

УТИЦАЈ НЕКИХ АЕРОПОЛУТАНАТА НА СТОМИН АПАРАТ ДИВЉЕГ КЕСТЕНА (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) НА ПОДРУЧЈУ БАЊЕ ЛУКЕ

Нина Јањић¹, Тања Максимовић¹, Дијана Болтић¹

¹ Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука

Abstract

JANJIĆ Nina, Tanja MAKSIMOVIĆ, Dijana BOLTIC: THE IMPACT OF SOME AEROPOLLUTANTS ON THE STOMATAL APPARATUS OF HORSE CHESTNUT (*Aesculus hippocastanum* L.) ON BANJA LUKA AREA [Faculty of Science, University of Banja Luka, 78000 Banja Luka, Mladena Stojanovića 2 Street]

In recent years, there have been frequent changes in the composition of the atmosphere caused by harmful but also long-term effects which have serious impact on the plants as well as other living beings. One of most important of these changes are those that are related to the functioning of the stomatal and photosynthetic apparatus. Therefore, the aim of this paper is to examine the impact of certain pollutants (SO_2 , NO_x , O_3 , soot) in the number and size at *Aesculus hippocastanum* L. (horse chestnut) stomatal cells at four locations in the Banja Luka city. The number of stomata per unit area of leaf surface taken from the outer part of crown, on average, was higher than the number of stomata on leaves taken from the inner part. The highest number of stomata established on the site of Banj hill and the lowest in the area of Paprikovac. Stomata size in the analyzed species was on average 28-30 μm , wherein the larger stomata were found on leaves taken from the inner part of the crown. Obtained results show us certain changes caused by pollutants in relation to the characteristics of stomatal apparatus in *Aesculus hippocastanum* L.

Keywords: stomata, *Aesculus hippocastanum* L., aeropollutants

Сажетак

У посљедње вријеме све су чешће промјене у саставу атмосфере које изазивају штетне али и дугорочне ефекте и остављају озбиљне посљедице на биљке као и друга жива бића. Једна од најважнијих таквих промјена јесу оне које су везане за функционисање стоминог и фотосинтетичког апарата. Стога је и циљ овог рада био да се испита утицај појединих полутаната (SO_2 , NO_x , O_3 , чађи) на број и величину стоминах ћелија код *Aesculus hippocastanum* L. (дивљег кестена) на четири локалитета на подручју града Бања Лука. Број стома на јединицу лисне површне узетих из спољашњег дијела крошње у просјеку је био већи од броја стома на листовима узетих из унутрашњег дијела. При томе је највећи број стома утврђен на локалитету Бањ брдо а најмањи на подручју Паприковца. Величина стома код испитиване врсте износила је у просјеку 28-33 μm , при чему су веће стоме пронађене на листовима узетих из унутрашњег дијела круне. Добијени резултати указују нам на одређене промјене изазване загађујућим материјама у односу на особине стоминог апарата код *Aesculus hippocastanum* L.

Кључне ријечи: стоме, *Aesculus hippocastanum* L., аерополутанти

УВОД

Већина загађујућих материја у ваздуху (нпр. SO₂, азотни оксиди (NO_x) и озон) представљају природне компоненте Земљине атмосфере (Saxe, 1991; Јаблановић, 1995), које у већим концентрацијама од дозвољених испољавају токсичан ефекат на сав живи свијет. Како већина аерополутаната преко стома доспијева у листове биљака, стога је и праћење њиховог утицаја на стомин и фотосинтетички апарат од великог значаја. Међутим, постоји обиље доказа да многи атмосферски загађивачи могу посредно или непосредно утицати на механизме отварања и затварања стома чак и при веома ниским концентрацијама (Saxe, 1991; McAinsh и сар., 2002; Gostin, 2009).

Утицаји загађујућих материја у ваздуху на стоме су сложени и варирају у зависности од широког спектра фактора (температуре, влажности ваздуха, врсте и концентрације загађивача, старости и интеракције са другим факторима животне средине, укључујући и друге загађиваче). Механизми којима стоме реагују на стимулансе који долазе из животне средине су средиште интензивних истраживања у последњих 15 година (Saxe, 1991; Mansfield и сар., 1990; Schroeder и сар., 2001; Олјаца и сар., 2008; 2009; Gostin, 2009 и др.).

