

KOMPLEKS VIRUSA PROUZROKOVAČA UVIJENOSTI LIŠĆA VINOVE LOZE

Danijela Ristić¹, Ivan Vučurović¹, Ivana Stanković², Ana Vučurović²,
Katarina Zečević², Branka Krstić²

¹Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

²Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet, Beograd

e-mail: risticdaca@yahoo.com

Rad primljen: 08.04.2019.

Prihvaćen za štampu: 19.04.2019.

Izvod

Brojnost virusa infektivnih za vinovu lozu stalno se povećava, tako da je do sada opisano više od 60 vrsta koji mogu da zaraze vinovu lozu. Paralelno sa globalnom ekspanzijom vinogradarske i vinarske industrije zapaženo je povećanje učestalosti i ekonomskog značaja oboljenja uvijenosti lišća vinove loze (Grapevine Leafroll Disease, GLD). GLD, osim što smanjuje vitalnost i dugovečnost vinove loze, značajno smanjuje prinos i kvalitet grožđa. Epidemiologija oboljenja je nedovoljno istražena zbog kompleksnosti ove bolesti, genetički i serološki različitih vrsta unutar kompleksa i različitosti simptoma kod crvenih i belih sorti vinove loze. Kompleks virusa prouzrokovača uvijenosti lišća vinove loze (Grapevine leafroll-associated viruses, GLRaVs) čini pet različitih virusa koji pripadaju porodici *Closteroviridae*: jedna vrsta koja pripada rodu *Closterovirus* (GLRaV-2), tri rodu *Ampelovirus* (GLRaV-1, GLRaV-3, GLRaV-4, i njegovi sojevi: GLRaV-4 soj 5, GLRaV-4 soj 6, GLRaV-4 soj 9, GLRaV-4 soj Pr, GLRaV-4 soj De i GLRaV-4 soj Car) i jedna vrsta iz roda *Velarivirus* (GLRaV-7). GLRaVs se prenose kalemljenjem i propagativnim materijalom (podloga i vijoka), a neke vrste i štitastim vašima. Virus koji izaziva uvijenost lišća se obično javlja u mešanoj infekciji, a često su prisutni i u mešanoj infekciji sa drugim virusima vinove loze. Ranija istraživanja sprovedena u vinogorjima u Srbiji utvrdila su prisustvo GLRV-1, -2 i -3, pri čemu je GLRaV-3 bio najzastupljeniji. Ukoliko je širenje virusa unutar zasada putem vektora izraženo, krčenje ili uklanjanje zaraženih čokota, kontrola štitastih vaši i adekvatne sanitarne mere mogu redukovati nove infekcije.

Ključne reči: vinova loza, uvijenost lišća, kompleks virusa, *Closterovirus*, *Ampelovirus*, *Velarivirus*

UVOD

Oboljenja izazvana fitopatogenim virusima predstavljaju ograničavajući faktor rentabilne proizvodnje vinove loze. Osim smanjenja prinosa u količini i kvalitetu grožđa, negativan uticaj virusnih oboljenja može se ogledati i u smanjenju vitalnosti vinove loze čime direktno utiču na njihovu otpornost na nepovoljne spoljašnje uslove, prvenstveno niske temperature i skraćuju eksploatacioni vek vinograda. Velike poteškoće mogu prouzrokovati i u proizvodnji reproduktivnog materijala kroz smanjenu sposobnost ukorenjivanja loznih kalemova, kao i slabije srašćivanje ili inkompatibilnosti podloge i vijoke (Walter and Martelli, 1996).

Iako se virusi vinove loze mogu prenositi putem vektora (nematoda, štita-stih vaši) glavni i najopasniji način prenošenja je putem zaraženog sadnog materijala. Zbog toga se u zemljama s razvijenom vinogradarskom i vinarskom industrijom velika pažnja posvećuje proizvodnji bezvirusnog sadnog materijala kao najznačajnije mere borbe protiv virusnih oboljenja. Unapređenje zdravstvenog stanja sadnog materijala putem individualne klonske i sanitarne selekcije, predstavlja polaznu meru predostrožnosti u borbi protiv virusa vinove loze.

