virus in relation to development of big-vein symptoms in lettuce crops. *European Journal of Plant Pathology* 109, 261–267.
- Temmink, J. H. M., Campbell, R. N., Smith, P. S. 1970. Specificity and site of in vitro acquisition of tobacco necrosis virus by zoospores of *Olpidium brassicae*. *J. Gen. Virol.* 9, 201–213.
- Walsh, J. A., Clay, C. M., Miller, A., Rowe, J. C. 1989. A fungus-transmitted virus of watercress. *Aspects of Applied Biology* 22, 101–108.

Napisano avgust 2013



# 7 ŠČITKARJI IN PRENOS VIRUSOV S ŠČITKARJI

**Stanislav Trdan**

Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana

7.1

UVOD

Ščitkarji so pomembna skupina škodljivcev gojenih rastlin po vsem svetu. Večina vrst izvira iz tropskih predelov, kot škodljivci pa se najpogosteje pojavljajo v toplejših območjih, kjer se hranijo zlasti na travah in lesnatih rastlinah. Nekaj vrst je močno škodljivih v rastlinjakih v zmernih območjih. V zadnjih desetletjih sta na različnih območjih sveta najškodljivejši vrsti rastlinjakov ščitkar (*Trialeurodes vaporariorum* [Westwood]) (Slika 7.1) in tobakov ščitkar (*Bemisia tabaci* [Gennadius]). Predstavniki obeh vrst se v toplejših območjih pojavljajo na prostem, v zmernem podnebnem pasu pa so navadno škodljivi le v zavarovanih prostorih. Zaradi pojava nekaterih posebno škodljivih biotipov ščitkarjev, kar še posebno velja za vrsto *Bemisia tabaci*, so v zadnjih 20 letih raziskavam te žuželčje skupine namenili veliko časa in sredstev (Martin in sod., 2000; Jones, 2003). Pred dobrim desetletjem se je na nekatera območja razširila in postala škodljiva dotlej malo znana vrsta *Aleurodicus dispersus* Russell, ki se danes pojavlja na Kanarskih otokih, Madeiri in nekaterih drugih kmetij.



Slika 7.1: Močan pojav rastlinjakovega ščitkarja na papriki. Ob odraslih osebkih so lepo vidni pupariji (avtor I. Škerbot)

tijsko pomembnih območjih v Sredozemlju (Martin in sod., 2000). Omenjeni vrsti do danes na srečo ni uspelo doseči škodljivega statusa rastlinjakovega ščitkarja in tobakovega ščitkarja.

7.2

IZVOR, SISTEMATIKA IN GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST ŠČITKARJEV

Ščitkarji sodijo v red polkrilcev (Hemiptera), doslej znane vrste pa uvrščamo v samostojno družino Aleyrodidae, ki sodi v naddružino ščitkarjev ali moljevk (Aleyrodoidea) podreda prsokljuncev (Sternorrhyncha). Ščitkarji so majhne sesajoče žuželke, katerih odrasli osebki v številnih lastnostih spominjajo na majhne molje. Tako je na primer Linné leta 1758 kapusovega ščitkarja (*Aleyrodes proletella* L.) (Slika 7.2) – ta se pojavlja tudi v Sloveniji (Trdan in Papler, 2002) – sprva opisal kot molja, med polkrilce pa ga je leta 1795 uvrstil Latreille.

Družina Aleyrodidae je vrstno najmanj pestra med znanimi štirimi taksoni prsokljuncev, saj vsebuje 1450 vrst. Ostale tri skupine vsebujejo približno naslednje število znanih vrst: kaparji 6000 (Hodgson, 1994), uši 4400 (Blackman in Eastop, 1994) in bolšice 2500 (Martin in Hollis, 1992). Intenzivne raziskave razširjenosti ščitkarjev na tropskih območjih, zlasti v JV Aziji in Srednji Ameriki, pa nakazujejo na to, da je bil doslej preučen le relativno majhen odstotek na Zemlji dejansko zastopanih vrst iz družine Aleyrodidae (Martin, 1999).

Mound in Halsey (1978) sta objavila obsežen seznam ščitkarjev v svetu, vključno z njihovimi gostitelji in informacijami o razširjenosti. Sledilo je več zapisov o sistematiki in razširjenosti ščitkarjev na določenih območjih Evrope ter Sredozemlja, vse dotedanje informacije za omenjeni območji pa so povzeli Martin in sod. (2000), ki so opisali 56 avtohtonih ali udomačenih vrst ščitkarjev iz 25 rodov. Capinera (2001) navaja, da se na območju ZDA in Kanade pojavlja okrog 100 vrst ščitkarjev. V Sloveniji je bilo doslej najdenih ugotovljenih 7 vrst ščitkarjev, pri čemer jih Seljak (2013) šest omenja kot tujerodne fitofagne žuželke. Trem med njimi (*Aleuroclava aucubae* [Kuwana], *Dialeurodes citri* [Ashmead] in *Massilieurodes chittendeni* [Laing]) pripisuje status ustaljenih, a še nevsiljivih vrst, eni vrsti (*Pealius azaleae* [Baker & Moles]) status prehodne vrste (pri nas se je naselila le začasno in se v naravnem okolju ni sposobna ohranljati), eni (*Trialeurodes vaporariorum*) status vsiljive (škodljive) vrste, vrsti *Bemisia tabaci* pa pripisuje status prehodno-vsiljive vrste. V znanstvenem mnenju Evropske agencije za varno hrano (EFSA, 2013) o možnem tveganju za zdravje rastlin ob vnosu tobakovega ščitkarja (Slika 7.3) in virusov, ki jih prenaša na območje Evropske unije, se Slovenijo omenja med državami, ki so uspešno (1998) izkoreninile škodljivca. Pozneje iz Slovenije ni bilo poročil o novih najdbah tobakovega ščitkarja.

Kapusov ščitkar, ki ga ni na prej omenjenem seznamu, je v Sloveniji na prostem precej razširjen škodljivec na kapusnicah, še posebno številčno pa se pojavlja na listnatem ohrovту (*Brassica oleracea* convar. *acephala* L. var. *sabellica*), ohrovtu (*Brassica oleracea* L. var. *sabauda* L.) in brstičnem ohrovtu (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* D. C.) (Trdan in Papler, 2002; Trdan in sod., 2003).

V Sloveniji je med ščitkarji gospodarsko najpomembnejša vrsta *Trialeurodes vaporariorum*, ki se pojavlja v rastlinjakh na različnih vrtninah in okrasnih rastlinah. Pri nas ga je prvi opisal Maček (1970), pozneje pa so na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete preučevali različne možnosti njegovega zatiranja. Pri tem so največ raziskovalnega časa namenili okoljsko sprejemljivim načinom zatiranja škodljivca, zlasti uporabi

entomopatogenih ogorčic (Perme in Trdan, 2005; Laznik in sod., 2011), in iskanju njegovih drugih domorodnih naravnih sovražnikov (Kos in Trdan, 2009).

Ščitkarji so najmlajša skupina prsokljuncev, saj so najstarejše fosile našli na območju današnjega Libanona v približno 135 milijonov let starem jantarju iz obdobja zgodnje krede (Schlee, 1970). Fosilni ostanki ščitkarjev, ki jih je že mogoče uvrstiti v kakšno od danes znanih treh poddružin, pa so precej mlajši; tako je bil najstarejši predstavnik poddružine Aleyrodinae najden v 55 milijonov let starem jantarju z območja Baltika, najstarejši fosil iz poddružine Aleurodicinae pa izvira iz 20–45 milijonov let starega jantarja z območja današnje Burme. Danes razširjene vrste ščitkarjev izhajajo iz obdobja, v katerem so kritosemenke doživele velike spremembe (Campbell in sod., 1994, 1996). Velika večina danes razširjenih vrst ščitkarjev naseljuje le dvokaličnice, manjša skupina vrst pa se hrani na enokaličnicah, zlasti na travah in palmah.

Sistematika predstavnikov vseh treh poddružin ščitkarjev (tretja poddružina je Udamoselinae) še vedno skoraj v celoti temelji na obliku puparija in le redki so strokovnjaki, ki lahko določajo vrste na podlagi morfologije odraslih osebkov. Ker pa je bilo že pred več kot pol stoletja (Russell, 1948) ugotovljeno, da na obliko puparija ščitkarjev (zlasti pri polifagnih vrstah) vplivajo različni dejavniki, tudi fizikalne lastnosti listov, bo prihodnja morfološka sistematika te žuželče skupine skoraj zanesljivo temeljila na upoštevanju lastnosti puparijev in odraslih osebkov (Bink-Moenen in Mound, 1990). Vrstno pripadnost odraslih osebkov je mogoče z uporabo klasičnih (na morfologiji osebkov temelječih) pristopov identifikacije najbolj zanesljivo določati pri predstavnikih poddružine Aleurodicinae, zagotovo pa predstavlja prihodnost identifikacije ščitkarjev in drugih žuželk molekulske ter druge moderne metode, kar sta Mehle in Trdan (2012) nedavno ugotovila za resarje (Thysanoptera). Tovrstni pristopi vsekakor niso novost tudi na področju identifikacije ščitkarjev, saj je vse več zapisov o različnih možnostih molekulske karakterizacije genetske raznolikosti teh zanimivih žuželk (Henri in sod., 2013; Tomar in sod., 2013).

Z vse pogostejšim prenosom ščitkarjev na nova območja, na kar je prav tako kot pri večini drugih vrst žuželk vplivalo intenziviranje mednarodnih trgovinskih tokov, je vse bolj izražena potreba po identifikacijskih ključih in drugih načinih vr-

stnega določanja ščitkarjev. Ti niso namenjeni le ustreznemu poimenovanju vrst, ampak tudi čim hitrejši detekciji za neko območje novih in tudi že razširjenih vrst.

## 7.3

## BIONOMIJA ŠČITKARJEV

Med nestrokovnjaki razširjeno slovensko poimenovanje ščitkarjev je 'bele muhe', kar je neposredni prevod angleškega strokovnega poimenovanja škodljivcev (whiteflies). Ime izhaja od voščenega poprha, ki pri skoraj vseh vrstah ščitkarjev prekriva celotno telo in krila. Odrasli osebki so zelo majhni, njihovo telo večinoma meri 1–3 mm. Odrasli osebki skoraj vseh vrst ščitkarjev imajo 7-členaste tipalke, na prvem paru kril pa je enostavna ali enkrat razvejena glavna žila (Gill, 1990; Capinera, 2001).