Уопштено, сумпор-диоксид у биљке продире преко листа, и то највећим дијелом преко стома што може пореметити дневно-ноћну ритмику отварања и затварања стома и при концентрацијама 0,1-0,5 ppm те индуковати отварање стома, док при дугорочној изложеност SO₂ изазива дјелимично затварање стома (Јаблановић и сар., 2003). Такође, високе концентрације сумпор-диоксида у ваздуху код биљака доводе до низа различитих метаболичких промјена које укључују деструкцију хлорофила, протеина, инхибицију активности ензима као и морфо-анатомске промјене (Saxe, 1991; Јаблановић и сар., 1995; 2003).

У неким случајевима, изложеност аерополутантима посебно SO₂, узрокује затварање стома, што уједно штити листове од даљег уласка загађивача али и ограничава процес фотосинтезе (Georghe и Ion, 2011). Насупрот томе, ефекти оксида азота (NO_x) су занемарљиво мали због нестабилности NO_x у ваздуху те се не преносе на веће удаљености већ изазивају ефекте у близини извора емисије. Доказано је да ниске концентрације (1-3 ppm NO_x) узоркују како морфолошке тако и метаболичке промјене и да се њихови токсични ефекти појачавају у присуству сумпор-диоксида (синергизам) (Saxe, 1991; Јаблановић и сар., 1995; 2003).

Аутомобили су главни извор загађујућих материја у урбаном подручју Бања Луке. У овом раду праћен је утицај полутаната (SO₂, NO_x, О₃, чађи) на број и величину стоминих ћелија код врсте *Aesculus hippocastanum* L. (дивљи кестен) са четири локалитета на подручју Бање Луке.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Истраживања су изведена на терену у периоду августа и септембра током 2014. године на подручју града Бања Лука. Узимање узорака је обављено на локалитетима Борик, Мејдан, Паприковац и Бањ брдо. Узорци листова су узимани са спољашњих дијелова крошње који су са потпуном осветљеношћу листа и унутрашњих дијелова крошње гдје су листови били у сјенци.

Имајући у виду да стоме нису једнако распоређене по лисној плочи, као и да дивљи кестен има хипостоматичне листове (Kirkham, 2004), отисци стома узети су са наличја листа и то средње лиске на три дијела (врх, средина и основа). Истовремено мјерили смо и величину стоминог апарата (дужина x ширина). Резултати истраживања приказани су табеларно ради прегледности резултата. Одређивање броја стома вршено је по Колодијум методи (метода отиска). Отисци стома узети су помоћу безбојног лака и провидне самолепљиве траке ("селотејпа") у прије подневним часовима. Број стома одређиван је на трећем листу и то при основи, врху и средњем дијелу лиске. За бројање и мјерење стома коришћен је микроскоп марке Leica DM 500, увеличања (40 x 0,65). Резултати приказани у табелама представљају просјечне вриједности од четири понављања и то по три мјерења за сваки препарат и сваки дио лиске.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

