



**ИНСТИТУТ ЗА ПОВРТАРСТВО
СМЕДЕРЕВСКА ПАЛАНКА**

**Биотехнологија и савремени приступ
у гајењу и оплемењивању биља**

**Национални научно-стручни скуп са
међународним учешћем**

ЗБОРНИК РАДОВА

Смедеревска Паланка, 15. децембар 2021.

ИНСТИТУТ ЗА ПОВРТАРСТВО СМЕДЕРЕВСКА ПАЛАНКА

**Биотехнологија и савремени
приступ у гајењу и
оплемењивању биља**

**Национални научно-стручни скуп са
међународним учешћем**

ЗБОРНИК РАДОВА

Смедеревска Паланка
15. децембар 2021.

Зборник радова

Биотехнологија и савремени приступ у гајењу и
оплемењивању биља

Национални научно-стручни скуп са међународним учешћем

Смедеревска Паланка, 15. децембар 2021.

Издавач

Институт за повртарство Смедеревка Паланка

www.institut-palanka.rs

За издавача

Доц. др Алмир Муховић, научни сарадник
в.д. директора Института за повртарство

Главни и одговорни уредник

Др Алмир Муховић

Уредник

Др Веселинка Зечевић

Технички уредник

Љиљана Радисављевић

Штампа

Дигитал дизајн доо, Смедеревска Паланка

Тираж 100 комада

Година издања

2021

ISBN

978-86-89177-03-9

**УТИЦАЈ ЈАКЕ СУШЕ НА КВАЛИТЕТ ПЛОДОВА
ПАРАДАЈЗА СА РАЗЛИЧИТИМ САДРЖАЈЕМ АБА**

**THE IMPACT OF SEVERE DROUGHT ON THE QUALITY OF
TOMATO FRUITS WITH DIFFERENT CONTENT OF ABA**

Ивана Петровић^{1*}, Слађана Савић², Милена Марјановић¹,
Зорица Јовановић¹, Радмила Стикић¹

¹Пољопривредни факултет-Универзитет у Београду,
Немањина 6, 11080 Београд

²Институт за повртарство Смедеревска Паланка,
Карађорђева 71, 11420 Смедеревска Паланка

*Аутор за кореспонденцију: ivanappetrovic@gmail.com

Извод

Суша утиче на растење и биохемијске карактеристике плодова парадајза, који зависе од генотипа, фазе развоја и интензитета стреса. У циљу анализе ефеката јаког стреса суше и улоге абсцисинске киселине у реакцијама биљака, коришћена су два генотипа парадајза - дивљи тип *Ailsa Craig* и АБА-дефицијентни мутант *flacca*. Анализе плода су реализоване у тзв. *turning* фази јер је јака суша спречила даље сазревање. Јака суша је редуковала масу и величину плодова код оба генотипа. Суша је индуковала акумулацију шећера и органских киселина код оба генотипа, док је повећан садржај ликопена утврђен само у плодовима дивљег типа. Повећање витамина Ц и укупног антиоксидативног капацитета у плодовима *Ailsa Craig* односу на *flacca* указује да је АБА-мутација смањила капацитет мутанта за отклањање ефеката оксидативног стреса које индукује јака суша.

Кључне речи: парадајз, плодови, стрес суше, метаболити, АБА

Abstract

Drought affects growth and biochemical characteristics of tomato fruits, which depend on the genotype, development phase and intensity of stress. In order to determine the effects of severe drought stress and the role of abscisic acid in plant reactions, two tomato genotypes were exposed to severe drought - wild-type Ailsa Craig and ABA-deficient mutant *flacca*. Fruit analyses were done in turning phase, since severe drought stress stopped the ripening. Severe drought reduced fresh mass and size in both genotypes. Drought induced the accumulation of sugars and organic acids in the fruits of both genotypes, while concentration of lycopene increased only in wild type. The increase in vitamin C and total antioxidant capacity in Ailsa Craig fruits compared to *flacca* indicates that the ABA mutation reduced the mutant's capacity to eliminate the effects of oxidative stress induced by severe drought.

Key words: tomato, fruits, drought stress, metabolites, ABA

Увод

Парадајз је једна од значајнијих повртарских култура које се гаје у нашој земљи и за чији узгој је неопходна оптимална количина воде. Осетљив је на сушу у различитим фазама развића, при чему ефекат зависи и од интензитета и дужине трајања стреса (Ripoll et al, 2014). Ефекат суше код плодова парадајза одражава се на промене примарног и секундарног метаболизма. За разумевање реакција биљака на сушу, веома је битно расветлити улогу биљних хормона, посебно абсцисинске киселине (АБА). Познато је да АБА има улогу у генеративној фази развића као један од кључних фактора у контроли сазревања плодова (Leng et al, 2014). Подаци показују да АБА може имати и значајну улогу у акумулацији компоненти примарног и секундарног метаболизма који утичу на квалитет плодова (Li et al, 2018). Стога је у циљу расветљавања улоге АБА у реакцијама биљака на јаку сушу у истраживању коришћен дивљи тип Ailsa Craig и АБА-дефицијентни мутант *flacca*, код кога је редукована биосинтеза абсцисинске киселине (АБА).

