

GLRAV-3 VİRUSU İLƏ YOLUXMUŞ ÜZÜM (*VITIS VINIFERA* L.) YARPAQLARINDA MALONDEALDEHİDİNİN, H_2O_2 -NİN MİQDARININ VƏ PEROKSIDAZA FERMENTLƏRİNİN FƏALLIQLARININ TƏYİNİ

N.K. BAYRAMOVA

AMEA Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutu

Quba-Xaçmaz, Cəlilabad, Masallı-Lənkəran və Abşeron rayonları ərazisində həyata keçirilən ekspedisiyalar zamanı üzüm yarpaqlarının burulması xəstəliyinin xarakterik əlamətlərinə malik bitki nümunələri toplanmışdır. Simptomatik bitki nümunələrində seroloji və molekulyar analizlər nəticəsində Üzüm yarpaqlarının burulması virusu 3 (GLRaV 3) virusu aşkar edilmişdir. GLRaV 3 virusla yoluxmuş bitkilərin yarpaqlarında stresin əsas göstəriciləri olan malondealdehydinin (MDA) və hidrogen-peroksidin (H_2O_2) miqdarı, askorbat-peroksidaza (APO), qvayakol-peroksidaza (GPO) və benzidin-peroksidaza (BPO) fermentlərinin fəallıqları tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bitkinin virusla yoluxması MDA, H_2O_2 -in miqdarının və peroksidaza fermentlərinin fəallıqlarının sağlam bitkilərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olur.

Açar sözlər: üzüm, virus xəstəlikləri, malondealdehyd, hidrogen-peroksid, peroksidazalar

Üzüm bitkisi (*Vitis vinifera* L.) bütün dünyada, o cümlədən Azərbaycanda da qida (quru meyvə, abqora, sirkə və s.) və şərab sənayesində mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Üzümün məhsuldarlığına kəskin dərəcədə mənfi təsir göstərən əsas amillərdən biri bitki patogenləri, əsasən isə bitki viruslarıdır. Müasir məlumatlara görə, dünyada üzüm bitkisini yoluxdurən 20 müxtəlif fəsiləyə aid 70-ə yaxın virus məlumdur [7]. Üzümün virus xəstəlikləri ilə yoluxması nəticəsində inkişafı demək olar ki, dayanır, meyvələri və kökləri zədələnir, müxtəlif orqanlarda piqmentləşmələr əmələ gəlir və metabolizmin müxtəlif aspektləri pozulur. Şiddətli yoluxma zamanı isə bitkilərin yarpaqlarında nekrotik ləkələrin əmələ gəlməsi müşahidə edilir və bu zaman əksər hallarda bitki məhv olur [8]. *Klosteviruslar* içərisində GLRaV 3 virusu dünyanın əsas üzümçülük regionlarında ağır iqtisadi ziyanlara səbəb olur. GLRaV 3 *Ampelovirus* cinsinə daxil olan (*Clasteroviridae*) floema ilə hərəkət edən və onunla məhdudlaşan, seroloji olaraq üzüm yarpaqlarının burulması virusu ilə əlaqəli müəyyən edilmiş 9 xəstəlikdən biridir [7]. Bu virusla yoluxma üzüm bitkisinin məhsulun azalması, məhsulun yetişməsinin gecikməsi, bərk maddələrin həll olmasının azalması, giləmeyvələrdə antosianinin miqdarının azalması və titirlənən turşuluğun yüksəlməsi kimi bir sıra fizioloji dəyişikliklərin əmələ gəlməsinə səbəb olur. GLRaV-3 virusu yalnız üzüm cinsindən olan bitkiləri yoluxduraraq ağ və qırmızı üzüm sortlarının hamısına təsir edir.

