

INFLUENCE OF WATER STRESS ON WOOD ANATOMY AND MORPHOLOGY

Tijana Milanović

The Academy of Applied Technical and Preschol Studies, Vranje, Serbia, tjanamicic4@gmail.com

Gordana Bogdanović

The Academy of Applied Technical and Preschol Studies, Vranje, Serbia, gordanabd@gmail.com

Abstract: This paper discusses the influence of environmental factors on the anatomy and morphology of wood. How do changing environmental conditions affect the amount of water in the structure of woody plant species and how does this change affect the morphology of the tree? Can a constant change in climatic factors permanently change the morphology of a species? Anthropogenic climate change will profoundly affect woody plants around the world through rising atmospheric concentrations of carbon dioxide, rising temperatures, and an accelerated hydrological cycle with more wet and dry extremes. The extent to which stressful environmental conditions can affect the growth and development of woody plant species. Because stress affects different types of plants differently, it can often lead to species drying out or complete loss of population. The amount of water that is transported from the roots to the leaves and in the opposite direction is a great indicator of what percentage the species is exposed to stress and whether it is in danger of drying out. Cavitation with water stress depends on the influence of the air that passes through the wooden elements. The width of the water and air ducts can save the species from possible drying, if unfavorable environmental factors do not have a long-term effect. Water properties can be useful in predicting different types of drought and temperature stress, but the variability and plasticity within a species, as well as the potential for recovery after stress, are poorly known and critical to understanding. Changes at the level of the root system are based on changes in the meristematic tissue located at the top of the root. Due to its anatomy, plant species often stop their growth due to lack of water. The formation of lateral meristems, on the main root, is the result of the stress that the plant survived after the loss of water. The elements of the tree, and above all the trachea and trachea, react by changing their size or lead to gradual drying and permanent loss of plant parts. Water is transported from the roots to the leaves by negative pressure. Under this stress, water is prone to sudden phase changes in water vapor or cavitation. In plants, air can reach the functional channels of the xylem through the membrane pits, and the resulting embolism blocks the transport of water and reduces the conductivity and productivity of the plant. Xylem transmission and water scarcity are major factors contributing to tree mortality and forest degradation in global droughts. However, some plants can tolerate even a high level of lack of water under drought, restoring cell functionality after partial or complete rehydration by recovery and filling with xylem. The anatomy of the leaves changes under water stress, which is the result of reduced stoma conduction. The paper will present evidence on the recovery of wood elements, highlighting possible physiological changes and changes in the mechanism of action on the entire woody population.

Keywords: Wood, stress, anatomy, morphology, water.

UTICAJ VODENOG STRESA NA ANATOMIJU I MORFOLOGIJU DRVETA

Tijana Milanović

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Vranje, tjanamicic4@gmail.com

Gordana Bogdanović

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Vranje, gordanabd@gmail.com

Rezime: U ovom radu govori se o uticaju ekoloških faktora na anatomiju i morfologiju drveta. Na koji način promenljivi uslovi okoline utiču na količinu vode u građi drvenastih biljnih vrsta i kako se ta promena ispoljava na morfologiju drveta. Da li stalna promena klimatskih faktora može promeniti trajno morfologiju vrste? Antropogene klimatske promene će duboko uticati na drvenaste biljke širom sveta kroz porast atmosferskih koncentracija ugljen-dioksida, povećanje temperatura i ubrzani hidrološki ciklus sa više vlažnih i suvih ekstrema. Do koje mere stresni uslovi sredine mogu uticati na rast i razvoj drvenastih biljnih vrsta. S obzirom da stres različito utiče na različite vrste biljaka, često može dovesti do sušenja vrste ili do potpunog gubitka populacije. Količina vode koja se transportuje od korena do listova i u obrnutom smeru je veliki pokazatelj u kom procentu je vrsta izložena stresu i da li joj preči opasnost od isušivanja. Kavitacija vodenim stresom zavisna je od uticaja vazduha koji prolazi kroz drvene elemente. Širina kanala za provođenje vode i vazduha, može da spasi vrstu od eventualnog sušenja, ukoliko nepovoljni ekološki faktori nemaju dugoročno dejstvo. Vodene osobine mogu biti korisne u predviđanju različitih