Материјал и методе рада

Оглед је обављен 2018. године у фитотронској комори са генотиповима парадајза *Ailsa Craig* – дивљи тип и *flacca* мутантом. Услови гајења биљака у фитотронској комори током огледа су били: фотосинтетичка активна радијација (PAR) $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, фотопериод $16^{\text{h}}/8^{\text{h}}$, температура 25-28 °C (дан) и 16-19 °C (ноћ) и релативна влажност ваздуха 55%. Ефекат суше јаког интензитета је примењен у фази антезиса друге цветне гране. Код контролних биљака одржавана је влажност од 70% пољског водног капацитета, док је третираној групи биљака исушиван супстрат за 50% у односу на контролу и влажност одржавана на том нивоу.

Плодови за биохемијске анализе узимани су са друге цветне гране. У огледу јаке суше није дошло до фазе потпуног сазревања плодова због већења биљака, па су параметри квалитета испитивани када је плод био у тзв. *turning* фази (појава наранцасте боје плодова приметна на 10 - 30% површине плода). Одређивање концентрације укупних солубилних материја и органских киселина обављено је методом по OIV (1992). Концентрација ликопена одређена је спектрофотометријски према протоколу Kuti and Konuru (2005). Концентрација витамина Ц је одређена према протоколу Stevens et al, (2006), а укупна антиоксидативна активност према протоколу Re et al, (1999). Садржај абсцисинске киселине у перикарпу плодова је одређен ELISA тестом према протоколу Asch-a (2000). Статистичке анализе су реализоване у SigmaPlot 11.0. Разлике између третмана детектоване су Студентовим т-тестом са нивоом значајности мањим од 0,05.

Резултати и дискусија

Испитивања морфолошких параметара плодова су указала на генотипске разлике у контролним условима јер су плодови *Ailsa Craig* имали 44% већу свежу масу и за 23% већи пречник у односу на *flacca*. У условима јаке суше редукована је маса и пречник плода значајно више код *Ailsa Craig* (за 50% и 35%) у односу на мутанта *flacca* (за 40% и 14%) (табела 1). Код истог генотипа дошло је до израженијег повећања суве материје у односу на мутанта. Недостатак АБА утиче на фазе деоба и издуживања ћелија, али и на

транспорт материја из флоема чиме се стимулише раст плода (Nitsch et al, 2012). У условима контроле концентрација АБА у перикарпу плодова код дивљег типа била је за 52% већа у односу на мутанта *flacca* (табела 2). Редукција величине и масе плодова у условима суше условљена је и променом садржаја АБА. Јак стрес суше је повећао садржај АБА у перикарпу за око 3,7 пута код *Ailsa Craig*, односно 2,5 пута код *flacca*.

Табела 1. Утицај суше на свежу масу плодова, садржај суве материје и пречник плодова код испитиваних генотипова парадајза

Параметри	Ailsa Craig		flacca	
	Контрола	Суша	Контрола	Суша
Свежа маса плода (г)	22,47±0,36	11,22±0,23***	12,62±0,35	7,62±0,39***
Садржај суве материје у плодовима (%)	8,37±0,14	12,99±0,31***	9,12±0,17	13,20±0,20***
Пречник плода (мм)	31,70±0,31	20,70±0,60***	24,40±0,33	21,00±0,62*

***, * означавају статистички значајне разлике од $p \leq 0.001$ и $p < 0.05$.

Анализа квалитативних компоненти плодова је показала да је јак стрес суше повећао садржај солубилних материја код *Ailsa Craig* за 41%, а код мутанта *flacca* за 25% у односу на контролу. У условима суше дошло је до нешто израженијег повећања киселости плодова код *flacca* (60%), у односу на плодове дивљег типа (54%), табела 2. Резултати повећања садржаја шећера и органских киселина у условима суше у огледу су у складу са литературним подацима (Hurtado-Salazar et al, 2018; Nahar and Ullah, 2017). Укупан садржај шећера код мутанта *flacca* је у условима суше био за 21% мањи у односу на плодове дивљег типа, што је последица смањене количине АВА која утиче на транспорт материја у плодове.