Razvojni krog ščitkarjev je nenavaden in je precej podoben razvojnemu krogu bolšic in kaparjev. Tako kot pri bolšicah, imajo predstavniki obeh spolov odraslih osebkov ščitkarjev (ti so mobilni ustni aparat za bodenje in sesanje (*rostrum*) ter dva para kril. Ščitkarji se navadno razmnožujejo spolno, le občasno tudi partenogenetsko. Samice jajčeca vedno odlagajo na površje rastlinskih organov (najpogosteje listov), kar je značilno tudi za bolšice.

Kot pri vseh prsokljuncih, so tudi pri ščitkarjih ličinke 1. stopnje mobilne in se premikajo na kraje razdalje, da najdejo ustrezna mesta za prehranjevanje. Po 1. leviti se ličinke trajno prisesajo na izbrano mesto, ki ga v naslednjih treh stopnjah ne zapustijo; niti takrat, ko na njem ne dobijo več želenne hrane. Podobno na primer velja tudi za neodrasle stopnje kaparjev, ne velja pa za ličinke in nimfe večine vrst bolšic. Zadnjo stopnjo ličink ščitkarjev imenujemo puparij, po katerem strokovnjaki (kot je omenjeno v podpoglavlju 7.2) velikokrat določajo vrstno pripadnost osebkov.

Samice ščitkarjev navadno odlagajo jajčeca na spodnjo stran listov. Pri številnih vrstah najdemo jajčeca odložena v delnih ali popolnih krogih, saj so samice pri odlaganju jajčec prisesane na stalno mesto. Nekatere vrste ščitkarjev, zlasti predstavniki poddružine Alurodicinae, odlagajo jajčeca tudi na površje drugih rastlinskih organov, na primer na plodove, na zgornjo stran listov (*Aleurolobus olivinus* [Silvestri]), ali na obe strani listov (Dobreanu in Manolache, 1969; Gill, 1990).

Ščitkarji se hranijo s sesanjem rastlinskega (floemskega) soka, pri čemer bodalo (stilet) predhodno vstavijo v rastlinsko tkivo. Ta oblika delovanja ščitkarjev, ki ji pravimo neposredna škodljivost, vpliva na zvijanje in rumenenje listov ter fiziološke motnje. T. i. 'srebrenje listov' je na primer fiziološka motnja, ki se pojavlja na bučnicah kot posledica izločanja fitotoksinov nekaterih biotipov tobakovega ščitkarja (Jones, 2003). Tako kot drugi predstavniki enakokrilcev, pa tudi ščitkarji proizvajajo veliko količino s sladkorji bogatih telesnih izločkov, s katerimi iz telesa izločajo aminokisline. S tem vplivajo na svojo hitrejšo rast. Omenjeni izločki, ki jih imenujemo tudi medena rosa, lahko na napadenih rastlinah pospešujejo rast gliv, povzročiteljic sajavosti. Močan napad ščitkarjev lahko zato na njihove gostitelje negativno vpliva v dveh smereh, zaradi izgube rastlinskega soka in pojave gliv sajavosti, ki ovirajo fotosintezo. Medena rosa nekaterih vrst ščitkarjev privablja tudi mravlje. Te lahko ob večjem številu odvračajo naravne sovražnike ščitkarjev in drugih škodljivcev, ki se pojavljajo v bližini. V naših rastlinjakih se hkrati z rastlinjakovim ščitkarjem velikokrat pojavljata tudi cvetlični resar (*Frankliniella occidentalis* [Pergande]) (Trdan in sod., 2007) in navadna pršica (*Tetranychus urticae* Koch) (Remic in sod., 2009). Poleg izločanja medene rose, ki je ena od dveh najprepoznavnejših oblik posredne škodljivosti ščitkarjev (druga je prenos virusov), v to skupino uvrščamo tudi izločanje voska, ki je sicer značilno le za nekatere vrste teh žuželk (Bedford in sod., 1994).



**Slika 7.2:** Brstični ohrov, prekrit z glivami sajavosti, ki so naselile medeno roso kapusovega ščitkarja (*Aleyrodes proletella*) (avtor S. Trdan)

Število gojenih rastlin, na katerih se pojavljajo ščitkarji, je relativno veliko, res pa je, da se na visokem odstotku znanih gostiteljev pojavlja le manjše število vrst teh žuželk (Mound in Halsey, 1978; Carver in Reid, 1996). Na območju Evrope in Sredozemlja so ščitkarji predvsem škodljivci vrtnin v rastlinjakih in citrusov ter okrasnih rastlin na prostem (Martin in sod., 2000).

## PREDSTAVITEV GOSPODARKO POMEMBNIH VRST VIRUSONOSNIH ŠČITKARJEV S POUDARKOM NA VRSTI *BEMISIA TABACI*

Tobakov ščitkar že vse od zgodnjih osemdesetih let prejšnjega stoletja v svetu pridobiva na pomenu kot škodljivec in prenašalec virusov na gojenih rastlinah. To dejstvo je povezano s pojavom biotipa B, ki je sposoben še posebno hitrega širjenja in napadanja novih gostiteljev. Danes so vrsta *Bemisia tabaci* in virusi, ki jih prenaša, vzrok za velike izpade pridelka na različnih območjih sveta, tako v takšnih s tropskim, subtropskim in aridnim podnebjem, kot tudi v Sredozemlju. Med gostitelji, ki so napadom tobakovega ščitkarja na prostem še posebno izpostavljeni, pridelujemo pa jih tudi pri nas, strokovna literatura omenja zlasti kumare, križnice, paradižnik, krompir, sojo, solato, grah, fižol, papriko, božično zvezdo in krizanteme. V podnebno zmernih območjih Evrope in Severne Amerike pa omenjeni škodljivec otežuje pridelavo zlasti v rastljjakih, v katerih tudi preživi zimo (De Barro, 1995).



*Slika 7.3: Tobakov ščitkar na listu melone (avtor K. Žanić)*

Doslej je bilo najdenih veliko različnih biotipov tobakovega ščitkarja, ki so si morfološko zelo podobni, če ne celo identični. Med seboj jih je mogoče razlikovati po različnih gostiteljih, sposobnosti povzročanja fitotoksičnih reakcij na rastlinah in pridobitvi odpornosti na insekticide ter na podlagi genetskih analiz (Cervera in sod., 2000; Martin in sod., 2000). Doslej so uspeli najti 24 različnih populacij vrste *B. tabaci*, ki so jih določili kot različne biotipe.

Daleč najbolj preučen je biotip B, predstavnike katerega so zaradi spolne inkompatibilnosti s predstavniki biotipa A uvrstili v novo vrsto – *B. argentifolii* Bellows (Bellows in sod., 1994). Res pa je, da omenjenega ne zagovarjajo vsi raziskovalci (Bedford in sod., 1994; Martin in sod., 2000). Eden od razlogov za to je, da so spolno inkompatibilnost potrdili tudi med nekaterimi drugimi biotipi tobakovega ščitkarja. Tako je trenutno bolj ali manj razširjeno mnenje, da je vrsta *B. tabaci* pravzaprav kompleks več biotipov (Perring, 2001). Na območju Indije je bilo doslej najdenih največ različnih naravnih sovražnikov tobakovega ščitkarja, zato strokovnjaki predpostavljajo, da škodljivec izvira prav od tam. Zanimivo je, da so biotip B in Indiji našli šele pred dobrim desetletjem (Banks in sod., 2001), splošno razširjeno mnenje pa je, da omenjeni biotip izvira iz velikega območja SV Afrike, Srednjega vzhoda in Arabskega polotoka (Frolich in sod., 1999; De Barro in sod., 2000).

Na različnih območjih sveta je že vrsto let gospodarsko najpomembnejši predstavnik rodu *Trialeurodes* rastlinjakov ščitkar. Na območjih z zmernim podnebjem ta škodljivec najraje napada jajčevce, kumare, fižol, papriko, paradižnik in najrazličnejše vrste okrasnih rastlin, kot so krizanteme, božične zvezde, trobentice, fuksije, gerbere in pelargonije. Vrsta *T. vaporariorum* je kozmopolit, še najmanj razširjena je v Aziji in Avstralaziji (Martin, 1999). Ščitkar *T. abutilonea* je bil doslej najden na nekaterih območjih Severne Amerike in na Karibih, vrsta *T. ricini* pa na Srednjem vzhodu, v Afriki, Indiji in v JV Aziji (Mound in Halsey, 1978), na območju Sredozemlja pa na Kanarskih otokih, v Egiptu in Izraelu.

Prenos virusov s ščitkarji je najpomembnejša oblika posredne škodljivosti teh sesajočih žuželk. Od skupnega števila znanih vrst ščitkarjev so le predstavniki rodov *Bemisia* in *Trialeurodes* sposobni prenašati viruse. Iz prvega rodu je to tobakov ščitkar, iz drugega pa poleg rastlinjakovega ščitkarja še vrsti *T. abutilonea* (Haldeman) in *T. ricini* (Misra). Ličinke ter odrasli ščitkarji pridobijo virus s sesanjem rastlinskega (floemskega) soka na okuženih rastlinah. Na nove, predhodno zdrave rastline, pa lahko virus prenesejo le odrasli osebki med hranjenjem.

Med različnimi biotipi tobakovega ščitkarja so ugotovili razlike v sposobnosti prenosa rastlinskih virusov (Bedford in sod., 1994; Sánchez-Campos in sod., 1999). Populacije biotipa B učinkovito prenašajo begomoviruse, zadnji pa se lahko hitro širijo na nova območja tudi zaradi hitrega razvoja in velike polifagnosti omenjenega biotipa. Med različnimi vrstami begomovirusov obstajajo tudi razlike v sposobnosti prenosa z biotipom B.

Širjenje biotipa B tobakovega ščitkarja z rastlinskim materialom po vsem svetu je najpomembnejši vzrok za širjenje virusnih bolezni, ki jih prenašajo ščitkarji. Na večji globalni pojav omenjenih rastlinskih bolezni in njihovih prenašalcev sicer vplivajo tudi spremembe v kmetijski praksi, saj na primer namakanje rastlin vpliva na dalje obdobje pridelave rastlin v monokulturah, intenzivnejši pojav odpornosti ščitkarjev na insekticide in šekaj (De Barro, 1995). Edina druga vrsta iz rodu *Bemisia*, ki lahko prenaša virus, je vrsta *B. afer* (Priesner & Hosny), za katero so na vzhodu Afrike ugotovili, da prenaša virus, ki povzroča bolezen *cassava brown streak disease* (Legg in Raya, 1998).