Na vinovoj lozi je do sada otkriven i identifikovan veliki broj štetočina i patogena, uključujući viruse, viroide i fitoplazme. Tako, Martelli (2012) navodi da više od 60 vrsta virusa svrstanih u skoro 30 različitih rodova može da zarazi vinovu lozu. Svi dokazani virusi vinove loze klasifikovani su u četiri glavne grupe, na osnovu bolesti koje prouzrokuju:

- infektivna degeneracija čiji su prouzrokovaci virus lepezavosti lišća vinove loze=virus infektivne degeneracije vinove loze (*Grapevine fanleaf virus*, GFLV) i drugi evropski *Nepovirus*-i,
- uvijenost lišća vinove loze koju prouzrokuje kompleks virusa (*Grapevine leafroll-associated viruses*, GLRaVs),
- jamičavost, plutavost i brazdavost drveta vinove loze koje prouzrokuje kompleks virusa (*Rugose wood complex*) i
- pegavost ili mrljavost vinove loze (*Grapevine fleck virus*, GFkV).

Kompleks virusa uvijenosti lišća vinove loze (*Grapevine leafroll-associated viruses*, GLRaVs)

Rasprostranjenost i značaj. Uvijenost lišća vinove loze (*Grapevine Leafroll Disease*, GLD) je najrasprostranjenija i ekonomski najštetnija bolest u mnogim vinogradarskim regionima širom sveta. Dugo je poznata kao bolest evropske loze (*Vitis vinifera*), čiji simptomi variraju u zavisnosti od sorte vinove loze, broja i vrsta virusa koji zaražavaju lozu (Krake, 1993). Američke i azijske vrste roda *Vitis* najčešće su nosioci latentne zaraze i osim smanjenja vitalnosti čokota ne

ispoljavaju vidljive simptome. Izuzetak čine vrste *V. riparia* Gloire, *V. coignetiae* i *V. californica* koje u zavisnosti od prisustva virusa ispoljavaju crvenilo lišća (Greif et al., 2003; Saldarelli et al., 2005; Klaassen et al., 2011). Nedavna ekonomska studija pokazala je da GLD u zavisnosti od stepena učestalosti bolesti, znatno smanjuje prinos i kvalitet ploda, a procenjeni gubici su približno od \$25,000 do \$40,000 po hektaru, u odsustvu adekvatnih mera kontrole (Atallah et al., 2012). Takođe, zabeležena je ekonomska štetnost GLD koja se ogledala u smanjenju prinosa i kvaliteta ploda između 14 i 40%. Glavni uzroci ovakvih gubitaka su pre svega izbor kultivara podloge, starost vinove loze i vreme infekcije, pojedinačne ili mešane virusne infekcije i uslovi spoljašnje sredine (Guidoni et al., 1997; Cabaleiro et al., 1999; Kovacs et al., 2001; Basso et al., 2010). Paralelno sa globalnom ekspanzijom vinogradarske i vinarske industrije zapaženo je i povećanje učestalosti i ekonomskog značaja GLD. Uprkos činjenici da je GLD još pre nekoliko decenija prepoznata kao potencijalna pretnja proizvodnji grožđa, epidemiologija bolesti je nedovoljno istražena zbog kompleksnosti ove bolesti, genetički i serološki različitih vrsta unutar kompleksa i različitosti simptoma kod crvenih i belih sorti vinove loze.

Tako je do 2011. godine u okviru kompleksa uvijenosti lišća vinove loze izdvojeno 12 različitih virusa koji spadaju u familiju *Closteroviridae*: jedna vrsta koja pripada rodu *Closterovirus* (GLRaV-2), 10 iz roda *Ampelovirus* (GLRaV-1, -3, -4, -5, -6, -8, -9, GLRaV-Pr, GLRaV-De, GLRaV-Car) i jedna vrsta iz roda *Velarivirus* (GLRaV-7).