Једна од значајаних компоненти квалитета која припада секундарним метаболитима је и витамин Ц који има улогу и у антиоксидативној одбрани биљака у условима стреса. Јак стрес суше довео је до пораста садржаја витамина Ц за 3,5 пута у плодовима *Ailsa Craig*, док је код мутанта *flacca* повећање било 2,8 пута (табела 2). Литературни подаци показују да суша повећава садржај витамина Ц у плодовима парадајза, као и да постоји генотипска специфичност у акумулацији зависно од интензитета стреса (Murshed et al, 2013; Nour et al, 2014).

Табела 2. Утицај суше на садржај примарних и секундарних метаболита у свежеим плодовима испитиваних генотипова парадајза

Параметри	Ailsa Craig		flacca	
	Контрола	Суша	Контрола	Суша
Садржај укупних шећера ($^{\circ}$ Brix)	6,50 \pm 0,14	9,15 \pm 0,22***	5,75 \pm 0,15	7,20 \pm 0,21**
Органске киселине (% еквивалента лимунске киселине)	0,13 \pm 0,005	0,20 \pm 0,006***	0,15 \pm 0,006	0,24 \pm 0,007***
Витамин Ц (мг/100г)	15,78 \pm 0,24	54,42 \pm 1,41***	17,28 \pm 1,43	48,07 \pm 0,96***
Антиоксидативни капацитет (μмол ТЕАС/100г)	132,78 \pm 10,32	277,85 \pm 12,28***	102,96 \pm 8,75	170,37 \pm 13,69**
Ликопен (мг/кг)	27,74 \pm 0,94	38,12 \pm 1,39***	35,60 \pm 1,18	26,05 \pm 0,50**
АБА (нг/г)	344,95 \pm 15,35	1296,21 \pm 12,57***	177,91 \pm 10,91	444,03 \pm 17,90***

***, ** означавају статистички значајне разлике од $p \leq 0.001$ и $p < 0.01$.

У условима јаког водног дефицита долази до промена у активности антиоксидативног система као последица секундарног, оксидативног стреса. Антиоксидативни капацитет у условима суше је био повећан код Ailsa Craig 2,1 пута, а код flacca за 1,65 пута (табела 2). Литературни подаци указују на високу генотипску специфичност промене овог параметра у плодовима различитих генотипова парадајза изложених јакој суши (Klunklin and Savage, 2017). Показатељ квалитета плодова и значајна антиоксидативна компонента је и каротеноид ликопен. У контролним условима садржај ликопена био је за 22% већи у плодовима мутанта у односу на дивљи тип. Литературни подаци показују да водни дефицит има различит ефекат на садржај ликопена (Ripoll et al, 2016). Суша је довела до повећања садржаја ликопена у плодовима Ailsa Craig за 37%, али и смањења концентрације у плодовима мутанта за 26% (табела 2). Негативна корелација концентрације каротеноида са садржајем АБА објашњава већу акумулацију ликопена у плодовима flacca у контролним условима. То је у складу са литературним подацима по којима АБА-дефицитарни мутанти flacca и sitiens у оптималним условима имају 35% више каротеноида у односу на дивљи тип, углавном на рачун повећања садржаја ликопена (Galpaz et al, 2008).

Закључак

Испитивања ефеката јаке суше код плодова у тзв. *turning* фази су показала да је дошло до смањења свеже масе плодова и њихове величине. Анализа компоненти примарног метаболизма у плодовима је показала да је акумулација шећера била више изражена код дивљег типа, а органских киселина израженија код мутанта. Повећана акумулација ликопена у условима стреса утврђена је у плодовима дивљег типа, док је код мутанта дошло до редукације садржаја. Изражено повећање витамина Ц и укупног антиоксидативног капацитета у плодовима Ailsa Craig у односу на плодове *flacca* указује да је АВА-мутација смањила капацитет мутанта за отклањање ефеката оксидативног стреса који често прати стрес суше. Поређењем реакција дивљег типа и АВА-мутанта може се закључити да је акумулација АБА била значајна за очување квалитета плодова изложених јакој суши.

Захвалница

Ова истраживања су омогућена захваљујући средствима пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја, уговори бр. 451-03-9/2021-14/ 200116 и 451-03-9/2021-14/200216.

