

**UDK: 582.632.2(497.113 Fruška gora)**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**ISPITIVANJE ODNOSA NADMORSKE VISINE I SUVE MASE LISTA PO  
JEDINICI LISNE POVRŠINE KOD PROVENIJENCIJA BUKVE**

Srđan Stojnić<sup>1</sup>, Saša Orlović<sup>1</sup>, Saša Pekeč<sup>1</sup>, Branislav Trudić<sup>1</sup>, Marko Stojanović<sup>1,2</sup>

**Izvod:** Kako bi se adaptirale na uslove spoljašnje sredine, biljke mogu da primene različite strategije, od promena u vezi sa fiziološkim procesima, do modifikacija u pogledu morfološke i anatomske građe organa. U tom smislu, suva masa lista po jedinici lisne površine (LMA) je važan parametar i zauzima centralno mesto u adaptacionim strategijama biljaka. Cilj ovog rada jeste da se prouči varijabilnost LMA između različitih provenijencija bukve, kao i da se ispita veza između nadmorske visine lokaliteta sa kojih provenijencije potiču i LMA. Studija je sprovedena u provenijeničnom testu na Fruškoj gori i obuhvatila je 11 provenijencija poreklom iz Austrije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Nemačke, Rumunije i Srbije. Kako bi se utvrdile razlike između provenijencija korišćena je analize varijanse (ANOVA), dok je veza između LMA i nadmorskih visina provenijencija ispitana primenom linearne regresije. Rezultati istraživanja su pokazali postojanje statistički značajnih razlika između provenijencija ( $p < 0.001$ ), koje ukazuju na moguću različitu genetičku konstituciju istih. Takođe, statistički značajna korelacija ( $p = 0.017$ ) je utvrđena između LMA i nadmorskih visina lokaliteta, sugerišući izraženu lokalnu adaptaciju provenijencija. Rezultati istraživanja su prokomentarisani sa aspekta značaja LMA na adaptaciju biljaka na uslove staništa na višim nadmorskim visinama.

**Ključne reči:** suva masa lista po jedinici lisne površine, nadmorska visina, provenijenični ogled, bukva.

**RELATIONSHIP BETWEEN ALTITUDE AND LEAF DRY MASS PER UNIT AREA IN  
EUROPEAN BEECH PROVENANCES**

**Abstract:** *In order to adapt to contrasting habitats plants have evolved different strategies, from changes in physiological processes to the modifications in morphological and anatomical structures. In that sense, leaf dry mass per unit area (LMA) is an important*

---

<sup>1</sup> Dr Srđan Stojnić, naučni saradnik, E-mail: [stojnics@uns.ac.rs](mailto:stojnics@uns.ac.rs); prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik; dr Saša Pekeč, naučni saradnik; master Branislav Trudić, istraživač saradnik; master Marko Stojanović, istraživač saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Republika Srbija.

<sup>2</sup> Master Marko Stojanović, istraživač saradnik, Mendel University, Faculty of Forestry and Wood Technology, Brno, Češka Republika.

indicator of plant ecological strategies to cope with different environmental influences. The aim of this study was twofold: a) to examine variability of LMA between different European beech provenances, b) to analyze the relationship between LMA and altitude of provenances origin sites. The study was conducted in the provenance trial at Fruska Gora Mountain and involved 11 provenances originating from Austria, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Hungary, Germany, Romania and Serbia. The analysis of variance (ANOVA) was provided in order to verify the significance of differences between provenances, while the linear regression analysis was applied in order to examine the relationship between LMA and provenance altitudes. The results showed the existence of statistically significant differences between provenances ( $p < 0.001$ ) in terms of LMA that are likely the results of possible different genetic constitution of investigated provenances. Likewise, we observed significant, positive relationship between LMA and altitudes of provenances origin sites ( $p = 0.017$ ), which pointed to strong local adaptation of provenances. The results were discussed in terms of importance of LMA for plant adaptation to environments at higher altitudes.