Međutim, najnovija istraživanja na osnovu veličine i organizacije celog genoma GLRaVs, pokazale da su GLRaV-5, -6, -9, GLRaV-Pr, GLRaV-De, i GLRaV-Car sojevi virusa GLRaV-4 (“GLRaV-4-like”), dok se GLRaV-8 smatra pogrešno ustanovljenom ili nevažecom vrstom iz kompleksa, što je dovelo do smanjenja broja vrsta i nove taksonomske podele:

Rod: *Closterovirus*

Grapevine leafroll-associated virus 2 (GLRaV-2)

Rod: *Ampelovirus*

Grapevine leafroll-associated virus 1 (GLRaV-1)

Grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3)

Grapevine leafroll-associated virus 4 (GLRaV-4) i njegovi sojevi: GLRaV-4 soj 5, GLRaV-4 soj 6, GLRaV-4 soj 9, GLRaV-4 soj Pr, GLRaV-4 soj De i GLRaV-4 soj Car

Rod: *Velarivirus*

Grapevine leafroll-associated virus 7 (GLRaV-7)

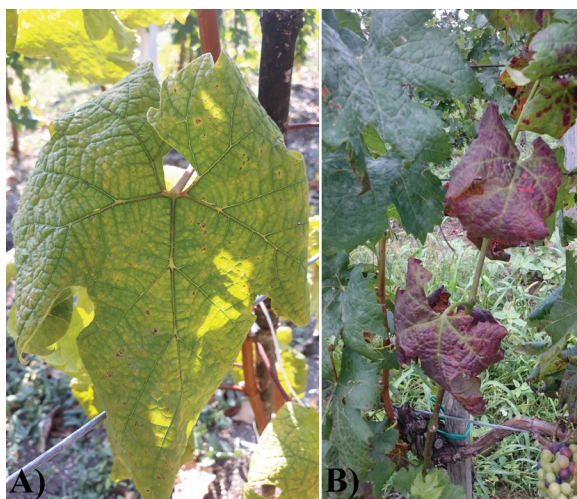
Za viruse koji izazivaju uvijenost lišća vinove loze karakteristična je neravnomerna raspoređenost u biljci i prisustvo u niskoj koncentraciji. Pojava ovih virusa u mešanoj infekciji, kako međusobno tako i sa drugim virusima vinove loze, dovodi do sinergističnih ili antagonističnih interakcija.

Ranija istraživanja sprovedena u vinogorjima u Srbiji utvrdila su prisustvo GLRV-1, -2 i -3, pri čemu je GLRaV-3 bio najzastupljeniji (Starović et al., 2003; Ivanović i sar., 2006; Starović i sar., 2008).

Osobine virusa. Virusi uvijenosti lišća vinove loze su morfološki slični, dok se serološki i molekularno razlikuju. Čestice GLRaVs su izdužene, filamentozne, dužine koja varira od 1400 do 2200 nm i širine oko 12 nm. Genom virusa čini jedan linearni molekul jednolančane infektivne RNA, ss (+) RNA na čijem se 5' kraju nalazi terminalni završetak u obliku šeširića "cap", dok se na 3' kraju nalazi poly A region. GLRaVs mogu imati bipolarne virione. Veći deo nukleinske kiseline obavijaju proteinske jedinice izgrađene od CP proteina (*coat protein*, protein omotača), dok je poslednjih 600-700 nukleotida koji se nalaze na 5' kraju obavijeno proteinskim podjedinicama izgrađenim od CPm proteina (*minor coat protein*) i grade takozvani rep (*tail*) čestice. GLRaVs se genetski razlikuju na osnovu veličine i broja otvorenih okvira očitavanja (*open reading frame*, ORF). Podaci ukazuju da je genom GLRaV-4 soja 'Car' najmanji, veličine od 13,626 nukleotida (nt) i sačinjen od 6 ORF-a (7 gena), dok je gen GLRaV-3 najveći i najkompleksniji od 18,671 nt i sadrži 12 ORF-a (13 gena). Genom GLRaV-2 je veličine od 15,528 nt i sadrži 8 ORF-a i ima strukturnu organizaciju identičnu kao virus žutice šećerne repe (*Beet yellow virus*, BYV). Kod GLRaV-7 genom se sastoji od 16,496 nt i obuhvata 10 ORF-a (11 gena). Slično članovima roda *Closterovirus* i GLRaVs imaju (RGB) replikacioni genski blok koji pokriva veliki deo genoma prema 5' kraju. RGB je sačinjen od proteina koji je povezan sa replikacijom i kodiran od ORF-a 1a i 1b. Drugi ORF-i se nalaze nizvodno od RGB bloka prema 3' kraju. Specifični petostruki proteinski blok koji se sastoji od proteina molekulske mase 6-kDa (p6 ili njegov homolog), *heat-shock* proteina 70 homolog (HSP70h), proteina molekulske mase ~60-kDa (p55 ili njegov homolog), CP i CPm se nalazi kod GLRaV-1, -2, -3, dok se ne nalazi kod GLRaV-4 i njegovim sojevima -5, -6, -9, -Pr, -De i -Car, i GLRaV-7. Kao što je očekivano, redosled CP i CPm gena kod GLRaV-2 je sličan sa redosledom gena kod roda *Closterovirus*, dok kod GLRaV-1, -3, -7 redosled proteina je obrnut. GLRaV-1 pokazuje dodatnu specifičnost, njegov genom ima dve različite kopije CPm, nasuprot tome CPm nije prisutan kod GLRaV-4 i njegovih sojeva -5, -6, -9, -Pr, -De i -Car. Na osnovu veličine genoma, genetske organizacije i varijabilnosti GLRaVs u okviru roda *Ampelovirus* podeljeni su u dve podgrupe, gde GLRaV-1 i -3 čine podgrupu I, a GLRaV-4 i njegovi sojevi -5, -6, -9, -Pr, -De i -Car podgrupu II.