Vrsta *B. tabaci* je prenašalka številnih vrst rastlinskih virusov iz rodov *Begomovirus* (Geminiviridae), *Crinivirus* (Closteroviridae), *Carlavirus* in *Ipomovirus* (Potyviridae), poleg tega je bilo ugotovljeno, da lahko prenaša tudi druge virusne iz še neznanih rodov.

Begomovirusi so vrstno najštevilčnejši rod virusov, ki jih prenaša tobakov ščitkar, in lahko vplivajo na zmanjšanje pridelka za od 20 do 100 % (Brown in Bird, 1992). Simptomi okužbe z omenjenimi virusi obsegajo rumeni mozaik, rumenenje in odebelitev žil, zvijanje listov ter zakrnelo rast. Iz Pakistana so na primer pred dobrim desetletjem poročali o okužbi bombaža z virusom kodravosti listov bombaža ('*Cotton leaf curl virus*') na milijon hektarjih (Mansoor in sod., 1993). Škoda zaradi okužbe z virusi, ki jih prenaša tobakov ščitkar, se pojavlja tudi na številnih drugih, za mnoge narode živiljenjsko pomembnih gojenih rastlinah. Takšna je na primer kasava, ki jo okužujejo različni povzročitelji mozaikov kasave.

Tobak in paradižnik sta na različnih območjih sveta okužena z različnimi vrstami begomovirusov, najznačilnejši simptom okužbe pa je kodranje listov. V Severni, Srednji in Južni Ameriki je paradižnik, ki ga okužujejo begomovirusi, večkrat vir okužb za druge rastlinske vrste (Polston in Anderson, 1997). Ta nevarnost je bila pred leti (Jones, 2003) izražena tudi za območje Evrope in Sredozemlja. Nove vrste begomovirusov na paradižniku še vedno odkrivajo, njihov nastanek pa je verjetno tudi rezultat genetskih rekombinacij virusov, do katerih prihaja ob mešanih okužbah. Po vstopu v telo ščitkarjev se begomovirusi v njih lahko ohranjajo od nekaj tednov do konca življenja žuželk (Duffus, 1987).

Na območju Evrope in Sredozemlja je bilo do leta 2003 najdenih 8 vrst begomovirusov, zanimivo pa je, da treh med njimi, virusa mozaika oslezovca (*Abutilon mosaic virus*), virusa rumenih žil sladkega krompirja (*Ipomoea yellow vein virus*) in virusa rumenih žil ter mozaika kosteničevja (*Honeysuckle yellow vein mosaic virus* – HYVMV) tobakov ščitkar ne prenaša več (Bedford in sod., 1994), kar je najverjetneje posledica večletnega vegetativnega razmnoževanja njihovih gostiteljev – okrasnih rastlin, kar je vplivalo na spremembe v plaščnem proteinu virusov (Höhnle in sod., 2001). Obstaja možnost, da tobakov ščitkar vendarle prenaša katerega od še neznanih sorodnih izolatov, zato se vse tri vrste še ohranjajo v skupini prej navedenih 8 vrst begomovirusov.

**Tabela 7.1:** Vrste begomovirusov, ki jih prenaša tobakov ščitkar, rastlinski gostitelji virusov in razširjenost virusov na območju Evrope ter Sredozemlja (Jones, 2003)

Vrsta virusa in njegova kratica	Glavni gostitelji	Razširjenost
malaški virus rumenenja in kodravosti listov paradižnika ( <i>Tomato yellow leaf curl Malaga virus</i> – TYLCMaV)	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Španija
sardinijski virus rumenenja in kodravosti listov paradižnika ( <i>Tomato yellow leaf curl Sardinia virus</i> – TYLCSV)	<i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Solanum luteum</i> , <i>S. nigrum</i>	Kanarski otoki, Italija, Španija
virus rumenenja in kodravosti listov paradižnika ( <i>Tomato yellow leaf curl virus</i> – TYLCV)	<i>Boerhavia erecta</i> , <i>Capsicum annuum</i> , <i>Chenopodium murale</i> , <i>Cleome viscosa</i> , <i>Convolvulus</i> spp., <i>Conyza sumatrensis</i> , <i>Croton lobatus</i> , <i>Cuscuta</i> spp., <i>Cynanchum acutum</i> , <i>Datura stramonium</i> , <i>Dittrichia viscosa</i> , <i>Eustoma grandiflorum</i> , <i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Macrorhynchium</i> spp., <i>Malva parviflora</i> , <i>M. nicaeensis</i> , <i>Mercurialis ambigua</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Physalis</i> spp., <i>Sida</i> spp., <i>Solanum nigrum</i> , <i>Wissadula</i> spp.	Kanarski otoki, Ciper, Francija, Grčija, Portugalska, Španija, Turčija

Med ostalimi petimi vrstami begomovirusov, ki se pojavljajo na območju Evrope in Sredozemlja (Tabela 7.1), tobakov ščitkar na paradižniku opravlja vlogo prenašalca TYLCSV in TYLCV (Accotto in sod., 2000). Prvi virus povzroča velike izgube pri delovalcem paradižnika na jugu Španije, Kanarskih otokih, Portugalskem in na nekaterih območjih Italije, okužuje pa tudi pasje zelišče (*Solanum nigrum* L.), plevel, ki je zato pomemben vir okužb (Bedford in sod., 1998). Na jugu Španije je TYLCV (Slika 7.4) bolj pomemben od TYLCSV, glavni vzrok za to pa je dejstvo, da prvo vrsto učinkovito prenaša lokalni Q-biotip tobakovega ščitkarja, pa čeprav druga vrsta okužuje fižol (Sánchez-Campos in sod., 1999). TYLCV je sicer v Evropi in Sredozemlju najbolj razširjena vrsta virusa, ki ga prenaša tobakov ščitkar, na tem območju pa je bil doslej najden na Kanarskih otokih, Cipru, v Grčiji, na Portugalskem, v Španiji in Turčiji. Pojav omenjenega virusa v delti Rena v Franciji so dvakrat uspešno zaustavili z eradicacijo; tja se je namreč razširil s sadikami paradižnika iz Španije (Bertaux in sod., 2001). TYLCVMaV je rekombinant med TYLCV in TYLCSV. Doslej je bil najden v Španiji

(Monci in sod., 2001), medtem ko se virus zlatega mozaika kitajskega fižola (*Cowpea golden mosaic virus* – CPGMV) in 'Ipomoea crinkle leaf virus' pojavljata v Tuniziji ter v Izraelu.



**Slika 7.4:** Tri rastline paradižnika (v ospredju), okužene s TYLCV (avtor K. Žanić)

Poleg tega gojenim rastlinam na območju Evrope in Sredozemlja grozijo tudi nekatere druge vrste begomovirusov, ki jih prenaša tobakov ščitkar. Vrste, ki izvirajo iz Amerike in se občasno pojavljajo tudi na t. i. opozorilnem seznamu Evropske in sredozemske organizacije za varstvo rastlin (EPPO), so na primer huastecaški virus rumenih žil paprike (*Pepper huasteco yellow vein virus* – PHYVV), virus rumenega mozaika krompirja (*Potato yellow mosaic virus* – PYMV), virus pritlikavosti listov paradižnika (*Tomato dwarf leaf virus* – ToDLV), kitajski virus paradižnika (*Chino del tomate virus* – CdTV), havanski virus mozaika paradižnika (*Tomato mosaic Havana virus* – ToM-HaV), tainoški virus lisavosti paradižnika (*Tomato mottle Taino virus* – ToMoTaV) in virus kloroze ter zakrnelosti lubenice (*Watermelon chlorotic stunt virus* – WmCSV).

Druge vrste virusov, ki jih na območju Evrope prenaša tobakov ščitkar, sodijo v rod *Crinivirus* iz družine Closteroviridae. Virus rumenenja, zakrnelosti in motenj buče (*Cucurbit yellow stunting disorder virus* – CYSDV) (Slika 7.5) tako v Španiji, na Portugalskem ter Kanarskih otokih okužuje kumare in melone (Célix in sod., 1996), virus kloroze paradižnika (*Tomato chlorosis virus* – ToCV) pa se na istih območjih in v Italiji pojavlja na paradižniku (Navas-Castillo in sod., 2000; Accotto in sod., 2001) (Tabela 7.2). Krinivirusi se prenašajo semiperzistentno in se ohranljajo v ščitkarjih le nekaj dni (Duffus, 1987). Med vrstami, ki jih prenaša tobakov ščitkar in so bile pred leti na t. i. opozorilnem

seznamu EPPO, so CYSDV, ToCV in virus kloroze solate (*Lettuce chlorosis virus* – LCV). Virus rumenenja žil kumare (*Cucumber vein yellowing virus* – CVYV) je edini virus iz rodu *Ipomovirus*, ki se pojavlja na območju Evrope (Tabela 7.3).



*Slika 7.5: Melona, okužena z virusom rumenenja, zakrnelosti in motenj buče (CYSDV) (avtor J.Th.J. Verhoeven)*

**Tabela 7.2:** Vrsti krinivirusov, ki ju prenaša tobakov ščitkar, rastlinski gostitelji virusov in razširjenost virusov na območju Evrope ter Sredozemlja (Jones, 2003)

Vrsta virusa in njegova kratica	Glavni gostitelji	Razširjenost
virus rumenenja, zakrnelosti in motenj buče ( <i>Cucurbit yellow stunting disorder virus</i> – CYSDV)	<i>Cucumis melo</i> , <i>C. sativus</i>	Kanarski otoki, Portugalska, Španija, Turčija
virus kloroze paradižnika ( <i>Tomato chlorosis virus</i> – ToCV)	<i>Datura stramonium</i> , <i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Solanum nigrum</i>	Kanarski otoki, Italija, Portugalska, Španija

**Tabela 7.3:** Ipomovirus, ki ga prenaša tobakov ščitkar, rastlinski gostitelji virusa in razširjenost virusa na območju Evrope ter Sredozemlja (Jones, 2003)

Vrsta virusa in njegova kratica	Glavni gostitelji	Razširjenost
virus rumenjenja žil kumare ( <i>Cucumber vein yellowing virus</i> – CVYV)	<i>Citrullus vulgaris</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Ecballium elaterium</i> , <i>Malva parviflora</i> , <i>Sonchus asper</i> , <i>S. oleraceus</i> , <i>S. tenerrimus</i>	Španija, Turčija

Doslej je bilo na seznam EPPO karantenskih škodljivih organizmov uvrščenih 6 vrst virusov, ki jih prenaša tobakov ščitkar. Na EPPO A1-seznam tujerodnih škodljivcev so bili uvrščeni virus mozaika mlečka (*Euphorbia mosaic virus* – EuMV), virus zlatega mozaika fižola (*Bean golden mosaic virus* – BGMV), infektivni virus rumenice solate (*Lettuce infectious yellows virus* – LIYV), virus kodravosti listov buče (*Squash leaf curl virus* – SL-CuV) in virus lisavosti paradižnika (*Tomato mottle virus* – ToMoV), na EPPO A2-seznam pa TYLCV (Smith in sod., 1997). Pojav biotipa B tobakovega ščitkarja, ki ima izjemno sposobnost hranjenja na velikem številu gostiteljskih rastlin, omogoča virusom hitro širjenje na nove rastlinske vrste.

