until now. It is recommended to be included in the program of regular monitoring of the Report Service of Plant Protection of Serbia, in order to register the increased number in time and prevent possible damage.

Keywords: *Mithimna unipuncta*, Pseudaletia, Noctuidae, armyworm, pest, wheat, corn

VIRUS PATULJAVOSTI PŠENICE (WHEAT DWARF VIRUS, WDV) – SIMPTOMI, EPIDEMIOLOGIJA, DETEKCIJA I SUZBIJANJE

Nikolina Arsenac

Univezitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
E-mail: nikolina.arsenac94@gmail.com

Izvod

Pšenica predstavlja jednu od najznačajnijih ratarskih vrsta kako u svetu tako i kod nas. Pored bolesti prouzrokovanih fitopatogenim gljivama u poslednje vreme u Srbiji veliki značaj u pogledu smanjenog kvaliteta i prinosa zrna pšenice ima virus patuljavosti pšenice, WDV (Wheat Dwarf Virus). Sa nicanjem pšenice i ječma javlja se i štetočina, vektori ovog virusa, cikada *Psammotettix alienus*. Na zaraženim biljkama uočavaju se simptomi žutila i skraćenja internodija što dovodi do patuljavosti biljaka i na samom kraju smanjenja prinosa. Od velike važnosti je detekcija virusa kako u biljkama tako i u vektorima primenom adekvatnih metoda identifikacije (serološle i molekularne metode), kao i adekvatna primena neophodnih agrotehničkih mera kontrole ovog virusa: zaoravanje žetvenih ostataka, kasnija setva ozimih žita, kontrola vektora virusa i izbor otpornijih sorti pšenice.

Ključne reči: pšenica, WDV, vektor, detekcija, suzbijanje

UVOD

Pšenica (*Triticum* spp.) predstavlja jednu od najznačajnijih ratarskih vrsta kako u svetu tako i u Srbiji. Gaji se na otprilike 630 000 ha sa prosečnim prinosom oko 4,5-5 t/ha (Republički zavod za statistiku Srbije, 2022).

Gaji se širom sveta i nakon pirinča predstavlja drugu najvažniju žitaricu. U najvećem obimu pšenica se gaji u Australiji, Kanadi, Evropskoj Uniji, Indiji, Pakistanu, Rusiji, Turskoj, Ukrajini i Sjedinjnim Američkim Državama, obuhvatajući preko 80% svetske proizvodnje (Mathew i sar., 2010). Kvalitet semena pšenice zavisi prevashodno od različitih biotičkih i abiotičkih faktora prilikom proizvodnje pšenice u polju, ali i tokom skladištenja pšenice (Neethirajan, 2007). Pored bolesti pšenice prouzrokovane fitopatogenim gljivama u poslednje vreme u Srbiji veliki značaj u pogledu smanjenog kvaliteta i prinosa zrna pšenice ima prouzrokovač patuljavosti pšenice, virus, WDV (Wheat Dwarf Virus). Svake godine u usevima pšenice početkom proleća se uočavaju simptomi mozaika, žute crtičavosti ili šarenila lića. Do ovih promena može doći i usled abiotskih promena, nedostatka azota, kalijuma ili gvožđa, oštećenja od mraza ili virusnih oboljenja.

Virus patuljavosti pšenice je prvi put opisao Vacke 1961. godine u bivšoj Čehoslovačkoj (Vacke, 1961; Lindsten i Vacke, 1991). Kasnije je postao važan patogen u drugim evropskim zemljama, kao i u Africi i Aziji (Lindsten i sar., 1970; Lapierre i sar., 1991; Huth, 1994; Najar i sar., 2000; Erlund, 2007; Xie i sar., 2007; Ramsell i sar., 2008; Wu i sar., 2008; Ekzayez i sar., 2011; Behjatnia i sar., 2011; Liu i sar., 2012).

WDV izaziva bolest kod pšenice (*Triticum aestivum*) i ječma (*Hordeum vulgare*). Raspon domaćina takođe uključuje i mnoge druge vrste iz porodice *Poaceae* (Ramsell i sar., 2008). Budući da patuljavost i žutilo pšenice mogu biti posledica različitih virusa i mogu biti izazvani različitim biotskim i abiotskim faktorima, postoji uverenje da WDV može biti šire rasprostranjen nego što se trenutno veruje. Naime, često se dešava da simptome koje ovaj virus izaziva na poljima pripisujemo drugim uzrocima. Takođe, WDV se često javlja u kompleksnim infekcijama sa drugim virusima koji izazivaju patuljavost biljaka, tako da su štete još veće.