Simptomi. GLD je kompleksno oboljenje, a intenzitet simptoma zavisi od sorte, kombinacije podloge i vijoke, perioda vegetacije i klimatskih uslova koji preovlađuju u datim vinogorjima. Prvi simptomi na listovima obično se javljaju početkom i sredinom leta i pojačavaju se sve do kraja vegetacije u vidu uvijanja liske ka naličju, odakle i potiče naziv bolesti (Slika 1, A i B). Na obojenim sortama vinove loze tipično uvijanje liske ka naličju prati purpurno crvena obojenost

međunervalnog dela starijeg donjeg lišća. Kako vegetacija odmiče simptomi se šire na vršne listove koji poprimaju crvenu boju, dok lisni nerv i tkivo oko lisnog nerva zadržava zelenu boju. Liske su obično krte i zadebljale i opadaju pre vremena. Na belim sortama vinove loze simptomi na listovima su u vidu blagog žućenja ili hlorotičnog prošaravanja, pa je vizuelna detekcija simptoma GLD znatno teža. GLRaV-1 i GLRaV-3 prouzrokuju jake simptome uvijenosti lišća, dok GLRaV-4 se povezuje sa blagim simptomima. Američke podloge najčešće su nosioci latentne zaraze, pa osim smanjenja vitalnosti nisu vidljivi drugi simptomi (Webber et al., 1993). Osim navedenih simptoma GLRaV-2 se povezuje s problemima u srašćivanju podloge i plemke prilikom proizvodnje sadnog materijala. Navedena pojava posebno je izražena kod podloga Kober 5BB i 1103P (Pirolo et al., 2006; Greif et al., 1995).



Slika 1. A) simptomi uvijenosti lišća vinove loze na sorti ‘Smederevka’
B) simptomi uvijenosti lišća vinove loze na sorti ‘Cabernet Franc’ (Foto: orig.)

Virusi uvijenosti lišća se umnožavaju u floemu (parenhimske i ćelije pratilice), pa utiču na diferencijaciju svih njegovih delova. Zbog propadanja sprovodnog tkiva floema otežana je translokacija ugljenih-hidrata iz parenhinskog tkiva lista. Zbog nakupljanja skroba u degenerisanim hloroplastima dolazi do zadebljanja, a ivice listova postaju krte (Martelli and Boudon-Padieu, 2006). Takođe, smanjuju se ukupne količine hlorofila i karotenoida, proteina, kao i enzimske aktivnosti što za posledicu ima smanjenje fotosinteze (Bertamini et al., 2004). Smanjuje se i sadržaj kalijuma u ivicama listova, a dolazi do njegovog nakupljanja u peteljka. To je i razlog zašto se ranije ovo oboljenje vrlo često zamenjivalo sa simptomima

nedostatka kalijuma. Zbog navedenoga, prihrana kalijumom može donekle uticati na smanjenje intenziteta simptoma, ali svakako ne može sprečiti njihov razvoj (Weber et al., 1993).