**Keywords:** leaf dry mass per unit area, altitude, provenance trial, European beech.

## UVOD

Proces obrazovanja listova kod biljaka je pod kontrolom gena i uslova spoljašnje sredine u kojima biljka raste (Parkhurst i Loucks, 1972). Adaptacija listova na uslove staništa počinje još u ranoj fazi razvića lista i ogleda se kroz odgovarajuće promene u metabolizmu (Marchetti et al., 1995), morfološkoj građi (Gravano et al., 1999), strukturi (Kull et al., 1999), itd. Primera radi, Barna (2004) navodi da biljke koje rastu u zaseni formiraju krupnije listove, za razliku od biljaka koje su izložene većoj količini svetlosti i čiji listovi se karakterišu manjom površinom, formiranjem nekoliko slojeva mezofila, debljim epidermisom i kutikulom, itd.

Suva masa lista po jedinici lisne površine (LMA) je parametar koji se široko koristi u proučavanju adaptacionih strategija biljaka na uslove staništa u kojima rastu i razvijaju se. Generalno posmatrano, vrste koje imaju evolutivnu konzervativnu strategiju u korišćenju raspoloživih biogenih elemenata pokazuju više vrednosti LMA, čime povećavaju mogućnost preživljavanja u uslovima slabe obezbeđenosti nutritijentima, pojačanom sušom, itd. Na drugoj strani, vrste koje rastu u uslovima optimalne obezbeđenosti vodom, mineralnim materijama itd., imaju niže vrednosti LMA što je u vezi sa brzim i efikasnim korišćenjem ovih resursa, kao i većim relativnim stepenom rastezanja (Domínguez et al. 2012). Brojna istraživanja sprovedena na različitim biljnim vrstama su pokazala da čak i u okviru iste vrste ovaj parametar može značajno da varira u zavisnosti od ekoloških uslova u kojima biljke rastu (Meier i Leuschner, 2008; Richardson et al., 2013; Vilá-Cabrera et al., 2015). Tako, na primer, istraživanje koje su sproveli López et al., (2010) na provenijencijama *Pinus canariensis* je pokazalo da su iste provenijencije imale različite vrednosti LMA u zavisnosti od ekoloških uslova u provenijencijskim testovima u kojima su rasle, kao i da je sa povećanjem kserofilnosti staništa dolazilo do povećanja vrednosti ovog parametra.

Cilj ovog rada jeste da se analizira varijabilnost suve mase lista po jedinici lisne površine između različitih provenijencija bukve, kao i da se ispita veza između

LMA i nadmorske visine lokaliteta sa kojih provenijencije potiču. Akcenat istraživanja je stavljen na povezanost LMA i nadmorske visine, dok su provenijencije iskorišćene više kao sredstvo za donošenja generalnih zaključaka. Rezultati istraživanja su prokomentarisani sa aspekta značaja suve mase lista po jedinici lisne površine na adaptaciju biljaka na stanišne uslove koji vladaju na većim nadmorskim visinama.

## MATERIJAL I METOD

Istraživanje je sprovedeno u provenijeničnom testu bukve na Fruškoj gori (N 45°10'9.86", E 19°47'53.45"). Ogled je podignut 2007. godine u okviru evropske mreže provenijeničnih testova. Osnovan je po slučajnom blok sistemu, sa razmakom 2 m između redova i 1 m između biljaka u redu (Stojnić et al., 2012).

Istraživanje je obuhvatilo 11 provenijencija bukve, poreklom iz šest zemalja: Austrije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Mađarske, Nemačke, Rumunije i Srbije (Tabela 1).