Ampelovirus cinsinə aid viruslar birtərkibli (monopartite), xətti, müsbət, 16,9-19,5 kb ölçüyə malik ssRNA tərkibli genomdan təşkil olunmuşdur. GLRaV-3 (NY-1 izolyatının) genomu 2004-cü ildə

tam sekvens olunmuşdur. Onun genomu müvafiq olaraq 158 və 277 n.c. olmaqla translyasiya olunan UTR (untranslated region) sahə ilə 13 açığ oxunma çərçivəsindən ibarət (ORFs) 17919 n.c-dən təşkil olunduğu müəyyən edilmişdir.

Ətraf mühitin qeyri-əlverişli şəraiti nəticəsində əmələ gələn oksidləşdirici stressə qarşı bitkilər möhkəm müdafiə mexanizmlərinə malik olduqlarına görə kifayət qədər davamlı olurlar. Bitkilərin antioksidant müdafiə sistemləri (AOS) kiçik molekul çəkili qeyri fermentativ antioksidant maddələrdən və iri molekul çəkili antioksidant fermentlərdən ibarətdir. Məlumdur ki, ətraf mühitin əlverişsiz amilləri hüceyrədə oksigenin fəal formalarının (OFF) əmələ gəlməsinə səbəb olur ki, bu da öz növbəsində oksidləşmə stressinə gətirib çıxarır. Müxtəlif təbiətli patogenlərə qarşı bitkinin davamlılıq dərəcəsi stres vəziyyətlərində bitkinin metabolizmində baş verən dəyişikliklərə və həyatilik qabiliyyətinə cavabdeh olan bir sıra fizioloji və biokimyəvi göstəricilərlə təmin olunur [5]. Bitkilərdə əlverişsiz mühit şəraitinə və biotik stressə cavab reaksiyasında iştirak edən fermentlərin rolunun tədqiq edilməsi son zamanlar ən aktual problemlərdən hesab olunur.

Bu baxımdan, tədqiqat işinin məqsədi - sağlam və virusla yoluxmuş üzüm bitkisinin yarpaqlarında oksidləşdirici stresin əsas göstəriciləri olan malondealdehyd, hidrogen-peroksidin və eyni zamanda bitkinin antioksidant müdafiə sisteminin əsas fermentləri olan peroksidazaların fəallıqlarının öyrənilməsi olumuşdur.

Material və metodlar. Tədqiqatın obyekt. Tədqiqat işində Quba-Xaçmaz, Cəlilabad, Masallı-Lənkəran və Abşeron Elmi-Tədqiqat Üzümçülük və Şərabçılıq, Əkinçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutlarının

təcrübə sahələrindən toplanılmış sağlam və virus simptomlarına malik üzüm bitkisinin (*Vitis vinifera* L.) yarpaqlarından istifadə edilmişdir.

Seroloji diaqnostika. Fitopatoloji monitorinqlərin nəticələrinə əsasən klostevirusların xarakterik simptomları müəyyən edilmiş və xəstə bitki nümunələri ilkin olaraq vizual qiymətləndirilmişdir. Vizual diaqnostikanın nəticələrinə uyğun olaraq virusla yoluxmuş üzüm nümunələri seroloji metodlardan (spesifik test-zolaqlardan və immunoferment analizdən) istifadə etməklə yoxlanılmışdır. İmmunoxromotografik test üçün 0,1 q yarpaq nümunəsi xüsusi ekstraksiya məhlulunda (grapevine extraction buffer) homogenat alınana qədər əzilmiş və alınan homogenat steril 1,5 ml-k tyublara keçirilmişdir. Protokola uyğun olaraq qonur rəngli suspenziya alınana qədər maqnitli ştativ üzərində reaksiya aparılmışdır. Prosesin sonunda spesifik immunostriplərdən istifadə edilmişdir. Pozitiv nəticə göstərən üzüm nümunələri daha sonra klassik immunoferment analiz metodu ilə (DAS-ELİSA- A double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay) yoxlanılmışdır. 96 yuvalıq ELİSA planşet üzərində gedən fermentativ reaksiya ilk növbədə rəngin dəyişməsinə görə vizual olaraq qiymətləndirilmiş, daha sonra bitki nümunələrində virusun qatılığı optik sıxlığa əsasən spektrofotometr-də (Stat Fax Microplate, Awareness Technology, ABŞ) 405 nm dalğa uzunluğunda yoxlanılmışdır.