GLD simptomi se značajno razlikuju između sorti, pa čak i unutar istih sorti. Neke crvene sorte, kao što su Pinot noir i Cabernet franc i bela sorta Chardonnay ispoljavaju izraženu uvijenost lišća tokom cele vegetacije. Pored toga, sojevi GLRaV-2 i GLRaV-7 mogu prouzrokovati asimptomatske infekcije kod određenih sorti vinove loze. Za testiranje sumnjivih uzoraka na prisustvo GLRaVs neophodno je koristiti osetljive dijagnostičke metode, kako bi se sa sigurnošću odredila virusna priroda bolesti i donela odgovarajuća preporuka za kontrolu bolesti (Naidu et al., 2014).

Načini prenošenja i održavanja. GLRaVs se prenose kalemljenjem i propagativnim materijalom (podloga, vijoka, lozni kalem), što je u velikoj meri značajno za širenje virusa na veće udaljenosti. Širenje virusa na manja rastojanja omogućeno je i prenošenjem štitastim vašima (Hemiptera: Pseudococcidae i Coccidae) na poluperzistentan način. Nekoliko vrsta štitastih vaši koje pripadaju rodovima *Heliococcus*, *Phenacoccus*, *Planococcus*, *Pseudococcus*, *Pulvinaria*, *Neopulvinaria*, i *Parthenolecanium*, identifikovane su kao vektori GLRaV-1, GLRaV-3, GLRaV-4 i njegovih sojeva. Najefikasniji vektori su brašnaste štitaste vaši i to ženke koje imaju funkcionalni usni aparat kojim mogu da usvoje i prenesu virus. Kako su ženke beskrilne, njihovo kretanje od čokota do čokota je ograničeno, pa je i širenje virusa u redu ili između redova sporo. Uprkos ograničenog kretanja, štitaste vaši se mogu lako preneti na veće udaljenosti vetrom ili odećom radnika ili alatom prilikom raznih agrotehničkih operacija.

Najznačajniji vektori GLRaV-1 su vrste *Heliococcus bohemicus*, *Phenacoccus aceris*, *Pseudococcus affinis*, *P. calceolariae*, *P. viburni*, *P. maritimus*, *P. comstocki*, *Pulvinaria vitis*, *Parthenolecanium corni*, i *Neopulvinaria innumerabilis*; vektori GLRaV-3 su vrste *Planococcus ficus*, *P. citri*, *Pseudococcus longispinus*, *P. calceolariae*, *P. maritimus*, *P. affinis*, *P. viburni*, *P. comstocki*, *P. aceris*, *Pulvinaria vitis*, *Neopulvinaria innumerabilis*, *Parthenolecanium corni*, *Coccus hesperidum*, *C. longulus*, *Saissetia*, *Parasaissetia*, i vrste roda *Ceroplastes*; GLRaV-4 prenose *P. longispinus* (sojevi -5 i -9), *P. ficus* (sojevi -6 i -9) i *P. aceris* (sojevi -5, -6 i -9). Ovi vektori prenose kompleks virusa na poluperzistentan način, a za obavljanje inokulacije potrebno je da se hrane 24 h.

GLRaV-2 je jedini virus uvijenosti lišća koji se prenosi putem mehaničke inokulacije zeljastih biljaka (*Nicotiana benthamiana*), i koji nema prirodne vektore. Takođe i za GLRaV-7 potencijalni vektori su još nepoznati, ali je utvrđeno da se u eksperimentalnim uslovima prenosi viličnom kosicom, *Cuscuta europea* na *Nicotiana occidentalis*. Uprkos činjenici da se nekoliko vrsta roda *Closterovirus* prenosi biljnim vašima, za sada nema dokaza da se GLRaV-2 prenosi vašima ni u eksperimentalnim, ni u prirodnim uslovima. Biljne vaši nisu uobičajene štetočine

vinove loze, iako je uočena *Aphis illinoisensis* u nekoliko područja gajenja vinove loze.