vrsta sušnog i temperaturnog stresa, ali varijabilnost i plastičnost unutar vrste, kao i potencijal za oporavak nakon stresa su slabo poznati i kritični za razumevanje. Promene na nivou korenovog sistema, zasnivaju se na promenama u meristemskom tkivu koje je smešteno na vrhu korena. Zbog njegove anatomije, biljne vrste često stopiraju svoj rast usled nedostatka vode. Formiranje bočnih meristema, na glavni koren je rezultat stresa koje je biljka preživela nakon gubitka vode. Elementi drveta, a pre svega traheje i traheide reaguju promenom veličine ili dovode do postepenog sušenja i do trajnog gubitka delova biljaka. Voda se transportuje od korena do listova negativnim pritiskom. Pod ovim stresom, voda je sklona naglim promenama faze u vodenu paru ili u kavitaciju. U biljkama vazduh može dospeti u funkcionalne kanale ksilema kroz membranske jame, a rezultujuća embolija blokira transport vode i smanjuje provodljivost i produktivnost biljke. Ksilemsko prenošenje i nedostatak vode su glavni faktori koji doprinose smrtnosti drveća i propadanju šuma u sušama globalnog tipa. Međutim, neke biljke mogu tolerisati čak i visok nivo nedostatka vode pod sušom, oporavljajući ćelijsku funkcionalnost nakon delimične ili potpune rehidracije oporavkom i punjenjem ksilema. Anatomija listova se menja pod vodenim stresom, što je rezultat smanjene provodljivosti stoma. U radu će biti prikazani dokazi o oporavku drvnih elemenata, ističući moguće fiziološke promene i promene u mehanizmu dejstva na celu drvenastu populaciju.

Ključne reči: drvo, stres, anatomija, morfologija, voda.

1. UVOD

Stres kod biljaka može nastati pod uticajem spoljašnjih faktora koji dovode do bilo kakvog odstupanja od optimalnih uslova i koji negativno utiču na ravnotežu u biljkama (Lichtenthaler, 1996.). Stres usled nedovoljne količine vode nastaje kada se voda spusti na nivo koji ograničava rast i razmnožavanje biljaka i dovodi do nestabilnosti metabolizma biljaka (Kulak et al., 2019.). Da bi smo procenili količinu vode koja nedostaje biljci i koja može dovesti do stresa, potrebno je definisati tačku uvenuća (Asadi et al., 2012.). Stres koji može nastati kod biljaka može biti blagi stres, umereni i jaki stres (Radacsi et al., 2016.; Morshedloo et al., 2017.; Caser et al., 2018., 2019.). Vrsta stresa zavisi od kontinuirano indukovane promene na ćelijskom nivou, kao odgovor na smanjenje dostupnosti vode. Tačka uvenuća podrazumeva određenu tačku u dostupnosti vode u kojoj stres počinje.

Postoje primarni i sekundarni metaboliti koji se proizvode u biljkama. U primarne metabolite spadaju osnovni, esencijalni molekuli biljnog sveta (proizvodi fotosinteze i osnovnih biosintetskih puteva). Sekundarni metabolit je organsko jedinjenje čije stvaranje nije neophodno za život i opstanak biljaka. Sekundarnim metabolitima biljke imaju veliku ekološku korist u komunikaciji sa okolnom florom i faunom (Pott et al., 2019.).

Stres izazvan sušom, ograničava rad fotosintetskog sistema u biljkama, što nastaje kao posledica zatvaranja stoma izazvanog stresom. Takođe, i smanjeni rast biljaka ne znači proporcionalno smanjenu aktivnost fotosinteze ili proporcionalno smanjeni sadržaj hlorofila. Ovo se može dokazati na primeru drvenastih vrsta, gde smanjeni rast biljaka, znači manje zadebljanje stabljike. Stvaranje reaktivnog kiseonika usled stresa, može ali i ne mora dovesti do uništavanja hlorofila (Foier et al., 1994.).

Biljne ćelije specifično reaguju na sušu, prilagođavanjem trenutnim ekološkim uslovima. Zbog toga je i procena njihovih reakcija na sušu još više interesantnija i izazovnija za istraživače. Različitim istraživanjima je dokazano da stres od suše ne utiče na promenu biosinteze, akumulacije i emisije biljnih isparljivih materija. Postoji stepen stresa koji nastaje kao posledica suše, u kojem je postignuta željena akumulacija esencijalnog ulja ili čak izmenjeni sastav eteričnog ulja.