Pomembnejši virusi, ki jih na območju Evrope in Sredozemlja prenaša rastlinjakov ščitkar, so virus neprave rumenice pese (*Beet pseudoyellows virus* – BPYV), ki okužuje kumare, melone, solato in sladkorno peso, infektivni virus kloroze paradižnika (*Tomato infectious chlorosis virus* – TICV) in virus kloroze paradižnika (*Tomato chlorosis virus* – ToCV) (Tabela 7.4). Vsi trije sodijo v družino Closteroviridae, noben od njih pa ni več uvrščen na t. i. opozorilni seznam EPPO. Vrsta *T. abutilonea* lahko prenaša virus kloroze in zakrnelosti sladkega krompirja (*Sweet potato chlorotic stunt virus* – SPCSV) in ToCV. Obe vrsti sta zastopani v Evropi in Sredozemlju, kjer se sicer omenjeni ščitkar ne pojavlja, vendar jih prenašajo druge vrste ščitkarjev (Jones, 2003).

**Tabela 7.4:** Vrste virusov, ki jih prenašajo ščitkarji iz rodu *Trialeurodes*, rastlinski gostitelji in razširjenost virusov na območju Evrope ter Sredozemlja (Jones, 2003)

Virus (kratica, rod, sinonim); prenašalec	Glavni gostitelji	Razširjenost
virus neprave rumenice pese ( <i>Beet pseudoyellows virus</i> , BPYV; <i>Closterovirus</i> ); <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Beta vulgaris</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Cichorum endiva</i> , <i>Cucumis melo</i> , <i>C. sativus</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Taraxacum officinalis</i> , <i>Conium maculatum</i>	Francija, Grčija (Kreta), Nizozemska, Španija, Velika Britanija
virus kloroze paradižnika ( <i>Tomato chlorosis virus</i> , ToCV; <i>Crinivirus</i> ); <i>T. abutilonea</i> , <i>T. vaporariorum</i>	<i>Datura stramonium</i> , <i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Solanum nigrum</i>	Kanarski otoki, Italija, Portugalska, Španija
infektivni virus kloroze paradižnika ( <i>Tomato infectious chlorosis virus</i> , TICV; <i>Crinivirus</i> ); <i>T. vaporariorum</i>	<i>Callistephus chinensis</i> , <i>Cynara cardunculus</i> , <i>C. scolymus</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Nicotiana glauca</i> , <i>Petunia hybrida</i> , <i>Physalis ixocarpa</i> , <i>Picris echiooides</i> , <i>Ranunculus</i> spp.	Češka, Italija, Španija

Z vse bolj intenzivno mednarodno trgovino z rastlinskim materialom in pridelki so se vzpostavile razmere, ugodne tudi za hitro širjenje nekaterih vrst ščitkarjev in posledično rastlinskih virusov, ki jih prvi prenašajo. Za prve to velja zlasti v povezavi z vrtninami in okrasnimi rastlinami, te največkrat služijo kot medij za prenos žuželk, ki jih obravnava to poglavje.

V Sloveniji je gospodarsko najpomembnejša vrsta ščitkarjev *Trialeurodes vaporariorum*, ki se pojavlja v zavarovanih prostorih in za zatiranje katere je registriranih več sintetičnih insekticidov iz skupin neonikotinoidov in piretroidov ter nekaj rastlinskih insekticidov. Za zatiranje tega polifagnega škodljivca je mogoče uporabiti tudi domorodnega parazitoida, in sicer najezdnika rastlinjakovega ščitkarja (*Encarsia formosa* Gahan) (Slika 7.6), ali pa plenilsko stenico *Macrolophus pygmaeus* Rambur, kar pa ne velja za na prostem lokalno razširjenega kapusovega ščitkarja, ki ga je pri nas kurativno mogoče zatirati le s kemičnimi in rastlinskimi insekticidi. Obe vrsti sta bili doslej obravnavani v kontekstu neposredne škodljivosti, posredno pa le kot izločevalca medene rose.

Biotično varstvo rastlin je način zatiranja škodljivcev, torej tudi ščitkarjev, pri katerih je potrebnega precej več znanja kot pri uporabi kemičnih insekticidov. Omenjeni način varstva rastlin pri nas in v svetu še vedno zavzema le majhen odstotek (pod 1%) med obstoječimi načini kurativnega zatiranja rastlinskih škodljivcev, za kar so najpomembnejši razlogi visoka cena in manjša učinkovitost biotičnih agensov (oboje v primerjavi s kemičnimi sredstvi za varstvo rastlin) (Laznik in sod., 2010) ter premalo znanja pri uporabnikih o načinih njihove uporabe. V Sloveniji velja v prihodnje v večjem obsegu kot doslej za zatiranje rastlinjakovega ščitkarja uporabljati parazitoida *Encarsia formosa* ali plenilca *Macrolophus pygmaeus*, v Evropi pa so v enak namen na voljo tudi parazitoid *Eretmocerus eremicus* Rose and Zolnerowitch, entomopatogena gliva *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, plenilski hrošč *Delphastus catalinae* Horn, plenilska pršica *Amblydromalus limonicus* Garman & McGregor in

še kakšna vrsta. Nazadnje omenjenih štirih vrst pri nas še nismo našli in jim velja v prihodnje nameniti pozornost pri načrtнем spremljanju domorodnih naravnih sovražnikov, saj bo le njihova najdba na območju naše države lahko vplivala na implemenzacijo v sisteme pridelave hrane in okrasnih rastlin.



*Slika 7.6: Pripravek Encon vsebuje puparje rastlinjakovega ščitkarja, parazitirane z vrsto *Encarsia formosa* (avtor I. Škerbot)*

Vrsta *Bemisia tabaci*, ki je v pričujočem poglavju najpomembnejši akter prenosa rastlinskih virusov, se v Sloveniji od leta 1998, ko je bila uspešno izkoreninjena, ne pojavlja in zato ne predstavlja nevarnosti kot prenašalka virusov. V Evropi so bili žuželčja vrsta in virusi, ki jih prenaša, najdeni na podnebno toplejših območjih (sredozemske države), načini zatiranja prenašalcev in patogenov, ki jih uporabljajo na območjih njihove razširjenosti, pa bodo v prihodnje lahko nadvse koristni tudi pri nas, če bo škodljivec na območju Slovenije našel ugodne razmere za razmnoževanje in širjenje. Intenzivne podnebne spremembe, ki smo jim priča v zadnjih desetletjih, so sicer le eden od pogojev za uresničitev zadnjega.

Za Slovenijo še nimamo podatkov o zastopanosti rastlinskih virusov, ki jih prenašajo ščitkarji, da pa bi se omenjeni virusi pri nas pojavili čim pozneje in da jih bo mogoče tudi po pojavu uspešno omejevati v širjenju, upoštevajoč izkušnje tujih strokovnjakov, priporočamo integrirane ukrepe zatiranja. Prednost pred uporabo insekticidov za

zatiranje prenašalcev virusov morajo imeti drugi agrotehnični ukrepi, vključujuč biotično varstvo rastlin, s katerimi je mogoče zmanjšati pojav odpornosti ščitkarjev na insekticide (Pappas in sod., 2013). Med omenjene ukrepe sodi uporaba zaščitne mreže, s katero prekrijemo rastlinjake oz. odprtine v rastlinjakih, s čimer ščitkarjem onemočimo vstop v prostor. Z območij, na katerih so razširjene virusosne vrste ščitkarjev, ne smemo prenašati sadik v območja, na katerih se ne pojavljajo škodljivec in virusi. Stare rastline, ki so jih med rastjo naseljevali ščitkarji, je treba odstraniti iz rastlinjakov ali njiv in jih na prostem sežgati ali zakopati globlje v tla. Med pomembne ukrepe za zmanjševanje škodljivosti ščitkarjev in virusov, ki jih prvi prenašajo, štejemo tudi zatiranje plevelov – gostiteljev obeh skupin škodljivih organizmov, v rastlinjakih in njihovi bližini. Ta ukrep je koristen skozi vso rastno dobo, še posebno pomemben pa je v času pred sajenjem (presajanjem) sadik. V rastlinjakih in na prostem je priporočljivo nove rastline saditi v smeri, v katero piha veter, saj se na ta način zmanjša hitrost prenosa ščitkarjev iz napadenih rastlin na zdrave.

### Zahvala

Za fotografije tobakovega ščitkarja ter z TYLCV okužen paradižnik se iskreno zahvaljujem dr. Katji Žanić z Inštituta za jadranske kulture in melioracijo krasa v Splitu, Koju Verhoevenu z Nacionalne organizacije za varstvo rastlin v Wageningenu gre zahvala za fotografijo melone, okužene z CYSDV, za fotografkska posnetka rastlinjakovega ščitkarja in pripravka Encon pa sem hvaležen Iris Škerbot s KGZS – Zavoda Celje.

Na nekaterih območjih razširjenosti virusosnih vrst ščitkarjev že uporabljajo sorte rastlin, ki so odporne na okužbo z virusi. Tako so v tujini, na primer v ZDA in Indiji, že na voljo sorte, ki so odporne na okužbo s TYLCV (Colvin in sod., 2012; Ozores-Hampton in sod., 2013). Zatiranje ščitkarjev, z namenom zmanjšati okužbe rastlin z virusi pod prag gospodarske škode, je namreč precej bolj zahtevno in intenzivno kot zatiranje ščitkarjev, ki so škodljivi neposredno, s sesanjem rastlinskega soka.