**Tabela 1.** Provenijencije bukve obuhvaćene istraživanjem

*Table 1. European beech provenance included in the study*

Provenijencija <i>Provenance</i>	Zemlja porekla <i>Country of origin</i>	Geografska širina (S) <i>Latitude (N)</i>	Geografska dužina (I) <i>Longitude (E)</i>	Nadmorska visina (m) <i>Altitude (m)</i>
HR25 - Vrani kamen	Hrvatska	45°37'	17°19'	600
BA32 - Crni Vrh, Tešanj	BiH	44°33'	17°59'	500
BA33 - Grmeč, Bosanska Krupa	BiH	44°46'	16°16'	650
RS36 - Fruška gora	Srbija	45°10'	19°50'	370
RS38 - Kopaonik	Srbija	43°10'	20°50'	820
HU42 - Valkonya	Mađarska	46°30'	16°45'	300
DE46 - Pfalzgrafeweiler	Nemačka	48°46'	08°35'	700
DE47 - Schelklingen	Nemačka	47°59'	09°59'	650
DE48 - Höllerbach	Nemačka	49°01'	13°14'	755
AT56 - Scharnstein, Mitterndorf	Austrija	47°54'	13°58'	480
RO63 - Alesd, U.P.II/51A	Rumunija	47°11'	22°15'	490

Uzorkovanje listova je sprovedeno tokom avgusta 2012. godine. Po 20 listova je uzorkovano sa 10 genotipova unutar svake provenijencije (Cornelissen et al., 2003). Za analize su uzimani isključivo potpuno formirani listovi svetlosti, koji su se nalazili u gornjoj trećini krošnje i bili orjentisani u pravcu jug-jugozapad. Kako su listovi na jednogodišnjim izbojcima različiti po veličini, za merenja su

uzimani drugi i treći list od osnove izbojka, kao listovi koji se karakterišu najmanjom varijabilnošću (Cicák, 1998; Barna, 2004). Takođe, prilikom uzorkovanja se vodilo računa da su listovi u potpunosti zdravi, odnosno da nemaju nikakva oštećenja od insekata ili bolesti (Brus et al., 2011). Po sakupljanju listovi su herbarizovani.

Lisna površina (LA) je određena aparatom "ADC Bioscientific Ltd. AM300 Portable Leaf Area Meter" i izražena u cm<sup>2</sup>. Nakon toga, listovi su sušeni na temperaturi od 70°C u trajanju od 72 časa. Po završetku sušenja, izmerena je lisna masa u suvom stanju (DM [g]). Suva masa lista po jedinici lisne površine (LMA) je izračunata po formuli:  $LMA = DM LA^{-1}$  (mg cm<sup>-2</sup>) (Reich et al., 1992).

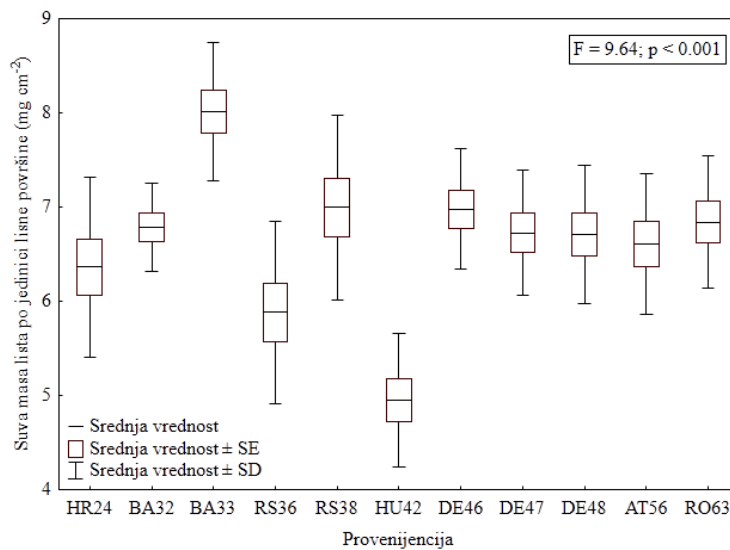
Podaci merenja su analizirani u programskom paketu "Statistica 10" (StatSoft, Inc., 2011). Osnovni parametri deskriptivne statistike: srednja vrednost, greška srednje vrednosti (SE), standardna devijacija srednje vrednosti (SD) su prikazani za svaku provenijenciju. Kako bi se utvrdile razlike između provenijencija korišćena je analiza varijanse (ANOVA) za nivo značajnosti od  $p < 0.05$ . Korelacija između LMA i nadmorske visine (m) je ispitana primenom linearne regresije.