Malondialdehidinin miqdarının təyini. Bitkilərdə lipidlərin peroksidləşməsi prosesinin intensivliyi sağlam və yoluxmuş yarpaq nümunələrində malondialdehidinin (MDA) miqdarına əsasən təyin olunmuşdur. MDA miqdarı spektrofotometrik metodla 532 və 600 nm dalğa uzunluqlarında tiabarbitur turşusu ilə aparılan reaksiyaya əsasən təyin olunur.

Hidrogen-peroksidin miqdarının təyini. Hidrogen-peroksidin miqdarını sopektrofotometrik üsulla Bellincampi metoduna əsasən təyin edilmişdir. Metod Fe^{+2} ionlarının Fe^{+3} ionlarına H_2O_2 ilə oksidləşməsinə əsaslanır. Alınan məhsullar ksilen narıncısı ilə rənglənir. 0,3 qr yoluxmuş bitkinin yarpağı azotda əzilib, tyublara yığılır. 1,5 ml aseton tökülür, 12000 g sürətlə 10 dəqiqə sentrafuqalaşdırılır. Alınan supernatantdan 0,5 ml götürülərək üzərinə 0,5 ml ksilen narıncı əlavə edilir. 45 dəqiqə gözlədikdən sonra sepektrofotometrik yolla (ULTROSPEC 3300 PRO "Amersham", USA) 560 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlığı ölçülür.

Ferment ekstraktının alınması. 0,5 q yarpaq nümunəsi maye azotda əzilərək tərkibində 1 mM EDTA, 2 mM FMSF, 1% PVP, 0,1% Triton X-100 olan 100 mM Na-fosfat (pH 7,8) buferində homogenizə edildikdən sonra 40C temperaturda 20 dəq ərzində 15000 g-də çökdürülmüşdür. Alınan supernatantdan peroksidaza fermentinin analizində istifadə edilmişdir.

Fermentlərin kəmiyyət analizi. Peroksidazaların fəallığı spektrofotometrik metodla təyin edilmişdir. Qvayakol-peroksidazanın aktivliyinin təyini Mahalingam et al. 2005 metoduna müəyyən dəyişikliklər əlavə etməklə həyata keçirilmişdir. Qvayakol-peroksidazanın aktivliyi reaksiya məhlulunun 3 dəqiqə ərzində 470 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlığının dəyişməsinə görə spektrofotometrik təyin edilmişdir. Fermentin aktivliyi $\epsilon = 26.6 \text{ mM}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ekstinsentlik əmsalına əsasən $\mu\text{mol guaiacol}/(\text{mg protein min})$ vahidi ilə hesablanmışdır [10].

Benzidin-peroksidazanın (BPO EC 1.11.1.7.) aktivliyinin təyini Gechev et al. 2002 metoduna müəyyən dəyişikliklər əlavə etməklə həyata keçirilmişdir. Benzidin-peroksidazanın aktivliyi reaksiya məhlulunun 1 dəqiqə ərzində 590 nm dalğa uzunluğunda optik sıxlığının artmasına görə spektrofotometrik təyin edilmişdir. Fermentin aktivliyi $\epsilon = 39 \text{ mM}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ekstinsentlik əmsalına əsasən $\mu\text{mol benzidine}/(\text{mg protein min})$ vahidi ilə hesablanmışdır [6].