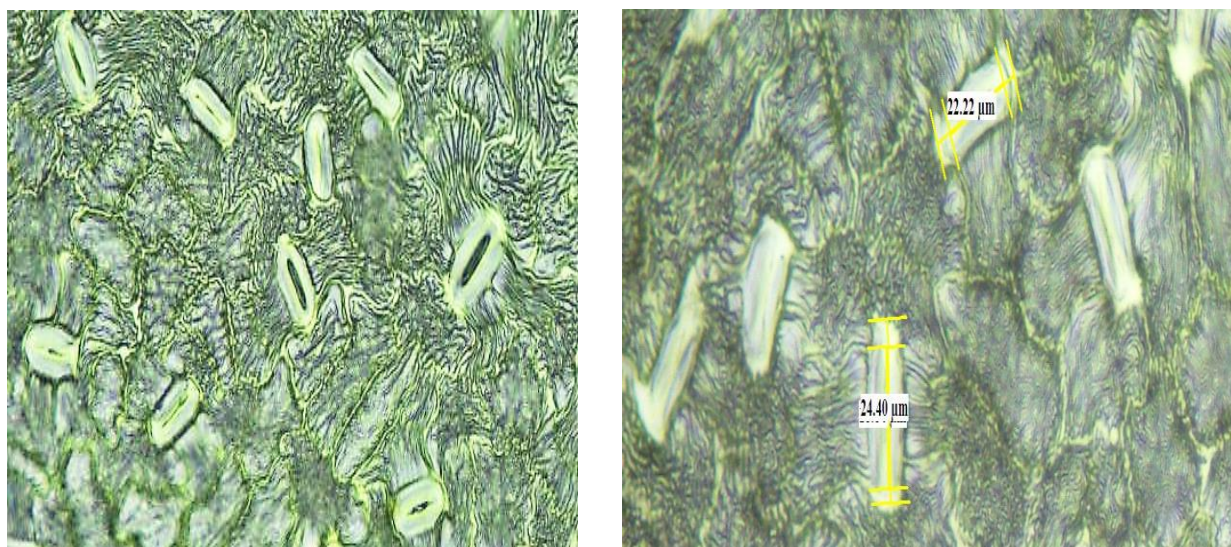
На основу бројних проучавања (Mansfield и сар., 1990; 1998; MacRobbie, 1997; Schroeder и сар., 2001; Gostin, 2009; Wwryszko-Chmielewska, 2012) познато је да су број, величина и распоред стома на лисној површини карактеристични за поједине биљне врсте и да различити абиотички фактори могу да утичу на њихово образовање и развој. Праћење утицаја загађујућих материја, као што су SO₂, NO_x, O₃, чађи на стомин апарат је веома важно јер стоме представљају примаран пут за улазак гасова у листове биљака. Оштећења на листовима су значајно већа када су стоме отворене него када су затворене (Kozłowski и сар., 1991).

Резултати приказани у Табели 2 показују да се број стома на јединици лисне површине (mm²) кретао у просјеку од 305,13 до 393,44, што је било у складу са ранијим истраживањима на истом подручју а која су за исту врсту забиљежили Ољаца и сар. (2008; 2009). Резултати добијени у овом раду указују на то да се број стома код дивљег кестена повећавао у спољашњем дијелу круне гдје је интензитет свјетлости био јачи.

До истих резултата су у својим истраживањима дошли Kastori и Petrović (1972); Ољаца и сар. (2008; 2009). На основу измјерених концентрација загађујућих материја у ваздуху за истраживане локалитете а према Уредби о вриједностима квалитета ваздуха (Сл. гласник РС, 2012) утврђен је ваздух I класе квалитета (Табела 1). Повећан ниво загађења ваздуха значајно утиче на промјене у броју и величини стома (Shweta, 2012) а што се може повезати и са резултатима добијеним у овом раду. Тако је већи број стома утврђен у загађеном подручју на локалитету Бањ брдо (393,44 mm²) (Табела 2) у односу на остале истраживане локалитете.

Табела 1. Средња мјесечна вриједност полутаната током августа на истраживаним локалитетима ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Анализирани полутанти	SO ₂	O ₃	NO	NO ₂	NO _x	Чађ
Центар града	14,493	48,509	13,708	31,960	45,668	13,264
Паприковац	12,632	47,731	13,187	31,450	44,637	12,608
Борик	14,566	47,521	14,031	32,579	46,610	12,654

**Слика 1.** Изглед стоминих ћелија на абаксијалном епидермису листа *Aesculus hippocastanum* L.

Величина стома (дужина x ширина) била је различита у односу на локалитет и положај узимања узорка. Резултати приказани у Табели 3 указују да се дужина стома током августа кретала у интервалу 19,54-22,5 μm , а ширина у опсегу 9,79-10,79 μm , што је било нешто мање у односу на резултате Wwryszko-Chmielewska, (2012) за исту врсту. Као што се из података наведених у Табели 3. може видјети, веће стомине ћелије пронађене су на листовима узетих из унутрашње круне на свим истраживаним локалитетима.