## REZULTATI

Rezultati istraživanja su pokazali postojanje statistički značajnih razlika ( $p < 0.001$ ) između ispitivanih provenijencija (grafikon 1).

**Grafikon 1.** Varijabilnost suve mase lista po jedinici lisne površine (mg cm<sup>-2</sup>) između 11 provenijencija bukve

*Graph 1.* Variability of leaf mass per area (mg cm<sup>-2</sup>) between 11 European beech provenances

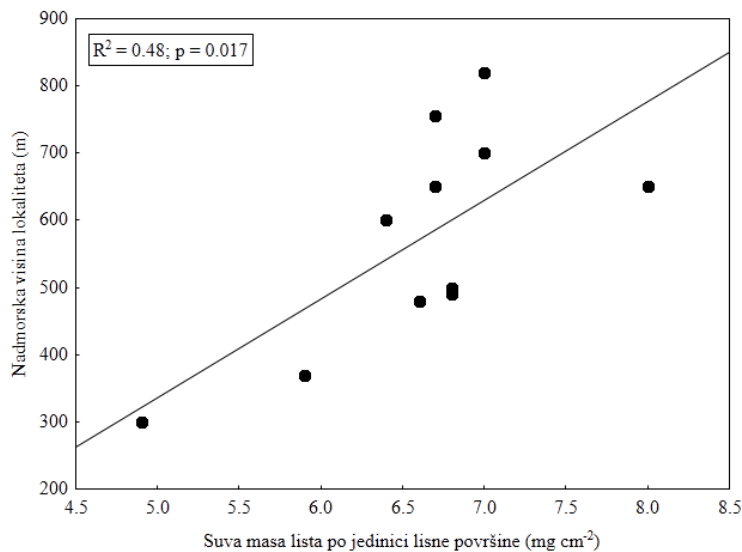


Najniže vrednosti LMA su konstatovane kod provenijencije iz Mađarske HU42 (4.9 mg cm<sup>-2</sup>) i lokalne provenijencije RS36 (5.9 mg cm<sup>-2</sup>). Na drugoj strani, najveća vrednost LMA je zabeležena kod provenijencije iz Bosne i Hercegovine BA33 (8.0 mg cm<sup>-2</sup>), koju su sledile provenijencije RS38 (7.1 mg cm<sup>-2</sup>) i DE46 (7.0 mg cm<sup>-2</sup>).

Linearna regresija je primenjena kako bi se ispitala veza između nadmorskih visina lokaliteta sa kojih provenijencije potiču i suve mase lista po jedinici lisne površine (grafikon 2). Rezultati su, kao i u prethodnom slučaju pokazali visoku povezanost između ispitivanih parametara ( $p=0.017$ ), odnosno značajno povećanje suve mase lista po jedinici lisne površine sa povećanjem nadmorske visine lokaliteta sa kojih provenijencije bukve potiču.

**Grafikon 2.** Zavisnost suve mase lista po jedinici lisne površine (mg cm<sup>-2</sup>) od nadmorske visine lokaliteta (m) sa kojih provenijencije bukve potiču

**Graph 2.** Relationship between leaf mass per area (mg cm<sup>-2</sup>) and origin site altitudes (m)



## DISKUSIJA

Postojanje statistički značajnih razlika u pogledu LMA između ispitivanih provenijencija je u skladu sa rezultatima prethodnih istraživanja koja su pokazala da se provenijencije bukve značajno razlikuju u pogledu morfološke građe listova (Šijačić-Nikolić et al., 2012; Šijačić-Nikolić et al., 2013). Takođe, konstatovano povećanje vrednosti LMA sa povećanjem nadmorske visine odgovara rezultatima pojedinih istraživanja sprovedenih na bukvi (Gravano et al., 1999; Bresson et al., 2011). Osim na bukvi, do sličnih rezultata se došlo i na drugim

vrstama drveća. Na primer, prateći varijabilnost morfo-anatomske građe lista u više sastojina *Carpinus betulus* lociranih duž visinskog gradijenta od 100 do 1150 m nadmorske visine, Paridari et al., (2013) su konstatovali da je LMA bila manja u sastojinama na višim nadmorskim visinama. S obzirom na široku rasprostranjenost bukve kao vrste, postojeće razlike između provenijencija, kao i povezanost između LMA i nadmorske visine sa kojih potiču su verovatno posledica različite genetske strukture provenijencija, koja je nastala kao rezultat lokalne adaptacije na različite ekološke uslove.