Kontrola. Najznačajnija preventivna mera oboljenja koji ovi virusi prouzrokuju je korišćenje zdravog sadnog materijala (podloga, vijoka), odnosno njegova proizvodnja kroz rigorozne sertifikovane programe uz primenu seroloških i molekularnih dijagnostičkih metoda (Martelli et al., 1993). Rasadnici moraju biti strogo kontrolisani kako bi se sprečile infekcije njihovih matičnih podloga, koje vrlo često ne pokazuju znakove infekcija (Cabaleiro, 2009).

Eliminacija GLRaVs iz zaraženog biljnog materijala može se postići primenom konvencionalne ili modifikovane termoterapije, mikropropagacijom ili primenom metode kulture apikalnog meristema *in vitro*.

Ukoliko je procenat zaraze veći od 25%, preporučljivo je potpuno krčenje vinograda. Takve mere ne samo da pomažu u održavanju profitabilnosti vinograda, već sprečavaju i dalje širenje virusa u okolne zdrave zasade. Da bi kontrola bila efikasna, vinograde treba redovno pregledati u periodu između početka zrenja i berbe, što je optimalno vreme za pojavu simptoma bolesti kod crvenih *V. vinifera* sorti. U slučaju belih sorti, i interspecijskih hibrida, kao što su podloge, gde se teško uočavaju razlike između zdravih i zaraženih čokota, neophodni su dijagnostički testovi za identifikaciju.

Kod *V. vinifera*, kao najvažnijeg prirodnog domaćina virusa iz kompleksa uvijenosti lišća, nisu pronađeni izvori otpornosti na ove viruse, te se kontrola uglavnom zasniva, osim na započinjanju proizvodnje zdravim sadnim materijalom i na suzbijanju štitastih vaši. Kod virusa koji se prenose pomoću štitastih vaši, rano otkrivanje vektora uz pomoć feromonskih klopki i pažljivim vizuelnim pregledom kore čokota u vreme mirovanja pomaže u regulisanju njihove populacije. Takođe, insekticidi sa sistemičnim delovanjem mogu smanjiti populaciju štitastih vaši (>70%), ali nisu potpuno efikasni u smanjenju širenja *Ampelovirus*-a, jer štitaste vaši ne uginu odmah nakon ishrane. Zbog toga se preporučuje primena sistemičnih u kombinaciji sa kontaktnim insekticidima koji deluju na larve čime se postiže smanjenje populacije vektora i sprečava vektorska uloga.

ZAKLJUČAK

Oboljenja izazvana fitopatogenim virusima predstavljaju ograničavajući faktor rentabilne proizvodnje vinove loze. Do sada je opisano više od 60 virusa infektivnih za vinovu lozu. Uvijenost lišća vinove loze (Grapevine Leafroll Disease, GLD) je najrasprostranjenija i ekonomski najštetnija bolest u mnogim vinogradarskim regionima širom sveta. Epidemiologija bolesti je nedovoljno istražena zbog kompleksnosti ove bolesti, genetičkih i seroloških različitih vrsta unutar kompleksa i raznolikih simptoma u zavisnosti od sorti vinove loze. U okviru kompleksa uvijenosti lišća vinove loze izdvojeno je pet različitih vrsta virusa koji

spadaju u familiju *Closteroviridae*: jedna vrsta koja pripada rodu *Closterovirus* (GLRaV-2), tri iz roda *Ampelovirus* (GLRaV-1, GLRaV -3, GLRaV -4, i njegovi sojevi: GLRaV-4 soj 5, GLRaV-4 soj 6, GLRaV-4 soj 9, GLRaV-4 soj Pr, GLRaV-4 soj De i GLRaV-4 soj Car) i jedna vrsta iz roda *Velarivirus* (GLRaV-7). Ranija istraživanja sprovedena u vinogorjima u Srbiji utvrdila su prisustvo GLRV-1, -2 i -3, pri čemu je GLRaV-3 bio najzastupljeniji. Veliki ekonomski značaj ovih virusa, povećana međunarodna razmena sadnog materijala i mogućnost unosa ovih virusa, ukazuje na neophodnost stroge kontrole i primene sanitarnih mera, ali i kontinuirano praćenje i kontrolu prisustva njihovih vektora.