Askorbat-peroksidazanın aktivliyinin təyini Nakano və Asada (1981) metoduna müəyyən dəyişikliklər əlavə etməklə həyata keçirilmişdir. Bu metod askorbatın hidrogen peroksid əlavə olunduqdan sonra su əmələ gətirməklə dehidroaskorbata parçalanması reaksiyasının sürətinə əsaslanır. Optik sıxlıq spektrofotometrik olaraq 290 nm dalğa uzunluğunda təyin edilmişdir. Aktivlik $\epsilon = 2.8 \text{ mM}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ekstinsentlik əmsalına əsasən $\mu\text{mol ascorbate}/(\text{mg protein min})$ vahidi ilə hesablanmışdır [11].

Nəticələr və onların müzakirəsi. Fitopatoloji monitorinqlər zamanı qırmızı və qara üzüm sortlarının yarpaqlarında üzümün yarpaqlarının burulması xəstəliyinin əsas əlaməti ana damarların yaşıl qalması ilə yanaşı yarpaqda qırmızı və tünd qırmızı ləkələrin, əlvan mozaikanın əmələ gəlməsi, yarpaqların kənarlardan içəriyə doğru qıvrılması, yarpaq səthində nahamarlıq və kələkötürlük, meyvələrin çürüməsi və ya tam yetişməməsi kimi virus xəstəliklərinin xarakterik əlamətləri müşahidə edilmişdir.

Toplanmış üzüm nümunələri vizual diaqnostikanın nəticələrinə uyğun olaraq *Grapevine Fan Leaf Virus* və *Grapevine Leaf Roll Associated Virus 3* viruslarını aşkar etmək məqsədilə immuno-xromotografik test və immunoferment analiz metodları ilə analiz olunmuşdur. Seroloji analizlərin nəticəsində Cəlilabaddan toplanmış üzüm bitkisinin Saperavi, Abşeron yarımadasından toplanmış Xəzəri sortunda demək olar ki, bütün Avropa ölkələrində geniş yayılmış üzüm yarpaqlarının burulması virusu 3 (GLRaV 3) aşkar edilmişdir.

Məlumdur ki, bitkilərdə oksidləşdirici stresin əsas markerlərindən biri peroksid qruplarının miqdarı sayılır. Son illərdə əldə edilən çoxsaylı eksperimental materiallar göstərir ki, bitki hüceyrələrinin ətraf mühitin ekstremal şəraitinə universal cavab reaksiyalarından biri lipidlərin peroksidləşməsi

(LPO) prosesinin fəallaşmasıdır [4, 12]. LPO reaksiyası canlı orqanizmlərin bütün hüceyrələrində, əsasən də membranın lipid strukturlarında baş verir. Bu zaman müxtəlif stressorların təsiri altında üzvi radikal (R.) əmələ gəlir [13]. Sonrakı mərhələdə əmələ gələn radikal dərhal O₂ molekulları ilə əlaqəyə girir və nəticədə peroksid radikalı (RO₂.) yaranır ki, bu da öz növbəsində doymamış lipidlərə təsir edir və nəticədə üzvi peroksidlər və yeni radikal əmələ gəlir. Başqa sözlə desək, lipidlərin peroksidləşməsi baş verir ki, bunun da əsas göstəricisi – MDA-nın miqdarının artmasıdır [3]. Bitkilərdə quraqlıq stressi nəticəsində MDA-nın miqdarının dəyişməsi ilə bağlı tədqiqatların sayının çox olmasına baxmayaraq, virus infeksiyası zamanı MDA-nın miqdarının təyini ilə bağlı demək olar ki məlumatlar çox azdır [8]. CLCuBuV virusu ilə yoluxmuş pambıq bitkisinin MDA-nın miqdarının 40%-ə yaxın artması göstərilmişdir [2]. Bizim təcrübələrimizdə MDA-nın miqdarı sağlam bitki ilə müqayisədə virusla yoluxmuş bitkilərdə təqribən 1,2-1,6 dəfə artmışdır (Cədvəl 1).