Zaradi omenjenih (trenutnih) slabosti biotičnega varstva rastlin se je treba zavedati, da predstavlja jo kemični insekticidi še vedno najučinkovitejši in najgospodarnejši način zatiranja ščitkarjev v pogledih obeh tipov škodljivosti, ki jih predstavljamo v tem poglavju. Pomembno je, da insekticide uporabljamo šele tedaj, ko ščitkarji presežejo prag škodljivosti, in da uporabljamo registrirane pripravke, ki jih s testiranimi škropilnicami nanašamo na spodnjo stran listov, v majhnih kapljicah in z veliko množino vode.

- Accotto, G. P., Navas-Castillo, J., Noris, E., Moriones, E., Louro, D. 2000. Typing of tomato leaf curl viruses in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 106: 179–186.
- Accotto, G. P., Vaira, A. M., Vecchiati, M., Finetti Sialer, M. M., Gallitelli, D., Davino, M. 2001. First report of Tomato chlorosis virus in Italy. *Plant Disease*, 85: 1208.
- Banks, G. K., Colvin, J., Chowda Reddy, R. V., Maruthi, M. N., Muniyappa, A. S., Venkatesh, H. M., Kiran Kumar, M., Padmaja, A. S., Beitia, F. J., Seal, S. E. 2001. First report of the *Bemisia tabaci* B biotype in India and an associated Tomato leaf curl virus disease epidemics. *Plant Disease*, 85: 231.
- Bedford, I. D., Banks, G. K., Briddon, R. W., Cenis, J. L., Markham, P. G. 1998. Solanum nigrum: an indigenous weed reservoir for a tomato yellow leaf curl geminivirus in southern Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 104: 221–222.
- Bedford, I. D., Briddon, R. W., Brown, J. K., Rosell, R. C., Markham, P. G. 1994. Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Annals of Applied Biology*, 125: 311–325.
- Bellows, T. S. Jr., Perring, T. M., Gill, R. J., Headrick, D. H. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera, Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 87: 195–206.
- Bertiaux, F., Reynaud, P., Dalmon, A. 2001. Survey of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and the Tomato yellow leaf curl virus in France. Abstracts of the European Whitefly Symposium, Ragusa, Sicily, Italy, 27 February – 3 March 2001. Univ. of Catania: 326.
- Bink-Moenen, R. M., Mound, L. A. 1990. Whiteflies: diversity, biosystematics and evolutionary patterns. V: Gerling, D. (ur.) *Whiteflies, their bionomics, pest status and management*. Andover, Intercept: 1–11.
- Blackman, R. L., Eastop, V. F. 1994. *Aphids on the world's trees – an identification and information guide*. Wallingford, CAB International: 987. str.
- Brown, J. K., Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted gemini-viruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Disease*, 76: 220–225.
- Campbell, B. C., Steffen-Campbell, J. D., Gill, R. J. 1994. Evolutionary origin of whiteflies (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) inferred from 18S rDNA sequences. *Insect Molecular Biology*, 3: 73–88.
- Campbell, B. C., Steffen-Campbell, J. D., Gill, R. J. 1996. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetic assessment. V: Gerling, D., Mayer, R.T. (ur.) *Bemisia: 1995 – taxonomy, biology, damage, control and management*. Andover, Intercept: 702. str.
- Capinera, J. L. 2001. *Handbook of vegetable pests*. Academic Press, San Diego etc.: 729. str.
- Carver, M., Reid, I. A. 1996. Aleyrodidae (Hemiptera: Sternorrhyncha) of Australia. Systematic catalogue, host-plant spectra, distribution, natural enemies and biological control. Technical Paper, Division of Entomology, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Canberra 37: 55. str.
- Célix, A., López-Sesé, A., Almarza, N., Gómez-Guillamón, M. L., Rodríguez-Cerezo, E. 1996. Characterization of Cucurbit yellow stunting disorder virus, a *Bemisia tabaci*-transmitted closterovirus. *Phytopathology*, 86: 1370–1376.
- Cervera, M. T., Cabezas, J. A., Simón, B., Martínez-Zapater, J. M., Beitia, F., Cenis, J. L. 2000. Genetic relations among biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) based on AFLP analysis. *Bulletin of Entomological Research*, 90: 391–396.
- Colvin, J., Nagaraju, N., Moreno-Leguizamon, C., Govindappa, R. M., Reddy, T. B. M., Padmaja, S. A., Joshi, N., Hanson, P. M., Seal, S. E., Muniyappa, V. 2012. Socio-economic and scientific impact created by whitefly-transmitted, plant-virus disease resistant tomato varieties in Southern India. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 2: 337–345.

- De Barro, P. J. 1995. *Bemisia tabaci* biotype B. A review of its biology, distribution and control. 2nd Ed. CSIRO Division of Entomology, Technical paper no. 36, Canberra, Australia.
- Doboreanu, E., Manolache, C. 1969. *Insecta. Homoptera. Aleyrodoidea, Subfamilia Aleyrodinae. Fauna Republicii Socialiste Romania. Editura Academiei Republicii Socialiste Romania* 8: 1–152.
- Duffus, J. E. 1987. Whitefly transmission of plant viruses. *Current Topics in Vector research*, 4: 73–91.
- EFSA. 2013. Scientific opinion on the risks to plant health posed by *Bemisia tabaci* species complex and viruses it transmits for the EU territory. EFSA Journal, 11, 4: 3162.
- Frolich, D. R., Torres-Jerez, I., Bedford, I. D., Markham, P. G., Brown, J. K. 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology*, 8: 1683–1691.
- Gill, R. J. 1990. The morphology of whiteflies. V: Gerling, D. (ur.) *Whiteflies, their bionomics, pest status and management*. Andover, Intercept: 348. str.
- Henri, H., Terraz, G., Gnankine, O., Fleury, F., Mouton, L. 2013. Molecular characterization of genetic diversity within the Africa/Middle East/Asia Minor and Sub-Saharan African groups of the *Bemisia tabaci* species complex. *International Journal of Pest Management*, 59, 4: 329–338.
- Hodgson, C. J. 1994. *The scale insect family Coccoidea: an identification manual to genera*. Wallingford, CAB International: 639. str.
- Höhnle, M., Höfer, P., Bedford, I. D., Briddon, R. W., Markham, P. G., Frischmuth, T. 2001. Exchange of three amino acids in the coat protein results in efficient whitefly transmission of a nontransmissible *Abutilon mosaic virus* isolate. *Virology*, 290: 164–171.
- Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 195–219.
- Kos, K., Tomanović, Ž., Rojht, H., Vidrih, M., Trdan, S. 2009. First massive occurrence of greenhouse whitefly parasitoid, *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) on greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* [Westwood] (Homoptera: Aleyrodidae) in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica*, 93, 3: 285–291.
- Lazník, Ž., Tóth, T., Lakatos, T., Vidrih, M., Trdan, S. 2010. Control of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* [Say]) on potato under field conditions: a comparison of the efficacy of foliar application of two strains of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiamethoxam. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117, 3: 129–135.
- Lazník, Ž., Žnidarčič, D., Trdan, S. 2011. Control of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) adults on glasshouse-grown cucumbers in four different growth substrates: an efficacy comparison of foliar application of *Steinernema feltiae* (Filipjev) and spraying with thiamethoxam. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 35, 6: 631–640.
- Legg, J. P., Raya, M. D. 1998. Survey of cassava virus diseases in Tanzania. *International Journal of Pest Management*, 44: 17–23.
- Maček, J. 1970. Bele mušice na fukciji. *Naš vrt*, 5, 2: 55.
- Mansoor, S., Amin, I., Hussain, M., Zafar, Y., Bull, S., Briddon, R. W., Markham, P.G. 2001. Association of a disease complex involving a begomovirus, DNA 1 and a distinct DNA beta with leaf curl disease of okra in Pakistan. *Plant Disease*, 85: 922.
- Martin, J. H. 1999. The whitefly fauna of Australia (Sternorrhyncha: Aleyrodidae), a taxonomic account and identification guide. Technical Paper, CSIRO Entomology, 38: 1–1197.
- Martin, J. H., Hollis, D. 1992. The *Calophyllum*-feeding triozid genus *Leptynoptera* (Hemiptera: Psylloidea). *Journal of Natural History*, 26: 555–585.
- Martin, J. H., Mifsud, D., Rapisarda, C. 2000. The whiteflies (Hemiptera: Ayerdidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90: 407–448.
- Mehle, N., Trdan, S. 2012. Traditional and modern methods for the identification of thrips (Thysanoptera) species. *Journal of Pest Science*, 85, 2: 179–190.