Sa nicanjem pšenice i ječma javljaju se štetočine vektori-prenosioci virusa, koje prvo naseljavaju ranije rokove setve i ranije ponikle useve strnih žita. Vektor, prenosilac WDV virusa je cikada *Psammotettix alienus* (Zhang i sar., 2010) koja je prisutna u našem području i javlja se tokom septembra i oktobra. WDV dovodi do smanjenja prinosa oko 35% pa čak i do 90% (Fohrer i sar., 1992; Lindsten i Lindsten, 1999; Lindblad i Waern, 2002; Širlová i sar., 2005).

VIRUS PATULJAVOSTI PŠENICE (WDV)
OSOBINE VIRUSA I SIMPTOMI

Virus patuljavosti pšenice (WDV) pripada rodu *Mastervirus*, fam. *Geminiviridae* (Fauquet i sar., 2000). Čestice ovog virusa su izgrađene od dve spojene nekompletne izometrijske čestice („blizanačke„). Genom je iz jednog dela u vidu jednolančane cirkularne DNA (ss (+) DNA) koja kodira četiri proteina, od kojih je jedan protein omotača (CP, coat protein) (Schalk i sar., 1989). Populaciju WDV čine dva osnovna soja: WDV-W („wheat strain„) i WDV-B („barley strain„) koji su prilagođeni odgovarajućim domaćinima, pšenici ili ječmu (Lindsten i Vacke, 1991). Izolati ova dva soja imaju 83–84% nukleotidne identičnosti (Koklu i sar., 2007; Ramsell i sar., 2009). Iako nije uobičajeno da izolati „wheat strain„ zaražavaju ječam, i obrnuto-izolati „barley strain„ da zaražavaju pšenicu, u retkim slučajevima se ipak to i dešava (Ramsell, 2008). Novija proučavanja pokazuju da u okviru ovih osnovnih sojeva, postoji 6 sojeva, od kojih su 4 infektivna za pšenicu, a dva za ječam (Wu i sar. 2015).

Kao i mnogi drugi geminivirusi, WDV izaziva ozbiljne simptome na biljkama domaćinima, uključujući patuljavost, nakostrešenost, hlorozu listova u vidu pruga i smanjen broj klasova koji su često sterilni i zakržljali (Vacke, 1964). Simptomi se dalje ispoljavaju u vidu manjih ili većih žutih oaza ili traka nepravilno raspoređenih po paraceli. Izražena patuljavost prouzrokuje potpuno propadanje biljaka. Osim smanjenog porasta nadzemnog dela biljaka i poremećaja klasanja, dolazi i do inhibicije rasta korena (Slika 1.). Inficirane biljke su sterilne, ne klasaju ili daju kratke klasove sa malim brojem zrna. Biljke pšenice koje su rano zaražene brzo propadaju i suše se (Vacke, 1972; Lindblad i Waern, 2002; Gradiou i sar., 2012). Stoga se u kasnijim fazama u usevu pšenice, mogu naći obolele biljke visoke svega nekoliko centimetara i biljke koje imaju klasove.

EPIDEMIOLOGIJA

Virus patuljavosti pšenice (WDV) prenosi cikada *Psammotettix alienus*. Primarnu infekciju izazivaju odrasle jedinke cikade (*P. alienus*) u jesen, a sekundarnu infekciju u proleće nimfe (Lindblad i Sigvald, 2004). Duži topli periodi u kasno leto i jesen podstiču pritisak infekcije tako da su rani razvojni stadijumi ozime pšenice i ozimog ječma posebno ugroženi (Mehner i sar., 2003; Manurung i sar., 2004). Obim oštećenja u velikoj meri zavisi od razvojne faze u vreme ostvarene infekcije. Infekcija u fazi od dva do tri lista dovodi do izraženijih simptoma sa negativnim uticajem na zimsku otpornost i prinos, dok kasnije infekcije dovode samo do blago skraćenih izdanaka (Lindblad i Waern, 2002).



Slika 1. Simptom WDV na pšenici (Foto: Arsenac, N.)