Литература

- Asch, F. (2000). Laboratory Manual on Determination of Abscisic Acid by indirect Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay (ELISA). – Technical Series 1-2000, The Royal Veterinary and Agricultural University, 1-21.
- Galpaz, N, Wang, Q, Menda, N, Zamir, D, Hirschberg, J. (2008). Abscisic acid deficiency in the tomato mutant high-pigment 3 leading to increased plastid number and higher fruit lycopene content. – *The Plant Journal* 53:717-730. doi: 10.1111/j.1365-313X.2007.03362.x.
- Hurtado-Salazar, A, Torres, J, Ceballos-Aguirre, N. (2018). Quality of Cherry Tomato Fruits under Conditions of Water and Saline Stress. – *Food Science and Nutrition Technology* 3(4):1-7. doi:10.23880/FSNT-16000155.
- Klunklin, W, Savage, G. (2017). Effect on Quality Characteristics of Tomatoes Grown Under Well-Watered and Drought Stress Conditions. – *Foods* 6(8):56. doi: 10.3390/foods6080056.
- Kuti, J.O, Konuru, B.H. (2005). Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. – *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:2021-2026. doi: 10.1002/jsfa.2205.
- Leng, P, Yuan, B, Leng, P. (2014). The role of abscisic acid in fruit ripening and responses to abiotic stress. – *Journal of Experimental Botany*, 65(16):4577-4588. doi: 10.1093/jxb/eru204.
- Li, Y, Lu, Y, Li, L, Chu, Z, Zhang, H, Li, H, Fernie, A.R, Ouyang, B. (2018). Impairment of hormone pathways results in a general disturbance of fruit primary metabolism in tomato. – *Food Chemistry* 274:170-179. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.026.
- Murshed R, Lopez-Lauri F, Sallanon H. (2013). Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L, cv.Micro-tom). – *Physiology and Molecular Biology of Plants* 19(3):363-378. doi: 10.1007/s12298-013-0173-7.
- Nahar, K, Ullah, S.M. (2017). Fruit Quality and Osmotic Adjustment of Four Tomato Cultivars under Drought Stress. – *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2(1):2456-9682. doi: 10.9734/AJSSPN/2017/36861.
- Nitsch, L, Kohlen, W, Oplaat, C, Charnikhova, T, Cristescu, S, Michieli, P, Wolters-Arts, M, Bouwmeester, H, Mariani ,C, Vriezen, W.H, Rieu, I. (2012). ABA-deficiency results in reduced plant and fruit size in tomato. – *Journal of Plant Physiology* 169:878-883. doi: 10.1016/j.jplph.2012.02.004.
- Nour, V, Trandafir, I, Ionica, M.E. (2014). Evolution of antioxidant activity and bioactive compounds in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during growth and ripening. – *Journal of Applied Botany and Food Quality* 87:97-103. doi: 10.5073/JABFQ.2014.087.015.
- OIV (1992). Compendium of international methods of wine and must analyses. – OIV, Paris.

- Re, R, Pellegrini, N, Proteggente, A, Pannala, A, Yang, M, Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. – *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237. doi: [10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).
- Ripoll, J, Urban, L, Staudt, M, Lopez-Lauri, F, Bidel, L.P.R, Bertin, N. (2014). Water shortage and quality of fleshy fruits – making the most of the unavoidable. Review. – *Journal of Experimental Botany* 65(15):4097-4117. doi: [10.1093/jxb/eru197](https://doi.org/10.1093/jxb/eru197).
- Ripoll, J, Urban, L, Bertin, N. (2016). The potential of the MAGIC TOM parental accessions to explore the genetic variability of tomato acclimation to repeated cycles of water deficit and recovery. – *Frontiers in Plant Science* 6:3-15. doi: [10.3389/fpls.2015.01172](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01172).
- Stevens, R, Buret, M, Garchery, C, Carretero, Y, Causse, M. (2006). Technique for Rapid, Small-Scale Analysis of Vitamin C Levels in Fruit and Application to a Tomato Mutant Collection. – *Journal of Agricultural Food and Chemistry* 54:6159–6165. doi: [10.1021/jf061241e](https://doi.org/10.1021/jf061241e).

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

631.52(082)

606:63(082)

НАЦИОНАЛНИ научно-стручни скуп са међународним учешћем
Биотехнологија и савремени приступ у гајењу и оплемењивању
биља (2021 ; Смедеревска Паланка)

Зборник радова / Национални научно-стручни скуп са
међународним учешћем Биотехнологија и савремени приступ
у гајењу и оплемењивању биља, Смедеревска Паланка
15. децембар 2021. ; [уредник Веселинка Зечевић]. -
Смедеревска Паланка : Институт за повртарство, 2021
(Смедеревска Паланка : Дигитал дизајн). - 344 стр. :
илустр. ; 25 cm

Тираж 100. - Стр. 9: Предговор / Веселинка Зечевић. -
Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-86-89177-03-9

а) Биљке -- Оплемењивање -- Зборници б) Биотехнологија --
Зборници

COBISS.SR-ID 52862729