Virüsə yoluxmuş pomidor bitkisinin yarpaqlarında MDA-in, H₂O₂-in miqdarı, askorbat peroksidaza (APO), qvayakol peroksidaza (QPO) və benzidin (BPO) peroksidazanın fəallıqları

Bitkilər	MDA, μmol/q yaş kütlə	H ₂ O ₂ , μmol/q	APO, μmol/mq zülal dəq	QPO, μmol/mq zülal dəq	BPO, μmol/mq zülal dəq
Üzüm (sağlam)	1,262±0,063	0,534±0,026	1,4530±0,072	1,2557±0,062	0,8636±0,43
Üzüm (yoluxmuş) №1	1,514±0,075	0,814±0,040	2,0421±0,102	2,2376±0,111	1,1173±0,055
Üzüm (yoluxmuş) №2	2,023±0,101	0,623±0,031	1,8707±0,093	2,1717±0,108	1,2938±0,064
Üzüm (yoluxmuş) №3	2,005±0,1	0,605±0,03	1,9892±0,099	1,8892±0,094	1,4955±0,074
Üzüm (yoluxmuş) №4	1,815±0,09	0,818±0,04	1,8923±0,094	1,5222±0,076	1,1601±0,058
Üzüm (yoluxmuş) №5	1,990±0,09	0,890±0,05	2,1328±0,056	1,3281±0,056	1,5606±0,048

Oksigenin aktiv forması (OAF) olan H₂O₂ müxtəlif fizioloji proseslərdə siqnal molekulu kimi iştirak edir. Stress zamanı H₂O₂ -in miqdarı hüceyrəarası və hüceyrədaxili səviyyədə artır. Hidrogen peroksid tiol tərkibli zülallarla qarşılıqlı fəaliyyət göstərir, müxtəlif siqnal yollarını - gen ekspressiyası və hüceyrə tsklini tənzimləyən transkripsiya faktorunu aktivləşdirir [14, 15]. Bu baxımdan virusla yoluxmuş üzüm

nümunələrində H₂O₂ -in miqdarı təyin edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, virusla yoluxmuş bütün nümunələrdə H₂O₂ -in miqdarı sağlam bitki ilə müqayisədə artmışdır. Üzüm bitkisinin virus patogenezi zamanı hidrogen-peroksidin miqdarının dəyişməsi ilə bağlı bir sıra tədqiqatlar mövcuddur [9]. Məsələn GFLV virusu ilə yoluxmuş üzüm nümunələrində H₂O₂ -in miqdarının sağlam yarpaqlara nisbətən 50% daha yüksək olması göstərilir. Bir faktı da qeyd etmək lazımdır ki, götürülən nümunələr əgər iyun ayının əvvəllərinə təsadüf edirsə hidrogen peroksidin miqdarı virusa yoluxmuş yarpaqlarda 2 dəfə çox qiymətlər göstərdiyi halda, iyulun sonu, avqustun əvvəllərində bu rəqəm aşağı düşür. Bu isə bitkilərdə redoks (oksidləşdirici-reduksiyaedici potensial) statusunun olması ilə izah edilir.

Stresin təsirinə məruz qalmış bütün variantlarda peroksidazanın fəallığı yüksək olmuşdur. Virusla yoluxmuş 1, 2 və 3-cü nümunələrdə QPO-nun fəallığı, 3-cü və 5-ci nümunələrdə isə BPO-un fəallığı daha yüksək olmuşdur. APO-nun fəallığı virusla yoluxmuş bütün nümunələrdə sağlam bitki ilə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Beləliklə, aparılan tədqiqatlar zamanı əldə olunmuş nəticələr göstərdi ki, bitkinin patogenlə yoluxması peroksidazanın fəallığının artması ilə müşayiət olunur. Güman olunur ki, bu fakt peroksidazaların müəyyən genlər tərəfindən kodlaşdırılan izofermentlərinin funksiyalarının öyrənilməsinə aydınlıq gətirə bilər.