Virus kada dospe u telo insekta, meša se sa pljuvačkom nimfe ili odrasle cikade i ubacuje se u floem biljke kada cikada prodire u biljno tkivo svojim stiletom za ishranu (Tsai i sar., 1996). Kod osetljivih biljaka, virus se floemom kreće prvo do mladih listova i vrhova korena, a zatim do starijih delova, sve dok se biljka sistematski ne inficira (Vacke, 1961). Reakcija biljke ne zavisi samo od genotipa, već i od starosti biljke, odnosno faze kada je zaražena. Starošću biljke postepeno stiču otpornost na WDV (Van den Heuvel i sar., 1997).

WDV se isključivo prenosi putem cikade *P. alienus*, ali se virus ne razmnožava unutar insekta i ne prenosi se na jaja (Zhang i sar., 2010).

Vrlo važno je znati da cikada može da usvaji virus za veoma kratko vreme od 5 minuta, kao da se radi o neperzistentnom načinu prenošenja (Wang i sar., 2014). Minimum vremena potreban za inokulaciju virusa je ishrana cikade od 15 minuta. Inkubacioni period traje od 1-4 dana. Pored cikade *P. alienus* utvrđeno je da su *P. provincialis* (Ekzayez i sar. 2010) i *P. striatus* takođe vektori ovog virusa. Virus se ne prenosi mehanički, kontaktom biljaka, zemljištem, polenom ni semenom.

DETEKCIJA

Do sada je ustanovljeno nekoliko metoda identifikacije sojeva virusa pšenice i ječma uključujući: PCR (*Polymerase chain reaction*), RCA (Rolling – circle amplification), RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) (Schubert i sar., 2007; Kundu i sar., 2009). Ove metode razlikuju oba soja na osnovu amplifikacije virusne DNK i identifikacije jednog i/ili više mesta

cepanja restrikcijske endonukleaze. Uz pomoć PCR i RFLP detekcije virus je detektovan i u jedinkama cikade *P. alienus* (Janˇourova i sar., 2009).

Detekcija WDV ima značajan uticaj na predviđanje širenja virusa na terenu. Stoga, osetljiva tehnika kao što je qPCR (quantitative PCR), zasnovana na fluorescenciji, je široko rasprostranjena i može poboljšati identifikaciju virusa unutar vektora. Opisana je i real time qPCR tehnika za detekciju sojeva pšenice u vektoru *P. alienus* (Zhang i sar., 2010).

Osetljivost, ponovljivost i kvantifikacija novih metoda detekcije za WDV su procenjeni i upoređeni sa tehnikama indirektnog imunoenzimskog testa (ELISA), a zatim testirani za upotrebu u terenskim uzorcima. Ova metoda pruža bolje mogućnosti ne samo za praćenje brojnosti i sadržaja virusa zaraženih insekata na lokalnim poljima u jesen i procenu obima primarnih zaraza, već i za predviđanje pojave bolesti patuljavosti pšenice (Zhang i sar., 2010).

SUZBIJANJE

Zbog nedostatka otpornih sorti pšenice osnovna mera kontrole WDV jesu preventivne agrotehničke mere kao što su: kasna setva ozimih žitarica i smanjenje inokuluma uklanjanjem zaraženih žetvenih ostataka oranjem neposredno nakon žetve, kao i adekvatna kontrola vektora virusa (Lindblad i Waern, 2002; Manurung i sar., 2004).

Strništa i samonikle biljke pšenice predstavljaju „prezimljujući„ materijal za vektore, pa bi se njihovim uklanjanjem smanjila populacija cikada i na taj način bi došlo do redukcije zaraze virusom u tek izniklom usevu pšenice u jesen (Manurung i sar,. 2004). Utvrđeno je da dve mađarske sorte ozime pšenice pokazuju delimičnu otpornost na WDV (Benkovics i sar., 2010).

Takođe veoma važna mera prevencije jeste praćenje prisustva i brojnosti štetnih insekata. U periodu nicanja pšenice potrebno je sprovesti tretman protiv lisnih vaši na bazi piretroida, koji jednako dobro deluje i protiv cikada kako bi se sprečila primarna infekcija. U proleće, da bi se sprečila sekundarna infekcija, neophodno je ponoviti tretman.

LITERATURA

Behjatnia S. A. A., Afsharifar A. R., Tahan V., Motlagh M. H. A., Gandomani O. E., Niazi A., (2011): Widespread occurrence and molecular characterization of Wheat dwarf virus in Iran. Australasian Plant Pathol. 2011; 40: 12–19.