Abiotski faktori sredine gde pripadaju suša, ekstremne temperature, salinitet (slanost), hemijska toksičnost i oksidacija, predstavljaju ozbiljnu pretnju za biljne vrste, a pre svega za drvenaste vrste. Abiotski i biotski faktori stresa mogu nastati uticajem različitih bolesti, niskim temperaturama, kiselosti zemljišta, visokim temperaturama i sušom. Abiotski stres može dovesti do promena na morfološkom, fiziološkom, biohemijskom i molekularnom nivou. To dejstvo negativno utiče na rast i produktivnost drvenastih vrsta. U zavisnosti od vrste disbalansa koji napada biljnu vrstu: suša, slanost, ekstremne temperature i oksidativni stres, su obično povezani i mogu izazvati slično oštećenje ćelija. Suša i veliki procenat saliniteta, izraženi su kao osmotski stres tamo gde utiču homeostaza i raspodela jona unutar ćelije (Serrano et al., 2001.). Denaturacija funkcionalnih i strukturnih proteina nastaje usled visokih temperatura koje su praćene sušom, oksidativnim stresom ili povećanom slanošću (Smirnov., 1998.).

2. ANATOMSKE PROMENE KAO REZULTAT STRESA KOD DRVENASTIH BILJAKA

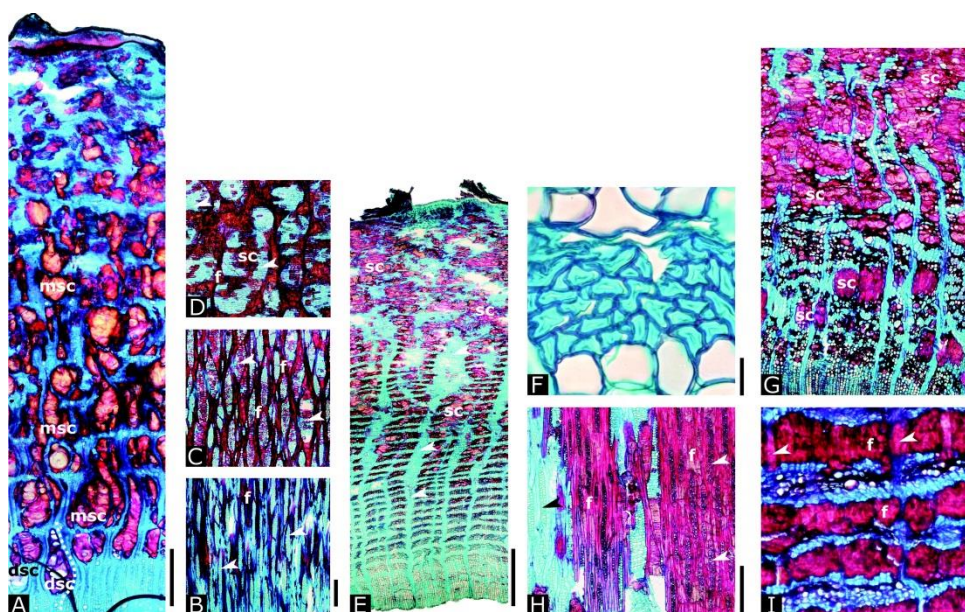
Na poprečnom preseku, u zavisnosti od vrste drveta, u većoj ili u manjoj meri dolazi do promena u kori, odnosno do rane diferencijacije (blizu kambijuma) sklereida u aksijalnom parenhimu. Povećanje dimenzija sklereida utiče na povećanje rastojanja između susednih zrakova i susednih tkiva u tangencijalnom smeru (Slika 1-A).

Kod vrsta sa izraženom vlaknastom korom, floemska vlakna su raspoređena u rešetkasti sloj u uzdužnoj tangencijalnoj ravni (sl. 1-B-D). Zraci se povećavaju prema periferiji kore, koji su slabo ili ne sklerifikovani. Sklerifikovane ćelije se javljaju u starijoj kori (u spoljnom delu floema) ili u zracima ili u aksijalnom parenhimu (sl.