- Monci, F., Navas-Castillo, J., Moriones, E. 2001. Evidence of a naturally occurring recombinant between Tomato yellow leaf curl virus and Tomato yellow leaf curl Sardinia virus in Spain. *Plant Disease*, 85: 1289.
- Mound, L. A., Halsey, S. H. 1978. *Whitefly of the World*. British Museum (Natural History), John Wiley & Sons, Chichester: 340. str.
- Navas-Castillo, J., Camero, R., Bueno, M., Moriones, E. 2000. Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Disease*, 84: 835–837.
- Ozores-Hampton, M., Stansly, P. A., McAvoy, E. 2013. Evaluation of round and Roma-type tomato varieties and advanced breeding lines resistant to tomato yellow leaf curl virus in Florida. *HortTechnology*, 23, 5: 689–698.
- Pappas, M. L., Migkou, F., Broufas, G. D. 2013. Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in greenhouse populations of the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Greece. *Applied Entomology and Zoology*, 48, 3: 373–378.
- Perme, S., Trdan, S. 2005. Ugotavljanje učinkovitosti štirih vrst entomopatogenih ogorčic (Rhabditida) za zatiranje rastlinjakovega ščitkarja (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood, Homoptera, Aleyrodidae). Zbornik predavanj in referatov 7. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, 8. –10. marec 2005, Zreče, Slovenija. Maček, J. (ur.). Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 344–348.
- Perring, T. M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*, 20: 725–737.
- Polston, J. E., Anderson, P. K. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. *Plant Disease*, 81: 1358–1369.
- Remic, M., Milevoj, L., Pintar, M. 2009. Vpliv nekaterih dejavnikov na naselitev navadne pršice (*Tetranychus urticae* Koch) na krizanteme *Chrysanthemum 'Veria Dark'* in 'Cassablanca White'. *Acta agriculturae Slovenica*, 93, 3: 345–355.
- Russell, L. M. 1948. *The North American species of whiteflies of the genus Trialeurodes*. Miscellaneous Publications. US Dept. of Agriculture, 635: 1–85.
- Sánchez-Campos, S., Navas-Castillo, J., Camero, R., Soria, C., Díaz, J. A., Moriones, E. 1999. Displacement of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)-Sr by TYLCV-Is in tomato epidemics in Spain. *Phytopathology*, 89: 1038–1043.
- Schlee, D. 1970. Verwandtschaftsforschung an fossilen und rezenten Aleyrodina (Insecta, Hemiptera). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde aus dem Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart*, 213: 1–72.
- Seljak, G. 2013. Dinamika vnosa tujerodnih fitofagnih žuželk in pršic v Slovenijo. *Acta Entomologica Slovenica*, 21, 2: 85–122.
- Smith, I. M., McNamara, D. G., Scott, P. R., Holderness, M. 1997. *Quarantine Pests for Europe*. 2nd Ed. EPPO/CAB International, Wallingford, UK.
- Tomar, S., Malik, K., Sharma, S., Lal, M., Kaushik, S. K., Singh, B. 2013. The internal transcribed spacer 1 region, a quick tool for molecular identification of *Bemisia tabaci*. *Vegetos*, 26: 160–164.
- Trdan, S., Kač, M., Bobnar, A., Modic, Š. 2003. Research on the efficacy of the yellow sticky boards to control the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L., Aleyrodidae) on Brussels sprouts. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kmetijstvo*, 81, 1: 171–177.
- Trdan, S., Papler, U. 2002. Susceptibility of four different vegetable brassicas to cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella* L., Aleyrodidae) attack. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen*, 67, 3: 531–535.
- Trdan, S., Žnidarčič, D., Vidrih, M. 2007. Control of *Franckliniella occidentalis* on greenhouse-grown cucumbers: an efficacy comparison of foliar application of *Steinernema feltiae* and spraying with abamectin. *Russian Journal of Nematology*, 15, 1: 25–34.



# SEZNAM UPORABLJENIH IMEN RASTLINSKIH VIRUSOV

<b>kratica</b>	<b>mednarodno ime</b>	<b>slovensko ime</b>
<b>ArMV</b>	<i>Arabis mosaic virus</i>	virus mozaika repnjaka
<b>AILV</b>	<i>Artichoke Italian latent virus</i>	italijanski latentni virus artičoke
<b>AWMV</b>	<i>Aubian wheat mosaic virus</i>	
<b>BaMMV</b>	<i>Barley mild mosaic virus</i>	virus blagega mozaika ječmena
<b>BSMV</b>	<i>Barley stripe mosaic virus</i>	virus črtastega mozaika ječmena
<b>BYDV - MAV</b>	<i>Barley yellow dwarf virus-MAV</i>	virus MAV rumenena in pritlikavosti ječmena
<b>BYDV - PAV</b>	<i>Barley yellow dwarf virus-PAV</i>	virus PAV rumenena in pritlikavosti ječmena
<b>BaYMV</b>	<i>Barley yellow mosaic virus</i>	virus rumenega mozaika ječmena
<b>BCMV</b>	<i>Bean common mosaic virus</i>	virus navadnega mozaika fižola
<b>BLCV</b>	<i>Beet leaf curl virus</i>	virus kodravosti listov pese
<b>BNYVV</b>	<i>Beet necrotic yellow vein virus</i>	virus nekroze in rumenena žil pese
<b>BPYV</b>	<i>Beet pseudoyellows virus</i>	virus neprave rumenice pese
<b>BSBMV</b>	<i>Beet soil-borne mosaic virus</i>	s prstjo prenosljivi virus mozaika pese
<b>BSBV</b>	<i>Beet soil-borne virus</i>	s prstjo prenosljivi virus pese
<b>BVQ</b>	<i>Beet virus Q</i>	virus Q pese
<b>BlShV</b>	<i>Blueberry shock virus</i>	virus nenadnega odziva borovnice
	<i>Calla lily chlorotic spot virus</i>	
	<i>Capsicum chlorosis virus</i>	
<b>ChNV</b>	<i>Chenopodium necrosis virus</i>	virus nekroze metlike
<b>ChRV</b>	<i>Cherry rosette virus</i>	virus rozetavosti češnje
<b>CRLV</b>	<i>Cherry rasp leaf virus</i>	virus raskavosti listov češnje
<b>CWMV</b>	<i>Chinese wheat mosaic virus</i>	kitajski virus mozaika pšenice
<b>CSNV</b>	<i>Chrysanthemum stem necrosis virus</i>	virus nekroze stebel krizanteme
<b>CiYMV</b>	<i>Citrus yellow mosaic virus</i>	virus rumenega mozaika citrusov
<b>CLSV</b>	<i>Cucumber leaf spot virus</i>	virus pegavosti listov kumare
<b>CMV</b>	<i>Cucumber mosaic virus</i>	virus mozaika kumare
<b>CSBV</b>	<i>Cucumber soil-borne virus</i>	s prstjo prenosljivi virus kumare
<b>CVYV</b>	<i>Cucumber vein yellowing virus</i>	virus rumenena žil kumare
<b>CYSDV</b>	<i>Cucurbit yellow stunting disorder virus</i>	virus rumenena, zakrnelosti in motenj buče
<b>FLNV</b>	<i>Freesia leaf necrosis virus</i>	
<b>GFLV</b>	<i>Grapevine fanleaf virus</i>	virus pahljačavosti listov vinske trte
<b>GLRaV-1</b>	<i>Grapevine leafroll-associated virus 1</i>	z zvijanjem listov vinske trte povezani virus 1
<b>GLRaV-2</b>	<i>Grapevine leafroll-associated virus 2</i>	z zvijanjem listov vinske trte povezani virus 2
<b>GLRaV-3</b>	<i>Grapevine leafroll-associated virus 3</i>	z zvijanjem listov vinske trte povezani virus 3
<b>GLRaV-4</b>	<i>Grapevine leafroll-associated virus 4</i>	z zvijanjem listov vinske trte povezani virus 4
<b>GVA</b>	<i>Grapevine virus A</i>	virus A vinske trte
<b>GVB</b>	<i>Grapevine virus B</i>	virus B vinske trte
<b>GVE</b>	<i>Grapevine virus E</i>	virus E vinske trte

<b>kratica</b>	<b>mednarodno ime</b>	<b>slovensko ime</b>
GBNV	<i>Groundnut bud necrosis virus</i>	virus nekroze brstov zemeljskega oreška
GRSV	<i>Groundnut ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti zemeljskega oreška
INSV	<i>Impatiens necrotic spot virus</i>	virus nekrotične pegavosti vodenke
IPCV	<i>Indian peanut clump virus</i>	indijski virus zavrte rasti arašida
IYSV	<i>Iris yellow spot virus</i>	virus rumene pegavosti perunike
LBVaV	<i>Lettuce big-vein associated virus</i>	z velikimi žilami solate povezani virus
LMV	<i>Lettuce mosaic virus</i>	virus mozaika solate
LRNV	<i>Lettuce ring necrosis virus</i>	virus obročkavosti in nekroze solate
LNV	Lisianthus necrosis virus	
LChV-1	<i>Little cherry virus 1</i>	virus 1 majnih češenj
LChV-2	<i>Little cherry virus 2</i>	virus 2 majnih češenj
MCMV	<i>Maize chlorotic mottle virus</i>	virus klorotične lisavosti koruze
MNSV	<i>Melon necrotic spot virus</i>	virus nekrotične pegavosti melone
	Melon yellow spot virus	
MRSV	<i>Mulberry ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti murve
OGSV	<i>Oat golden stripe virus</i>	virus zlate črtavosti ovsu
OMV	<i>Oat mosaic virus</i>	virus mozaika ovsu
PEBV	<i>Pea early-browning virus</i>	virus zgodnjega rjavenja navadnega graha
PSbMV	<i>Pea seed-borne mosaic virus</i>	s semenom prenosljivi virus mozaika navadnega graha
PRMV	<i>Peach rosette mosaic virus</i>	virus rozetavosti in mozaika breskev
	Peanut chlorotic fan-spot virus	
PCV	<i>Peanut clump virus</i>	virus zavrte rasti arašida
	Peanut yellow spot virus	
PFBV	<i>Pelargonium flower break virus</i>	virus razbarvanja cvetov pelargonije
PepMV	<i>Pepino mosaic virus</i>	virus mozaika pepina
PRV	<i>Pepper ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti paprike
PolRSV	<i>Polygonum ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti dresni
PLRV	<i>Potato leafroll virus</i>	virus zvijanja listov krompirja
PMTV	<i>Potato mop-top virus</i>	virus mop-top krompirja
PVA	<i>Potato virus A</i>	virus A krompirja
PVM	<i>Potato virus M</i>	virus M krompirja
PVS	<i>Potato virus S</i>	virus S krompirja
PVX	<i>Potato virus X</i>	virus X krompirja
PVY	<i>Potato virus Y</i>	virus Y krompirja
PNRSV	<i>Prunus necrotic ringspot virus</i>	virus nekrotične obročkaste pegavosti breskve
RBDV	<i>Raspberry bushy dwarf virus</i>	virus grmičavosti in pritlikavosti malinjaka
RRSV	<i>Raspberry ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti malinjaka
RCNMV	<i>Red clover necrotic mosaic virus</i>	virus nekrotičnega mozaika črne detelje
RDV	<i>Rice dwarf virus</i>	virus pritlikavosti riža
RNMV	<i>Rice necrosis mosaic virus</i>	virus nekroze in mozaika riža
RSV	<i>Rice stripe virus</i>	virus črtavosti riža
SBCMV	<i>Soil-borne cereal mosaic virus</i>	s prstjo prenosljivi virus mozaika žitaric
SBWMV	<i>Soil-borne wheat mosaic virus</i>	s prstjo prenosljivi virus mozaika pšenice