Zahvalnica

Ovaj rad realizovan je kao deo projekata TR31018 (Razrada integrisanog upravljanja i primene savremenih principa suzbijanja štetnih organizama u zaštiti bilja) i III-43001 (Agrobiodiverzitet i korišćenje zemljišta u Srbiji: integrisana procena biodiverziteta ključnih grupa artropoda i biljnih patogena) koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Atallah, S., Gomez, M., Fuchs, M., Martinson, T. (2012): Economic impact of grapevine leafroll disease on *Vitis vinifera* cv. Cabernet franc in Finger Lakes vineyards of New York. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63: 73-79.
- Basso, M. F., Fajardo, T. V. M., Santos, H. P., Guerra, C. C., Ayub, R. A., Nickel, O. (2010): Leaf physiology and enologic grape quality of virusinfected plants. *Tropical Plant Pathology*, 35: 351-359.
- Bertamini, M., Muthuchelian, K., Nedunchezian, N. (2004): Effect of grapevine leafroll on the photosynthesis of field grown grapevine plants (*Vitis vinifera* L. cv Lagrein). *Journal of Phytopathology*, 152: 145-152.
- Cabaleiro, C. (2009): Current advances in the epidemiology of grapevine leafroll disease. *Proceedings of the XVI International Council for the Study of Viruses and Virus-Like Diseases of the Grapevine*, 264-268.
- Cabaleiro, C., Segura, A., Garcia-Berrios, J. J. (1999): Effects of grapevine leafroll-associated virus 3 on the physiology and must of *Vitis vinifera* L. cv. Albariño following contamination in the field. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50: 40-44.
- Greif, C., Garau, R., Boscia, D., Prota, V. A., Fiori, M., Bass, P., Walter, B., Prota, U. (1995): The relationship of *Grapevine leafroll-associated closterovirus 2* with a graft incompatibility condition of grapevines. *Phytopathologia Mediterranea*, 34: 167-173.
- Greif, C., Legin, R., Cornuet, P., Walter, B. (2003): Involvement of two grapevine leafroll-associated viruses in syndromes distinct from leafroll of *Vitis vinifera*. *Extended Abstracts 11th Meeting of ICSVG, Montreux, Switzerland*, 64.
- Guidoni, S., Mannini, F., Ferrandino, A., Argamante, N., Di Stefano, R. (1997): The effect of grapevine leafroll and rugose wood sanitation on agronomic performance and