1-E). Uglavnom se zraci povećavaju prema periferiji, ali su karakteristično sklerifikovani. Do sklerifikacije može doći u blizini kambijuma ili u proširenim zracima na perifernoj površini dela floema.

Slika 1: (A) Diferencijalni sklereidi u blizini kambijuma, koji dovode do skretanja zraka i presecanja aksijalnih elemenata (poprečni presek koji pokazuje značajnu količinu sklereida). (B) Uzdužni tangencijalni presek blizu kambijuma u srednjem delu; (C) Uzdužni tangencijalni presek blizu kambijuma u spoljnom delu; (D) Uzdužni tangencijalni presek blizu kambijuma u unutrašnjoj kori. Sa povećanjem udaljenosti od kambijuma, floemska vlakna postaju lignifikovana (crvena) i dolazi do dilatacije zraka (bela strelica). Razvoj sklereida (sc), u zracima I. Vlakna sa želatinoznim slojem. (G) Poprečni presek sa prisustvom sklereida (sc) u aksijalnim elementima i sklerifikacija zraka u spoljnom delu kore. (H) Uzdužni tangencijalni presek iz središnjeg regiona kore. Zraci pored vlakana (f) su jako sklerifikovani (bela strelica). Zraci koji su u blizini aksijalnog parenhima (crna strelica) nisu sklerifikovani. (I) Poprečni presek srednjeg regiona kore (Lehnebach et al., 2019.).

Kod vrsta bez vlakana u kori, karakterističan je značajan broj sklereida u ranom razvoju (sklereidi se mogu videti od kambijuma ka spolja). Takođe, proces usled nedostatka vode, deluje na nivou diferencijacije sklereida na mehaničko stanje kore. Zreli sklereidi su ćelije izodijametričnog oblika, koji utiču na debljinu ćelijskih zidova, a samim tim i na gustinu kore (Prislan et al., 2012.; Camro et al., 2016.).



3. MORFOLOŠKE PROMENE KAO REZULTAT STRESA KOD DRVENASTIH BILJAKA

Deficit vode, koji dovodi do stresa kod biljnih drvenastih vrsta, dovodi i do velikih promena u anatomskoj i morfološkoj građi. Promene na nivou korenovog sistema, poput veličine, broju grana i prostornog rasporeda zavise od biljnih vrsta i uslova sredine. Sam korenov sistem je najvažniji za biljku zbog potpore i sigurnosti koju joj pruža. Usled dugoročnijeg stresa, dolazi do smanjenja brzine apikalnog rasta, u dužini pojedinačnih korena i pojedinačno u veličini korenovog sistema (Colombi et al., 2017.; Becel et al., 2012.; Grzesiak, 2009.). Takođe, često dolazi i do oticanja korena, a čak povremeno do smanjenja broja korena (Loades et al., 2015.). Biljne vrste, čiji je rast korenovog sistema ometan usled neke vrste stresa, a naročito vodenog, ostaju manje, sa smanjenom dužinom i suvom težinom izdanka.

Uticaj stresa ostavlja tragove na površinu listova i na broj listova. Stope izduživanja listova su smanjene i vidljivo je zatvaranje stoma. Uočene su i promene na nivou hlorofila, čija je funkcija znatno smanjena (Roberts et al., 2002.).

Pored listova, na biljci reaguju i grane, koje kao prvi znak stresa pokazuju zastoj u grananju. Ukoliko nedostaje samo voda (vodeni stres), kompleks grana se povija na onu stranu sa koje dolazi sledeći izvor hrane poput na primer Sunčeve svetlosti (Franco et al., 2011.).

Promene su vidljive na nivou kore drveta. Sama struktura kore je znatno suvlja i često nastaje proces ljuštenja ili opadanja kore drveta. Još jedan jasan znak da je biljna vrsta pretrpela neku vrstu stresa je promena boje na kori drveta. Najčešće, ukoliko su u pitanju mlade biljne vrste dolazi do ispoljavanja svetlije boje u odnosu na standardnu,

koja bi se očekivala za datu vrstu. Dok, ukoliko je u pitanju kora drveta, koja je stara nekoliko desetina godina, može doći do tamnjenja boje na kori i čak do povijanja cele biljke u jednu stranu (Iijima and Kato, 2007.).