Табела 2. Број стома (mm^2) код *Aesculus hippocastanum* L. током августа на истраживаним локалитетима

	Број стома mm^2			
	Борик	Мејдан	Паприковац	Бањ брдо
Спољашња круна	323,78	356,53	305,13	393,44
Унутрашња круна	314,15	313,84	305,96	332,07

Табела 3. Величина стома (μm) код *Aesculus hippocastanum* L. током августа на истраживаним локалитетима

		Величина стома у μm			
		Борик	Мејдан	Паприковац	Бањ брдо
Спољашња круна	Дужина стома	19,54	22,25	21,32	19,54
	Ширина стома	10,43	10,27	9,79	9,70
Унутрашња круна	Дужина стома	20,13	21,63	20,45	20,02
	Ширина стома	10,21	10,51	10,79	10,31

Из резултата приказаних у Табели 4 може се видјети да се концентрација аерополутаната у ваздуху на истраживаним локалитетима налазила у опсегу дозвољених концентрација, а да су све добијене вриједности у септембру у просјеку биле ниже у односу на мјесец август.

Број стома током септембра код дивљег кестена је варирао у односу на локалитет и положај узимања узорак. Највећи број стома је утврђен на локалитету Бањ брдо ($361,24 \text{ mm}^2$) и то на узорцима узетих их спољашњег дијела круне, док је знатно нижи установљен на локалитету Паприковац ($307,62 \text{ mm}^2$) на узорцима узетих из унутрашње круне. Код свих узорак листова, уочене су разлике у броју и величини стома узетих из градске зоне и загађеног подручја (Бањ брда). Gostin (2009) је у својој студији на различитим врстама рода *Trifolium* узетих из индустријске зоне утврдила да се морфо-анатомске особине листова и стоминог апарата значајно разликују у односу на узорке узете из загађеног подручја. Да долази до промјена у броју и величини стома у зависности од степена загађености показано је и у радовима других истраживача (Saxe, 1991; Олјаца, 2008; 2009; Gostin, 2009; Shweta, 2012). Величина стома током септембра такође је варирао у односу на локалитет и положај узимања узорак, при чему се запажа да су стомине ћелије у просјеку биле веће у односу на мјесец август. Најкрупније стоме у просјеку пронађене су на листовима узетих са локалитета Мејдан из унутрашње круне ($33,93 \mu\text{m}$). Резултати приказани у Табели 6 показују да се дужина стома током септембра варирао у интервалу од $18,76$ до $22 \mu\text{m}$ док се ширина кретала од $10,49$ до $11,61 \mu\text{m}$, при чему се запажа да се број стоминих ћелија на јединицу површине листа више смањивао, а њихова величина повећавала у односу на мјесец август.

Табела 4. Средња мјесечна вриједност полутаната током септембра на истраживаним локалитетима ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Анализирани полутанти	SO ₂	O ₃	NO	NO ₂	NO _x	Чађ
Центар града	16,446	41,447	14,520	32,636	47,155	до 14,242
Паприковац	15,995	42,098	13,587	31,403	44,989	14,271
Борик	15,832	37,224	15,445	34,266	49,711	14,582

Табела 5. Број стома (mm^2) код *Aesculus hippocastanum* L. током септембра на истраживаним локалитетима

Број стома на mm^2				
	Борик	Мејдан	Паприковац	Бањ брдо
Спољашња круна	316,32	356,12	307,62	361,24
Унутрашња круна	312,59	293,00	276,11	286,63

Табела 6. Величина стома (μm) код *Aesculus hippocastanum* L. током септембра на истраживаним локалитетима

Величина стома у μm					
		Борик	Мејдан	Паприковац	Бањ брдо
Спољашња круна	Дужина стома	18,76	21,80	21,59	21,11
	Ширина стома	10,73	10,49	10,58	10,63
Унутрашња круна	Дужина стома	18,92	22,32	22,26	21,41
	Ширина стома	10,49	11,61	10,41	10,69

ЗАКЉУЧЦИ

У овом раду испитиван је утицај неких аерополутаната на особине стоминог апарата код дивљег кестена на четири локалитета на подручју Бање Луке. Добијени резултати у овом раду су показали:

-Број стома на јединицу површине листа (mm^2) код *Aesculus hippocastanum* L. је зависио како од мјеста и положаја узимања узорака тако и од присуства аерополутаната у ваздуху.