<b>kratica</b>	<b>mednarodno ime</b>	<b>slovensko ime</b>
SrCSV	<i>Sorghum chlorotic spot virus</i>	virus klorotične pegavosti sirka
SBMV	<i>Southern bean mosaic virus</i>	južni virus mozaika fižola
SoMV	<i>Sowbane mosaic virus</i>	virus mozaika metlike
SYVV	<i>Sowthistle yellow vein virus</i>	virus rumenih žil škrbinke
SqNV	<i>Squash necrosis virus</i>	
SLRSV	<i>Strawberry latent ringspot virus</i>	latentni virus obročkaste pegavosti vrtnega rdečega jagodnjaka
TMV	<i>Tobacco mosaic virus</i>	virus mozaika tobaka
TNV	Tobacco necrosis virus	virus nekroze tobaka
TNV-A	<i>Tobacco necrosis virus A</i>	virus nekroze tobaka A
TNV-D	<i>Tobacco necrosis virus D</i>	virus nekroze tobaka D
TRV	<i>Tobacco rattle virus</i>	virus šelestanja tobaka
TRSV	<i>Tobacco ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti tobaka
TSV	<i>Tobacco streak virus</i>	virus progavosti tobaka
TSV	Tobacco stunt virus	
TAV	<i>Tomato aspermy virus</i>	virus aspermije paradižnika
TBRV	<i>Tomato black ring virus</i>	virus črne obročavosti paradižnika
ToCV	<i>Tomato chlorosis virus</i>	virus kloroze paradižnika
TCSV	<i>Tomato chlorotic spot virus</i>	virus klorotične pegavosti paradižnika
TICV	<i>Tomato infectious chlorosis virus</i>	infektivni virus kloroze paradižnika
ToMV	<i>Tomato mosaic virus</i>	virus mozaika paradižnika
ToRSV	<i>Tomato ringspot virus</i>	virus obročkaste pegavosti paradižnika
TSWV	<i>Tomato spotted wilt virus</i>	virus pegavosti in uvelosti paradižnika
	Tomato yellow fruit ring virus	
TYLCMaV	<i>Tomato yellow leaf curl Malaga virus</i>	malaški virus rumenjenja in kodravosti listov paradižnika
TYLCSV	<i>Tomato yellow leaf curl Sardinia virus</i>	sardinijski virus rumenjenja in kodravosti listov paradižnika
TYLCV	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	virus rumenjenja in kodravosti listov paradižnika
TMMMV	<i>Tulip mild mottle mosaic virus</i>	virus nežne lisavosti in mozaika tulipana
WYSV	Watercress yellow spot virus	
WSMoV	<i>Watermelon silver mottle virus</i>	virus srebrne lisavosti lubenice
WSSMV	<i>Wheat spindle streak mosaic virus</i>	virus vretenaste progavosti in mozaika pšenice
WYMV	<i>Wheat yellow mosaic virus</i>	virus rumenega mozaika pšenice
ZLCV	<i>Zucchini lethal chlorosis virus</i>	letalni virus kloroze bučk



# STVARNO KAZALO

## A

Actinidia chinensis 55  
Aeolothrips intermedius 33, 45  
afriška vijolica 34  
agrumb volnati kapar 56  
aktinidijski 55  
alate 25  
Aleuroclava aucubae 88  
Aleurodicinae 88  
Aleurodicus dispersus 87  
Aleyrodes proletella 10, 87, 90, 100  
Aleyrodidae 87, 98, 99, 100  
Alfamovirus 14, 27  
Allotrichodorus 62  
Amblydromalus limonicus 96  
ameriški kapar 55  
andropara 25  
anhocikličen 41  
Aphididae 12, 23, 31, 32  
Aphis craccivora 28  
Aphis fabe 28  
Aphis frangulae 29  
Aphis gossypii 28  
Aphis nasturtii 29  
aptere 25  
arašid  
Asterolecaniidae 47, 55  
Aulacorthum solani 29

## B

bakteriocite 28  
bakteriom 23  
Begomovirus 5, 16, 92  
bele muhe 89  
beli gaber 56  
beli slizek 79  
Bemisia tabaci 12, 28, 31, 87, 88, 91, 96, 98, 99, 100  
Benyvirus 79  
biotično varstvo 97  
biotip 35, 91, 93  
bodalo 9, 12, 13, 14, 28, 61, 64, 65, 90  
bolezensko znamenje 27, 37, 41, 82, 83  
bolšice 87, 89  
borovnica 55

Brachycaudus 29  
Brachycaudus cardui 29  
Brachycaudus helichrysi 29  
bradatost korena pese 83  
Brassicaceae 77  
brazgotine 36, 38  
breskev 55, 62, 63, 69, 103  
Brevicoryne brassicae 29  
Buchnera 23, 28, 31  
Bunyaviridae 38  
Bymovirus 16, 79

## C

Carlavirus 14, 27, 92  
Carmovirus 16, 21, 38  
Carpinus betulus 56  
Castanea sativa 55  
Caulimovirus 14, 27  
Cavariella aegopodii 29  
cepljenje 11, 16, 17  
Cercozoa 77, 84  
Cerococcidae 47  
Ceroplastes japonicus 10, 47, 49, 50, 55  
Ceroplastes rusci 53  
Chenopodiaceae 79  
Chenopodium polyspernum 79  
Cheravirus 62  
Chirothrips pallidicornis 38  
cirkulacijski 13, 15, 27  
citrusi 55  
Citrus sp. 55  
Closterovirus 14, 27, 53, 95  
Coccoidea 23, 47, 57, 58  
Coccus hesperidum 53  
Coccus longulus 53  
Coccus pseudomagnoliarum 55  
columbiana 79  
Cornus sanguinea 51  
Corylus avellana 55  
CP 28, 70, 71  
Crataegus monogyna 51  
Crinivirus 92, 94, 95  
Cucumovirus 14, 21, 27  
Cucurbitaceae 77  
Cuscuta 16, 93

cvetlični resar 33, 34, 35, 38, 41, 90  
cvetni prah 11, 20  
Cytorhabdovirus 15, 27

## Č

čebula 35  
češnja 55  
češplja 55  
češpljev kapar 49, 51, 52, 54, 55  
čremsina uš 28, 30  
črna fižolova uš 12, 28, 29  
črni gaber 56

## D

deformacija 26, 61, 82  
*Delphastus catalinae* 96  
*Dendrothrips ornatus* 33  
*Dialeurodes citri* 88  
*Diaspididae* 47, 48, 49, 55  
*Diaspidiotus perniciosus* 47, 54, 55  
*Diaspidiotus viticola* 49  
*Diospyros kaki* 55  
dvodomen 25, 26, 30

## E

eksocitoza 27  
ektoparazitski 61  
*Enamovirus* 16, 27  
*Encarsia formosa* 10, 96, 99  
endocitoza 27  
endoparazitski 61  
endosimbiont 23, 28  
enodom 25  
eradikacija 42  
*Eremocerus eremicus* 96  
*Eriococcidae* 47  
*Eriophyoidae* 12  
*Eupulvinaria hydrangeae* 55

## F

*Fabavirus* 14, 27  
facelija 38  
*Filippia follicularis* 55  
*Frankliniella* 9, 33, 34, 36, 39, 40, 44, 45, 46, 90, 100

*Frankliniella bispinosa* 36, 40  
*Frankliniella fusca* 40  
*Frankliniella intonsa* 36, 40  
*Frankliniella occidentalis* 9, 33, 34, 39, 44, 45, 46, 90, 100

*Fraxinus excelsior* 56  
*Furovirus* 16, 79

## G

gen za odpornost 42  
gerbera 41  
gigantske celice 61  
gladiolov resar 33, 36  
gliva 77, 81, 82, 96  
glivam podobni organizmi 5, 12  
glove sajavosti 26  
golšavost kapusnic 77  
*GroEL* 28, 31

## H

*Haplothrips* 34, 38, 43, 45  
*Haplothrips tritici* 38, 43, 45  
HC 15, 27, 28  
*Helicoccus bohemicus* 49, 53  
*Heliothrips haemorrhoidalis* 36  
hemimetabola 25  
hemimetabolni 48  
hemocel 13, 27  
hemolimfa 13, 15, 27, 28  
*Hercinothrips femoralis* 33, 36  
heterocičen 25  
holocikličen 25, 30  
holometabolni 48  
horizonatalni 20, 21  
hrošči 12, 14, 16  
hrušev resar 33  
hruška 55  
*Hyperomyzus lactucae* 27

## I

identifikacija 31, 32, 72  
*Ilarvirus* 20, 38  
insekticid 37, 42, 48, 91, 92, 96, 97  
izguba pridelka 37, 42  
izrastki 26

**J**

jablana 25, 55, 68  
 japonski kapar 55  
 ječmen 18, 19, 28, 30, 38, 79, 81, 102  
*Juglans regia* 55

**K**

kaki 55  
 kaparji 7, 12, 14, 23, 48, 49, 50, 53, 56, 87  
 kaparji s trdno zaščitno oblogo 48  
 kapusov ščitkar 87, 88, 90, 96  
 karantenski 42, 65, 73, 95  
 Kermesidae 47  
 kloroza 77  
 kloroza listnih žil solate 77  
 kodravost 26, 92, 93, 95, 102, 104  
 koreninska uš 26, 47  
 koruza 69  
 koruzna uš 30  
 kranjski Longidorus 67  
 krhlikova uš 28  
 krilat 24, 25, 28, 30, 48, 50, 51  
 krizantema 39, 41, 91, 100, 102  
 križnice 91  
 krompir 80, 91  
 krvava uš 26  
 kužnost 11, 14, 27

**L**

*L. caespiticola* 67  
*L. carniolensis* 67  
*L. elongates* 67  
 leska 55  
*L. heveticus* 67  
*Lichtensia viburni* 55  
 ligustrov resar 33  
*Linum* 77  
*Liothrips* 34  
 listne uši 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 23, 24, 25, 26,  
     27, 29, 30, 32  
*L. juvenilis* 67, 68, 70  
*L. leptocephalus* 67, 75  
*L. moesicus* 67  
*Longidoridae* 62, 64, 74, 75  
*longidoride* 64, 66  
*Longidoroides* 62

Longidorus 10, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 71, 72, 74,  
     75  
*Longidorus africanus* 65  
*Longidorus elongatus* 62, 65, 67, 68, 70  
*Luteovirus* 16, 27

**M**

*Machlomovirus* 14, 38  
*Macluravirus* 14, 27  
*Macrolophus pygmaeus* 96  
*Macrosiphum euphorbiae* 29  
*Malus domestica* 55  
 marelica 55  
 Margarodidae 47  
*Massilieurodes chittendeni* 88  
 medena rosa 90  
 mehkokožni kaparji 48  
*Metapholophium dirhodum* 29, 30  
 micetom 23  
*Microcephalothrips abdominalis* 38  
 moljevke 23, 87  
 monoecičen 25  
 monofag 51  
*Monotrichodorus* 62  
*Morus alba* 55  
*Morus nigra* 55  
 mravlje 90  
 mulj 83, 84  
 murva 55  
 murvov kapar 55  
*Musa* 36, 58  
*Myzus ascalonicus* 29  
*Myzus certus* 29  
*Myzus humuli* 29  
*Myzus persicae* 6, 9, 12, 28, 29, 30