4. OPORAVAK DRVENASTIH BILJAKA

Na opstanak biljaka u životnoj sredini bilo urbanoj ili ruralnoj, tokom klimatskih promena, važan je brzi oporavak od stresa. Brzi oporavak od stresa je veoma bitan u područjima u koja se klima stalno menja (Yin and Bauerle, 2017.). Uglavnom je oporavak nakon stresa kod biljaka predodređen geografskim varijacijama i njenim biološkim adaptacijama. Drvenaste biljne vrste imaju brži oporavak fotosinteze posle suše, u odnosu na grmlje ili na određene zeljaste forme, gde biljke moraju da vrate svoj ugljenik u ravnotežu, pre završetka njihovog životnog ciklusa u kasno proleće (Galmes et al., 2007.). Ekstremni klimatski uslovi, fizički poremećaji, uticaj insekata i invazije egzotičnih vrsta, imaju veliki uticaj na fiziologiju, ekologiju i evoluciju drvenastih vrsta biljaka na određenim predelima (Gutschick., 2003.).

Presudan i glavni faktor za rast biljaka je dostupnost vode u zemljištu. Biljne vrste, a pre svega drvenaste vrste imaju adaptivne mehanizme koji im pomažu da tolerišu nepovoljne uslove okoline.

5. ZAKLJUČAK

Karakteristika korenovog sistema je da se lako prilagođava i da brzo reaguje na promene iz okoline. Međutim, ova konstatacija nije uvek tačna. Koreni različitih vrsta, na različite načine, mogu reagovati ili dati odgovor na isti podsticaj sredine. Najčešće se kod korena, nakon uticaja stresa, javlja smanjeni aksijalni rast (Cook et al., 1996.).

U okviru rasta biljnih organa prisutni su takozvani glavni pravci rasta (pravci minimalne i maksimalne stope rasta) (Hejnovicz, 1984.). Postoji direktan odnos između glavnih pravaca rasta i glavnih pravaca stresa u biljnom organu (Linch and Lintilhac, 1997.). Promene na nivou listova i stabla su vidljive i na vreme se može uočiti problem. Pored ostalih karakteristika, dostupnost vode u zemljištu je važna karika koja održava biljni svet u našoj okolini.

Promene na granama su znatno vidljive, u cilju smanjenja gustine i širenja krošnje, kao i smeru povijanja grana na onu stranu gde je dostupnost hrane veća. Promene na nivou kore su jedan od znakova da je biljna vrsta preživela neku vrstu stresa. Struktura kore je znatno suvlja i dolazi do procesa ljuštenja i opadanja kore drveta. Pored toga, dolazi do promene boje kore, koja može biti znatno svetlija ili tamnija, u zavisnosti od starosti biljke (Iijima and Kato, 2007.).

Na osnovu navedenog možemo zaključiti da suša, promene u temperaturi, salinitetu, hemijska toksičnost, oksidacija, abiotički faktori sredine, mogu ugroziti rast i razvoj biljaka. Ti štetni uslovi sredine mogu nastati i uticajem različitih bolesti, čija je pogodna sredina za širenje niska ili stalna promena temperature i kiselosti zemljišta.

Takođe, različite vrste stresa izazivaju promene na morfološkom, fiziološkom, biohemijskom i molekularnom nivou drvenastih biljaka. Posledice se manifestuju stagniranjem u rastu, razmnožavanju i produktivnosti drvenastih biljaka.