-Број стома на јединици лисне површине више се повећавао а њихова величина смањивала током августа у односу на септембар и то код свих листова узетих из спољашњег дијела круне.

-Величина стома није значајно варирао, у просјеку дужина стома се кретала у интервалу од 19,76-22,5 μm , а ширина од 9,79-11,61 μm при чему су у просјеку веће стоме утврђене на листовима узетих из унутрашњег дијела крошње у односу на спољашњи.

-Утицај аерополутаната на број и величину стоминог апарата био је различит у односу на локалитет и положај узимања узорака, због чега при проучавању дејства неког фактора на стомин апарат у будућим истраживањима потребно је вршити у дужем временском периоду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gheorghe, I. F., Ion, B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. In: The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources, Khallaf, M. (Ed.) InTech. pp: 241-280.

2. Gostin, I. N. (2009): Air Pollution Effects on the Leaf structure of some *Fabaceae* Species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 57-63.
3. Jablanović, M. (1995): Biljka u zagađenoj sredini. Univerzitet u Prištini. Prtiština.
4. Jablanović, M., Jakšić, P., Kosanović, K. (2003): Uvod u ekotoksikologiju. Univerzitet u Prištini. Kosovska Mitrovica.
5. Kastori, R., Petrović, M. (1972): Uticaj osvijetljenosti na broj i veličinu stominog aparata i na intenzitet transpiracije kod mladih biljaka kukuruza. *Matica Srpska*, 43; 149-157.
6. Kirkham, M. B. (2004): Stomata and Measurement of Stomatal Resistance. In: Principles of Soil and Plant Water Relations. Kirkham, M. B. (Ed.). Elsevier Academic Press. Boston.
7. Kozłowski, T. T., Kramer, P. J., Pallardy, S. G. (1991): The physiological ecology of woody plants. Academic Press, San Diego, CA:
8. MacRobbie, E. A. C. (1997). Signalling in guard cells and regulation of ion channel activity. *Journal of Experimental Botany*, 48: 515–528.
9. Mansfield, T. A., Hetherington, A. M., Atkinson, C. J. (1990): *Some current aspects of stomatal physiology*. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41: 55-75.
10. Mazarura, U. (2012): Effect of sequences of ozone and nitrogendioxide on plant dry matter and stomatal diffusive resistance in radish. *African Crop Science Journal*, 20: 371-384.
11. McAinsh, M. R., Evans, N. H., Montgomery, T., North, K. A. (2002): Calcium signaling in stomatal responses to pollutants. *New Phytologist*, 153 (3): 441-447.
12. Oljača, R., Govedar, Z., Hrkić, Z. (2008): Efekti aerozagađenja na učešće stoma na listovima ispitivanih vrsta divljeg kестена i breze u uslovima Banja Luke. *Glasnik šumarskog fakulteta, Beograd*, 98: 155-166.
13. Oljača, R., Hrkić, Z., Lukić, D. (2009): Uticaj aerozagađenja na gustinu stoma ispitivanih vrsta divljeg kестена (*Aesculus hippocastanum* L.) i pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill. Swingle)) u uslovima Banja Luke. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 29; 15-24.
14. Saxe, H. (1991): Photosynthesis and Stomatal Responses to Polluted Air, and the Use of Physiological and Biochemical Responses for Early detection and Diagnostic Tools. *Advance in botanical Research*, 18: 1-128.
15. Schroeder, J. I., Allen, G. J., Hugouvieux, V., Kwak, J. M., Waner, D. (2001): Guard cell signal transduction. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 627-658.
16. Shweta, T. (2012): Air Pollution Induced changes in Foliar Morphology of Two shrub species at Indora city, India. *Research Journal of Recent Sciences*, 2: 95-199.
17. Weryszko-Chmielewska, E., Haratym, W. (2012): Leaf micromorphology of *Aesculus hippocastanum* L. and damage caused by leaf-mining larvae of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić. *Acta Agrobotanica*, 65 (3): 25-34.

Примљено: 20. 11. 2015.
Одобрено: 28. 04. 2016.