Cədvəl 1.

Alınan nəticələrdən belə qənaətə gəlmək olar ki, hər bir bitkidə müəyyən bir xəstəliyə qarşı onun özünə xas müdafiə molekulları spektrindən ibarət immunitet yaranır. Peroksidazanın fəallığını təyin etməklə bitkinin ilkin inkişaf dövründə onun patogenə davamlılığını müəyyən etmək və beləliklə, davamsız sortlarını aradan götürməklə seleksiya işlərini məqsədəuyğun şəkildə sürətləndirmək mümkündür.

Xəstəliyə qarşı onun özünə xas müdafiə molekulları spektrindən ibarət immunitet yaranır. Peroksidazanın fəallığını təyin etməklə bitkinin ilkin inkişaf dövründə onun patogenə davamlılığını müəyyən etmək və beləliklə, davamsız sortlarını aradan götürməklə seleksiya işlərini məqsədəuyğun şəkildə sürətləndirmək mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Clarke SF, Guy PL, Burritt DJ, Jameson PE. (2002) Changes in the activities of antioxidant enzymes in response to virus infection and hormone treatment. *Physiol. Planta.*, (114): 157–164.
2. Cristina S., Ranieri R., Mike F., Quartacci C., Sgheri et al. (2013) Antioxidative responses in *Vitis vinifera* infected by grapevine fanleaf virus. *Journal of Plant Physiology* 170:121–12.
3. Cuypers A., Vangronsveld J., Cijsters H. (2002) Peroxidases in roots and primary leaves of *Pharshalus vulgaris* copper and zinc phytotoxicity: a comparison. *J. Plant Physiol.*, 159: 869–876.
4. Da Costa M., Huang B. (2007) Changes in antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation for bentgrass species in response to drought stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 132(3): 319–326.
5. Gara L. D., de Pinto M. C., Tommasi F. (2003). The antioxidant systems vis-à-vis reactive oxygen species during plant-pathogen interaction. *Plant Physiol. Biochem.* 41:863–870.
6. Gechev T., Gadjiev I., van Brcusagem E. et al. (2002) Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes. *Cell Mol. Life Sci.*, 59: 708–714.
7. Huseynova İ.M., Aliyeva D.R., Sultanova N.F., Bayramova N., Allahverdiyev T.İ., Aliyev J.A. (2016) Effects of grapevine leafroll associated virus 3 on the photosyn-

thesis and antioxidant compounds in field grown grapevine (*Vitis vinifera* L.) plants. 7th International Meeting "Photosynthesis Research for Sustainability - 2016" in honor of Nathan Nelson and T. Nejat Veziroglu, Pushchino, p.21. **8.** Lee J., Martin R.R., Rennaker C., Keller K.E. (2009) Influence of grapevine leafroll associated viruses (GLRaV-2 and -3) on the fruit composition of Oregon *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir: Free amino acids, sugars, and organic acids. *Food Chemistry*, 117: 99-105. **9.** Luisa C. Carvalho, Patrícia Vidigal and Sara Amâncio (2015) Oxidative stress homeostasis in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Environmental Science*, Volume 3, Article 2. **10.** Mahalingam R., Shah N., Scrymgeour A., Fedoroff N. (2005) Temporal evolution of the Arabidopsis oxidative stress response. *Plant Molecular Biology*, 57: 709-730. **11.** Nakano Y., Asada K.: Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. – *Plant Cell. Physiol.* 22: 867-880, 1981. **12.** Pandey H.C., Baig M.J., Chandra A., Bhatt R.K. (2010) Drought stress induced changes in lipid peroxidation and antioxidant system in genus *Avena*. *J. Environ. Biol.* 31(4):435-40. **13.** Panjabi-Sabharwal V, Karan R, Khan T, Pareek A. (2010) Abiotic stress responses: complexities in gene expression. In: Sopory SK, Bohnert HJ, Govindjee, eds. *Abiotic Stress Adaptation in Plants: Physiological, Molecular and Genomic Foundation*. Springer-Verlag, : 177–98. **14.** Pomar F, Caballero N, Pedreno MA, Ros Barcelo A. (2002) H₂O₂ generation during the auto-oxidation of coniferyl alcohol drives the oxidase activity of a highly conserved class III peroxidase involved in lignin biosynthesis. *FEBS Lett.*, 529: 98–202. **15.** Tsanko S. Gechev and Jacques Hille J Cell Biol. (2005) Hydrogen peroxide as a signal controlling plant programmed cell death; 168(1): 17–20.