LITERATURA

- Asadi, S., Lebaschy, M.H., Khourgami, A., & Rad, A.H.S. (2012). Effect of drought stress on the morphology of three *Salvia sclarea* populations. *Ann Biol Res* 3(9):4503–4507
- Bécel, C., Vercambre, G., & Pagès, L. (2012). Soil penetration resistance, a suitable soil property to account for variations in root elongation and branching. *Plant and Soil* 353: 169–180.
- Carmo, J.F., Miranda, I., Quilhó, T., Carvalho, A.M., Carmo, F.H.D.J., Latorraca, J.V.F., & Pereira, H. (2016). Bark characterisation of the Brazilian hardwood *Goupia glabra* in terms of its valorisation. *BioResources*, 11(2): 4794–4807.
- Caser, M., D'Angiolillo, F., Chitarra, W., Lovisololo, C., Ruffoni, B., Pistelli, L., Pistelli, L., & Scariot, V. (2016). Water deficit regimes trigger changes in valuable physiological and phytochemical parameters in *Helichrysum petiolare* Hilliard & B.L: Burt. *Ind Crops Prod* 83:680–692
- Caser, M., D'Angiolillo, F., Chitarra, W., Lovisololo, C., Ruffoni, B., Pistelli, L., Pistelli, L., & Scariot, V. (2018). Ecophysiological and phytochemical responses of *Salvia sinaloensis* Fern. to drought stress. *Plant Growth Regul* 84(2):383–394
- Colombi, T., Kirchgessner, N., Walter, A., & Keller, T. (2017). Root tip shape governs root elongation rate under increased soil strength. *Plant Physiology* 174: 2289–2301.
- Galmes, J., Medrano, H. & Flexas, J. (2007). Photosynthetic limitations in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. *New Phytologist*, 175: 81–93.
- Grzesiak, M.T. (2009). Impact of soil compaction on root architecture, leaf water status, gas exchange and growth of maize and triticale seedlings. *Plant Root* 3: 10–16.
- Gutschick, V. P. & Bassirirad, H. (2003). Extreme events as shaping physiology, ecology, and evolution of plants: toward a unified definition and evaluation of their consequences. *New Phytologist*, 160: 21–42.

- Iijima, M., & Kato, J. (2007). Combined soil physical stress of soil drying, anaerobiosis and mechanical impedance to seedling root growth of four crop species. *Plant Production Science* 10: 451–459.
- Kulak, M., Ozkan, A., & Bindak, R. (2019). A bibliometric analysis of the essential oil-bearing plants exposed to the water stress: how long way we have come and how much further? *Sci Hort* 246:418–436
- Lichtenthaler, H.K. (1996). Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *J Plant Physiol* 148:4–14
- Loades, K.W., Bengough, A.G., Bransby, M.F., & Hallett, P.D. (2015). Effect of root age on the biomechanics of seminal and nodal roots of barley (*Hordeum vulgare* L.) in contrasting soil environments. *Plant and Soil* 395: 253–261.
- Morshedloo, M.R., Craker, L.E., Salami, A., Nazeri, V., Sang, H., & Maggi, F. (2017). Effect of prolonged water stress on essential oil content, compositions and gene expression patterns of mono- and sesquiterpene synthesis in two oregano (*Origanum vulgare* L.) subspecies. *Plant Physiol Biochem* 111:119e128.
- Pott, D.M., Osorio, S., & Vallarino, J.G. (2019). From central to specialized metabolism: an overview of some secondary compounds derived from the primary metabolism for their role in conferring nutritional and organoleptic characteristics to fruit. *Front Plant Sci* 10:835.
- Prislan, P., Koch, G., Schmitt, U., Gričar, J., & Čufar, K. (2012). Cellular and topochemical characteristics of secondary changes in bark tissues of beech (*Fagus sylvatica*). *Holzforschung*, 66(1): 131.
- Radácsi, P., Inotai, K., Sárosi, Sz., & Németh, É. (2016). Effect of soil water content on the physiological parameters, production and active substances of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 15(2):3–12
- Roberts, J.A., Hussain, A., Taylor, I.B., & Black, C.R. (2002). Use of mutants to study long-distance signalling in response to compacted soil. *Journal of Experimental Botany* 53: 45–50
- Lehnebach, R., Doumerc, L., Clair, B., & Alméras, T. (2019). Mechanical stress in the inner bark of 15 tropical tree species and the relationship with anatomical structure. *Botany*. 98(1): 1-8.
- Serrano, R., & Rodriguez-Navarro, A. (2001): Ion homeostasis during salt stress in plants. *Curr. Opin. Cell Biol.*, 13: 399-404.
- Smirnoff, N. (1998). Plant resistance to environmental stress. *Curr Opin Biot.*, 9: 214-219.
- Yin, J. & Bauerle, T. L. (2017). A global analysis of plant recovery performance from water stress. *Oikos*, 126(10): 1377-1388.