Benkovics A. H., Vida G., Nelson D., Veisz O., Bedford I., Silhavy D. (2010): Partial resistance to Wheat dwarf virus in winter wheat cultivars. Plant Pathol; 59: 1144–1151.

Ekzayez A. M., Kumari S. G., Ismail I. (2011): First report of Wheat dwarf virus and its vector (*Psammotettix provincialis*) affecting wheat and barley crops in Syria. Plant Dis. 2011; 95: 76

Erlund P. (2007): „Experiences of Wheat dwarf virus in Finland 2004-2007 [Conference presentation],“ in Proceedings of the NJF Seminar 402, Virus Vector Management, Kristianstad.

Fauquet, C. M., Maxwell, D. P., Gronenborn, B., and Stanley, J. (2000): Revised proposal fornaming geminiviruses. Arch. Virol. 145, 1743–1761.

Fohrer, F., Lebrun, I., and Lapierre, H. (1992): Acquisitions recéntes sur le virus du nanisme du blé. Phytoma Défense Végétaux 443, 18–20

Gadiou S., Ripl J., Janˇourova´ B., Jarosˇova´ J., Kundu J. K., (2012): Real-time PCR assay for the discrimination and quantification of wheat and barley strains of Wheat dwarf virus, Virus Genes (2012) 44:349–355

Huth W. (1994): Weizenverzwergung–bisher übersehen Pflanzenschutz Praxis 4, 37–39.

Janˇourova´ B., J. Ripl, J.K. Kundu (2009): Vy´zkumny´ u´stav rostlinne´ vy´roby, v.v.i., Praha, ISBN: 978-80-7427-027-7.

Koklu G, Ramsell JN, Kvarnheden A, (2007): The complete genome sequence for a Turkish isolate of Wheat dwarf virus (WDV) from barley confirms the presence of two distinct WDV strains. Virus Genes 34, 359–66.

Kundu J. K., S. Gadiou, G. Cˇ ervena´ (2009): Virus Genes 38, 468–474.

Lapierre H., Cousin, M. T. H., Giustina, W. D., Moreau, J. P., Knogali, M., Roux, J., (1991). Agent pathogéne et vecteur. Phytoma défense Végétaux 432, 26–28.

Lindblad M., and Waern, P. (2002): Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices. Agric. Ecosyst. Environ. 92, 115–122.

Lindblad M., and Sigvald, R. (2004): Temporal spread of Wheat dwarf virus and mature plant resistance in winter wheat. J. Crop Prot. 23, 229–234.

Lindsten K., Vacke, J., and Gerhardson, B. (1970): A preliminary report on three cereal virus diseases new to Sweden spread by Macrosteles- and Psammotettix leafhoppers. Swed. Stat. Vaxtskyddoanst. Med. 14, 281–297.

Lindsten K., and Vacke, J. (1991). A possible barley adapted strain of Wheat dwarf virus (WDV). Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 26, 175–180.

Lindsten K., and Lindsten, B. (1999). Wheat dwarf – an old disease with new outbreaks in Sweden. J. Plant Dis. Protect. 106, 325–332.

Liu Y., Wang, B., Vida, G., Cséplo-Károlyi, M., Wu, B.-L., Wu, Y.-H., (2012). Genomic analysis of the natural population of Wheat dwarf virus in wheat from China and Hungary. J. Integr. Agric. 11, 2020–2027.

Manurung B., Witsack, W., Mehner, S., Gruntzig, M., and Fuchs, E. (2004). The epidemiology of Wheat dwarf virus in relation to occurrence of the leafhopper Psammotettix alienus in Middle-Germany. Virus Res. 100, 109–113

Mathew Sh., Thomas, G. and Ahmad, T.,(2010): An evaluation on the impact of fungi on the post harvested stored wheat grains. International Journal of Biotechnology and Biochemistry. 6, pp. 995–1002.

Mehner S., Manurung, B., Gruntzig, M., Habekuß, A., Witsack, W., and Fuchs, E. (2003). Investigations into the ecology of the Wheat dwarf virus (WDV) in Saxony-Anhalt, Germany. J. Plant. Dis. Prot. 110, 313–323

Najar A., Makkouk, K. M., Boudhir, H., Kumari, S. G., Zarouk, R., Bessai, R., (2000). Viral diseases of cultivated legume and cereal crops in Tunisia. Phytopathol. Mediterr. 39, 423–432. doi: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-1581

Neethirajan S., S. Karunakaran, D.S. Jayas and N.D.G. White, 2007. Detection techniques for storedproduct insects in grain. Int. Fd. Control, 18: 157-162.