**N**

*Nanovirus* 16, 27  
 navadna ajda 38  
 navadna pršica 90  
 navadni oreh 55  
 navadni trtni kapar 49, 51, 54  
 necirkulacijski 13, 14, 27, 71  
 nekrilat 24, 25, 28  
*Neopulvinaria innumerabilis* 7, 47, 49, 51, 53,  
     55, 58  
 neperzistenten 27, 28

nepopolna preobrazba 25, 48  
neposredna škodljivost 37, 90  
Nepovirus 14, 20, 62, 64  
nesklerotiziran 51  
nimfa 23, 24, 25, 52, 89  
Nucleorhabdovirus 15, 27

## O

odontofor 64, 65, 71  
odontostilet 64, 65, 71  
ogorčice 5, 11, 12, 13, 14, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 72  
okrasne rastline 18  
*Olea europaea* 55  
oljka 55  
*Olpidaceae* 77  
*Olpidium bornovanus* 19, 77, 84  
*Olpidium brassicae* 77, 84, 85  
*Olpidium radicale* 84  
*Ophiovirus* 82  
*Ortheziidae* 47  
*Ostrya carpinifolia* 56  
oves 79  
ovipara 25  
oviparno 25

## P

*Palaeolecanium bituberculatum* 55  
paprika 20, 38, 41, 64, 87, 91, 94, 103  
*Paralongidorus* 62, 66, 74  
*Parasaissetia nigra* 53  
*Paratrichodorus* 61, 62, 64, 71  
*Paraxiphidorus* 62  
partenogenetsko 52, 89  
*Parthenolecanium corni* 7, 49, 52, 53, 55, 58  
*Parthenolecanium persicae* 55, 58  
*Parthenolecanium rufulum* 55  
PCR 25, 31, 57, 72  
*Pealius azaleae* 88  
*Peclovirus* 79  
pelod 19, 20  
perzistenten 27  
*Phenacoccus aceris* 53, 56, 58  
*Phlaeothripidae* 34, 37  
*Phorodon humuli* 29  
*Planococcus citri* 50, 53, 55, 56, 58  
*Planococcus ficus* 7, 10, 49, 50, 53, 54, 59

*Plantago* 77  
*Plasmodiophora* 77, 84  
*Plasmodiophora brassicae* 77, 84  
*Plasmodiophorida* 12, 77, 79, 80, 81  
plaščni protein 15, 70  
plazmodij 78, 80, 81  
*Poaceae* 77, 79  
*Polerovirus* 27  
*Polymyxa* 8, 13, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 85  
*Polymyxa betae* 79, 83, 84, 85  
*Polymyxa graminis* 77, 84, 85  
*Pomovirus* 79  
pomožni protein 15, 28, 70, 71  
popolna preobrazba 48  
por  
posredna škodljivost 37  
*Potyvirus* 14, 20, 27  
požiralniški bulbus 64  
prašnata krastavost krompirja 77  
pravi kostanj 55  
predenica 16  
pritlikavost 27, 41  
progasti resar 33  
propagativen 14, 15, 16, 27  
prsokljunci 23, 87, 88, 89  
pršice 5, 12, 14, 16, 100  
*Prunus* 30, 38, 55, 56, 69, 103  
*Prunus armeniaca* 55  
*Prunus avium* 55  
*Prunus domestica* 55  
*Prunus persica* 55  
*Pseudaulacaspis pentagona* 47, 55  
*Pseudococcidae* 7, 47, 48, 49, 50, 53, 55, 57, 58, 59  
*Pseudococcus calceolariae* 53  
*Pseudococcus comstocki* 53  
*Pseudococcus longispinus* 49, 53  
*Pseudococcus maritimus* 53, 56, 58  
*Pseudococcus viburni* 53  
*Psyllina* 23  
*Psyloidea* 23, 99  
pšenica 23, 30, 38, 78, 81, 102, 103, 104  
*Puccinia* 36  
*Pulvinaria hydrangeae* 47  
*Pulvinaria vitis* 7, 49, 52, 53, 58  
puparij 51, 89  
*Pyrus communis* 55

**R**

rasa 35  
 rastlinjakov resar 36  
 rastlinjakov ščitkar 87, 91, 95  
 razbarvanje 27, 38, 65, 103  
 rdeči dren 51  
 receptosomi 27  
 resarji 6, 12, 37, 38  
*Rhizaria* 77  
*Rhopalosiphum insertum* 29  
*Rhopalosiphum maidis* 9, 30  
*Rhophalosiphum padi*  
*Ribes rubrum* 55  
 ribez 55  
 rizomanija 77  
 riž 12, 79, 193  
*Robinia pseudoacacia* 51  
 robinija 51

**S**

sadno drevje 37, 47, 54, 55, 56  
*Sadvavirus* 62  
*Saintpaulia ionantha* 34  
*Saissetia oleae* 47, 55  
*Saissetia* sp 53  
 sajavost 52  
*Schizaphis graminum* 30  
*Scirtothrips* 36, 37, 38, 40, 43  
*Scirtothrips aurantii* 36, 43  
*Scirtothrips citri* 38  
 seme 18, 20  
 semiedoparazitski 61  
 semiperzistenten 14  
 sensu stricto 65, 72  
*Sequivirus* 14, 27  
 sesalo 12, 13, 14  
 simbionin 28  
 sincicij 61  
*Sitobion avenae* 9, 23, 24, 28, 29, 30, 31  
 siva breskova uš 12, 28, 29  
 sklerotiziran 50  
 sladkorna pesa 27, 38, 77, 79, 83, 95  
 slinavke 13, 15, 27  
 smokvin volnati kapar 49, 50, 59  
*Sobemovirus* 16, 20, 38  
*Solanum* 29, 77, 93, 94, 95, 98  
*Solanum nigrum* 93, 94, 95, 98

*Spongospora* 8, 13, 77, 80, 81, 85  
*Spongospora subterranea* 77, 80, 85  
 sporangijska 80, 81  
 sporogena 80, 81  
 srebrenje 36, 90  
*Sternorrhyncha* 23, 32, 47, 57, 87, 98, 99  
*subtropicalis* 79  
 svetla žitna uš 30

**Š**

ščitkarji 5, 8, 12, 14, 16, 23, 88, 90, 92, 95, 96, 97  
 šiške 31, 37  
 škoda 6, 38, 82  
 škržatki 12, 14, 15, 16

**T**

*T. abutilonea* 91, 92, 95  
*Taeniothrips inconsequens* 9, 33, 34, 45  
*Targionia vitis* 49  
*temperata* 79  
*Terebrantia* 33, 46  
*Tetranychus urticae* 90, 100  
*Thripidae* 34, 38, 39, 43, 44, 45, 46  
*Thripinae* 38, 44  
*Thrips* 9, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46  
*Thrips angusticeps* 38  
*Thrips inconsequens*  
*Thrips meridionalis* 36  
*Thrips palmi* 35, 40, 44  
*Thrips simplex* 33, 36, 44  
*Thrips tabaci* 9, 33, 37, 40, 43, 44, 45, 46  
*Thysanoptera* 12, 33, 34, 35, 36, 43, 44, 45, 46, 88, 99  
*Tilia platyphyllos* 51  
 tobak 77  
 tobakov resar 33, 36, 37, 38, 39, 41  
 tobakov ščitkar 12, 87, 92, 93, 94, 95  
*Tobravirus* 14, 62  
*Tombusviridae* 77, 81  
*Tospovirus* 15, 38, 39  
*T. primitivus* 64, 67, 69, 70  
 trajni trosi 77, 78, 80, 83, 84  
 transovarialno 39  
*Trialeurodes vaporariorum* 87, 88, 95, 96, 99, 100  
*Trichodoridae* 62, 64, 74  
*Trichodorus* 10, 61, 62, 64, 65, 66, 71

*T. ricini* 91, 92  
trihodoride 7, 64, 65, 66  
trips 12, 14, 15, 33, 43  
*tropicalis* 79  
*trosti* 10, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84  
*Tubulifera* 33  
*tujeroden* 47, 88, 95, 100

## U

učinkovitost 15, 20, 27, 42, 70, 73, 96  
*Umbravirus* 16, 27  
univoltinost 51  
usedalni bazen 83  
uš temeljnica 25

## V

*Vaccinium myrtillus* 55  
velika žitna uš 9, 24, 30  
veliki jesen 56  
veliki trtni kapar 49, 50, 51, 54, 55  
venenje 26, 41  
verižna reakcija s polimerazo 25  
*Veronica* 77  
*Verticillium lecanii* 96  
vertikalni 20  
vinska trta 50, 68, 69  
virusnosni 23, 29, 30, 39, 42, 66, 70, 91, 97  
viviparno 9, 25  
vnesen 35, 47, 51  
volnati kaparji 50  
vrtnine 36, 37, 39, 41, 42, 88, 90, 96

## X

*X. basilgoodeyi* 67  
*X. brevicollum* 67  
*X. densispinatum* 67  
*X. diversicaudatum* 10, 67, 68, 70  
*X. elongatum* 67  
*X. globosum* 67  
*X. index* 10, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 75  
*Xiphidorus* 62  
*Xiphinema* 10, 12, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 71,  
72, 73, 74, 75  
*Xiphinema americanum* 63, 74, 75  
*Xiphinema index* 12, 61, 74, 75  
*Xiphinema rivesi* 75

*X. pachtaicum* 67  
*X. parasiatile* 67  
*X. rivesi* 10, 66, 67, 69, 73  
*X. rotundatum* 67  
*X. simile* 67  
*X. vuittenezi* 67

## Z

zakrnela rast 27  
zavarovani prostori 34, 35, 36, 42, 47, 87, 96  
zelena solatna uš 27  
zelena žitna uš 30  
zoospore 13, 78, 80, 81, 82, 83, 84  
zvijanje listov 26, 92  
žita 36, 79  
živoroden 24  
žleze slinavke 13, 15, 27











---

PRENOŠI RASTLINSKIH VIRUSOV 1

[www.kis.si](http://www.kis.si)