Antioxidative Responses in Leaves of *Vitis Vinifera* L. Infected by Grapevine Leafroll-associated Virus 3 (GLRAV-3)

N.K.Bayramova

Stresses caused by viral diseases have long threatened sustainable production of grapevine. Grapevine leafroll disease (GLD) is an economically important virus disease affecting wine grapes (*Vitis vinifera* L.) worldwide. Grapevine leafroll-associated virus 3 (GLRaV-3), the type species for the genus *Ampelovirus*, is regarded as the most important causative agent. During phytopathological surveys conducted to Guba-Khachmaz, Jalilabad, Masalli-Lenkeran and Absheron regions grapevines leaf samples displaying GLD symptoms were collected. Serological and molecular analysis of collected leaf samples revealed that symptomatic plants were infected with GLRaV-3. The level of malondialdehyde (MDA), hydrogen peroxide (H₂O₂) and the activities of ascorbate-peroxidase (APO), guayacol-peroxidase (GPO) and benzidine peroxidase (BPO) enzymes were studied in the leaves of GLRaV 3 infected plants. The results showed significantly higher concentrations MDA and H₂O₂ under GLRaV-3 pathogenesis. The activities of all peroxidase enzymes were also significantly increased in infected leaves as compared to healthy ones.

Keywords: Grapevine, Grapevine Leafroll disease, malondialdehyde, hydrogen peroxide, peroxidases

Ответные Реакции Антиоксидантной Системы Листьев Винограда (*Vitis vinifera* L.) Инфицированными Вирусом GLRAV-3

Н.К. Байрамова

Стресс, вызванный вирусными заболеваниями, является большой угрозой для устойчивого производства винограда. Заболевание скручивания листьев винограда экономически важная вирусная болезнь, которая поражает виноград (*Vitis vinifera* L.) во всем мире. GLRAV-3, типичный для рода *Ampelovirus*, считается наиболее важным возбудителем. Во время экспедиций на территории Губа-Хачмаз, Джалилабад, Масаллы-Ленкоран и Абшеронского районов были собраны образцы растений с характерными признаками вирусного поражения виноградных листьев. В результате серологических и молекулярных анализов в симптоматических образцах растений был обнаружен вирус GLRaV 3. Количество малонового диальдегида (МДА), пероксида водорода (H₂O₂) и активность ферментов пероксидаз- аскорбат-пероксидазы (АПО), гуаякол-пероксидазы (ГПО) и бензидинпероксидазы (БПО) были исследованы у здоровых и инфицированных вирусом листьев винограда. Было обнаружено, что вирусная инфекция вызывает увеличение количества малонового диальдегида, пероксида водорода и пероксидазной активности фермента. Было заключено, что на основании пероксидазной активности, можно судит об устойчивости растения против патогена на ранних стадиях его развития.

Ключевые слова: виноград, вирусы, малоновый диальдегид, пероксида водорода, пероксидаза

MİNNƏTDARLIO

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun **Qrant № EIF-2013-9(15)-46/28/3** və **Azərbaycan Milli Elvlər Akademiyası Rəyasət Heyətinin** maliyyə dəstəyi ilə (14 mart 2018-ci il, 7/3N-li Qərar) yerinə yetirilmişdir.