Ramsell J. N. E., Lemmetty, A., Jonasson, J., Andersson, A., Sigvald, R., and Kvarnheden, A. (2008). Sequence analyses of Wheat dwarf virus isolates from different hosts reveal low genetic diversity within the wheat strain. Plant Pathol. 57, 834–841.

Ramsell JNE, Boulton MI, Martin DP, Valkonen JPT, Kvarnheden A, (2009): Studies on the host range of the barley strain of Wheat dwarf virus using an agroinfectious viral clone. Plant Pathology 58, 1161–9.

Schubert J., A. Habekuss, K. Kazmaier, H. Jeske, (2007): Virus Res. 127, 61–70.

Širlová, L., Vacke, J., and Chaloupková, M. (2005): Reaction of selected winter wheat varieties to autumnal infection with Wheat dwarf virus. Plant Prot. Sci. 41, 1–7.

Tsai J. H., Joan, L., and Perrier, J. L. (1996): Morphology of the digestive and reproductive systems of Dalbulus maidis and Graminella nigrifrons (Homoptera: Cicadellidae). Fla. Entomol. 79:563-578.

Vacke J. (1961). Wheat dwarf virus disease. Biol. Plant. 3, 228–233.

Vacke J. (1964): Some new findings on wheat dwarf virus. In: Blattný C, editor. Proceedings of the 5th conference of the Czechoslovak plant virologists. Prague, Czechoslovakia: Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, Czechoslovakia; 1964 pp. 331–334.

Vacke J. (1972). Host plants range and symptoms of Wheat dwarf virus. VÚRV Praha Ruzyne 17, 151–162.

Van den Heuvel J. F., Bruyere, A., Hogenhout, S. A., Ziegler-Graff, V., Brault, V., Verbeek, M., Van der Wilk, F., and Richards, K. (1997). The N terminal region of the luteovirus readthrough domain determines virus binding to Buchnera GroEL and is essential for virus persistence in the aphid. J. Virol. 71:7258-7265

Wang S., Wong, D., Forrest, K., Allen, A., Chao, S., Huang, B. E. (2014). Characterization of polyploid wheat genomic diversity using a high-density 90 000 single nucleotide polymorphism array. Plant Biotechnol. J. 12, 787–796. doi: 10.1111/pbi.12183

Wu B., Melcher, U., Guo, X., Wang, X., Fan, L., and Zhou, G. (2008). Assessment of codivergence of Mastreviruses with their plant hosts. BMC Evol. Biol. 8:335.

Wu B., Shang, X., Schubert, J. (2015): Global-scale computational analysis of genomic sequences reveals the recombination pattern and coevolution dynamics of cereal-infecting geminiviruses. Sci Rep 5, 8153.

Xie J., Wang, X., Liu, Y., Peng, Y., and Zhou, G. (2007). First report of the occurrence of Wheat dwarf virus in wheat in China. Plant Dis. 91:111.

Zhang X., Zhou, G., and Wang, X. (2010). Detection of Wheat dwarf virus (WDV) in wheat and vector leafhopper (Psammotettix alienus Dahlb.) by real-time PCR. J. Virol. Methods 169:416-419.

https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/HtmlL/G20221182.html–Republički zavod za statistiku Srbije (2022).

Abstract

WHEAT DWARF VIRUS (WDV)–SYMPTOMS, EPIDEMIOLOGY, DETECTION AND CONTROL

Nikolina Arsenac
University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad
E-mail: nikolina.arsenac94@gmail.com

Wheat represents one of the most important agricultural species both in the world and in our country. In addition to diseases caused by phytopathogenic fungi, recently in Serbia the wheat dwarf virus, WDV (Wheat Dwarf Virus), has been of great importance in terms of reduced quality and yield of wheat grains. With the emergence of wheat and barley, a pest, the vectors of this virus, the cicada *Psammotettix alienus*, appears. Symptoms of yellowing and shortening of internodes are observed on infected plants, which leads to dwarfing of plants and, ultimately, a reduction in yield. It is of great importance

to detect viruses both in plants and in vectors using adequate identification methods (serological and molecular methods), as well as adequate application of the necessary agrotechnical measures to control this virus: plowing of crop residues, later sowing of winter grains, control of virus vectors and the selection of more resistant wheat varieties.

Key words: wheat, WDV, vector, detection, control