- berry and leaf phenolic content of a Nebbiolo Clone (*Vitis vinifera* L.). American Journal of Enology and Viticulture, 48: 438-442.
- Ivanović, Ž., Kuzmanović, S., Trkulja, N., Živković, S., Stojanović, S., Starović, M. (2006): DTBA and ELISA methods in detection of Grapevine leafroll-1 virus. Zaštita bilja, 57: 69-79.
- Klaassen, V. A., Sim, S. T., Dangle, G. S., Osman, F. A., Al Rwahnhi, M., Rowhani, A., Golino, D. A. (2011): *Vitis californica* and *Vitis californica* x *Vitis vinifera* hybrids are hosts for *Grapevine leafroll-associated virus 2* and *-3* and *Grapevine virus A* and *B*. Plant Disease, 95: 657-665.
- Kovacs, L. G., Hanami, H., Fortenberry, M., Kaps, M. L. (2001): Latent infection by leafroll agent GLRaV-3 is linked to lower fruit quality in French-American hybrid grapevines Vidal blanc and St. Vincent. American Journal of Enology and Viticulture, 52: 254-259.
- Krake, L. R. (1993): Characterization of grapevine leafroll disease by symptomatology. The Australian and New Zealand Wine Industry Journal, 8: 40-44.
- Martelli, G. P. (2012): Grape virology highlights: 2010-2012. Proceedings of the 17th International Council for the Study of Viruses and Virus-Like Diseases of the Grapevine (ICVG), Davis, California, USA, 13-31.
- Martelli, G. P., Boudon-Padiou, E. (2006): Directory of Infectious Diseases of Grapevines and Viroses and Virus-like Diseases of the Grapevine: Bibliographic Report 1998-2004, CIHEAM.
- Martelli, G. P., De Sequeira, O. A., Kassemeyer, H. H., Padilla, V., Prota, U., Quacquarelli, A., Refatti, E., Rudel, M., Rumbos I. C., Savino, V., Walter, B. (1993): A scheme for grapevine certification in the European Economic Community. BCPC Monograph, 54: 279-284.
- Naidu, R., Rowhani, A., Fuchs, M., Golino, D., Martelli, G. P. (2014): Grapevine Leafroll: A Complex Viral Disease Affecting a High-Value Fruit Crop. Plant Disease, 98: 1172-1185.
- Pirola, C., Boscia, D., La Notte, P., Campanale, A., Savino, V., Martelli, G. P. (2006): Further evidence of the involvement of *Grapevine leafroll associated virus 2* in graft incompatibility. Extended abstracts 15th meeting of ICVG, Stellenbosch, South Africa, 242-243.
- Saldarelli, P., Castellano, M. A., Harrison, B. D., Martelli, G. P. (2005): Two grapevine viruses in an ornamental *Vitis* species from Scotland. Journal of Plant Pathology, 87: 76.
- Starović, M., Kuzmanović, S., Dovas C. I., Katis, N. I., Tošić, M., Rajković, S. (2003): Contribution to the study of grapevine virus diseases in Serbia. Extended abstracts 14th meeting of ICVG, Locorotondo (Bari), Italy, 180-182.
- Starović, M., Kuzmanović, S., Ivanović, Ž., Trkulja, N., Aleksić, G., Dolovac, N., Stojanović, S. (2008): Virusi uvijenosti lišća vinove loze u Centralnoj Srbiji. Zaštita bilja, 59: 81-92.
- Walter B., Martelli G. P. (1996): Selection clonale de la vigne: selection sanitaire et selection pomologique. Influence des virus et qualite. 1ere partie: Effects des viroses sur la culture des vignes et ses produits. Bulletin del'OIV, 69: 945-971.
- Weber, E., Golino, D., Rowhani, A. (1993): Leafroll disease of grapevines. Practical Winery & Vineyard, 13: 21-25.

Abstract
GRAPEVINE LEAFROLL COMPLEX

**Danijela Ristić¹, Ivan Vučurović¹, Ivana Stanković², Ana Vučurović²,
Katarina Zečević², Branka Krstić²**

¹*Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade*

²*University of Belgrade-Faculty of Agriculture, Belgrade*

e-mail: risticdaca@yahoo.com

The number of virus species infecting grapevine has increased continuously and more than 60 species are described to infect grapevine. The global expansion of the grape and wine industry has seen a parallel increase in the incidence and economic impact of grapevine leafroll disease (GLD). GLD can cause reduced plant vigor and longevity, and significant losses in both fruit yield and quality. Our knowledge of the nature of the disease is still quite limited due to a variety of challenges related to the complexity of this virus disease, the association of several genetically and serologically distinct GLRaVs, and contrasting symptoms in red- and white-berried cultivars. Within grapevine leafroll complex (Grapevine leafroll-associated viruses, GLRaVs) five different species are classified in the family *Closteroviridae*: one is classified in the genus *Closterovirus* (GLRaV-2), three in the genus *Ampelovirus* (GLRaV-1, GLRaV -3, GLRaV -4, and his strains: GLRaV-4 strain 5, GLRaV-4 strain 6, GLRaV-4 strain 9, GLRaV-4 strain Pr, GLRaV-4 strain De and GLRaV-4 strain Car) and one in the genus *Velarivirus* (GLRaV-7). GLRaVs are transmitted by grafting and propagation material (rootstock and scion) and some species by mealybugs. Grapevine leafroll-associated viruses usually occur in a mixed infection, and are often present in a mixed infection with other grape viruses. Early research carried out in vineyards in Serbia determined the presence of GLRV-1, -2 and -3, with GLRaV-3 being the most prevalent. If spread of the viruses transmitted by vectors within plantings exists, roguing or removal of infected vines, mealybug control, and sanitation measures can reduce new infections.

Key words: grapevine, leafroll, virus complex, *Closterovirus*, *Ampelovirus*, *Velarivirus*