Brojna istraživanja, sprovedena na bukvi su pokazala da se LMA povećavala kao odgovor vrste na abiotički stres. Na primer, Bussotti et al., (2005) su upoređujući morfološku i anatomsku građu listova bukve u nekoliko sastojina u Italiji, došli do zaključka da je LMA bila veća u sastojinama koje se nalaze na sušnijim staništima i koje su izložene većim koncentracijama ozona. Slično navedenom, istražujući uticaj nadmorske visine na morfo-anatomsku građu lista bukve u dve populacije, Gravano et al., (1999) su ustanovili da su se listovi iz populacije na većoj nadmorskoj visini (sastojina na plićem zemljištu, sa manjim retencionim kapacitetom za vodu) karakterisali višim vrednostima LMA u poređenju sa populacijom koja se nalazila u uvali i koja je optimalno obezbeđena vodom.

Kada se govori o povezanosti suve mase lista po jedinici lisne površine sa nadmorskom visinom treba istaći da je ona rezultat složene interakcije između biljke, odnosno lista i većeg broja ekoloških faktora (temperatura vazduha, sunčeva radijacija, količina padavina, koncentracija CO<sub>2</sub>, itd.) (Poorter et al., 2009). Drugim rečima, biljke ne reaguju neposredno na promenu nadmorske visine, nego na niz ekoloških faktora koji su u uskoj vezi sa nadmorskom visinom (Yüksək et al., 2013). Na primer, sa povećanjem nadmorske visine dolazi do povećanja intenziteta sunčeve radijacije, dok temperatura vazduha i atmosferski pritisak opadaju (Körner, 2007). Takođe, na nižim nadmorskim visinama biljke uglavnom imaju na raspolaganju zemljišta bogatija hranljivim materijama, s obzirom da više temperature stimulišu mikrobiološku aktivnost, odnosno razlaganje organske materije i povećanu dostupnost nutritijenata u zemljištu. Na drugoj strani, na višim nadmorskim visinama, nepovoljni klimatski uslovi i smanjena pristupačnost nutritijenata iz zemljišta, utiču na pojavu strukturnih i fizioloških promena kod biljaka, koje imaju za cilj povećanje otpornost na abiotički stres (Read et al., 2014). Listovi koji poseduju veću LMA su, između ostalog, otporniji i na niske temperature, koje su karakteristične za više nadmorske visine (Bresson et al., 2011). Prema Atkin et al., (2006) pri niskim temperaturama vazduha ograničen je rast ćelija što dovodi do stvaranja većeg broja ćelija po jedinici zapremine i stvaranja više slojeva ćelija. Takođe, pored stvaranja većeg broja ćelija, biljke ulažu i veće količine organskih jedinjenja tj. ugljenih hidrata polisaharidnog tipa u izgradnju ćelijskih zidova lista, čime se povećava njegova ukupna biomasa (Read et al., 2014). Kao rezultat ovog procesa dolazi i do povećanja suve mase liste po jedinici lisne površine, što je konstatovano i našim istraživanjem.

Posmatrano sa aspekta uticaja LMA na fiziološke procese, Hultine i Marshall, (2000) navode da veća LMA pozitivno utiče na efikasnost korišćenja voda i fotosintetički kapacitet biljaka na višim nadmorskim visinama. Na drugoj strani, kada je reč o povezanosti između LMA i koncentracije hlorofila, iako su

različite studije dale oprečne rezultate, Li et al., (2013) smatraju da su oni usko povezani i da veća LMA štiti hlorofil od oštećenja koje mogu izazvati niske temperature i ultraljubičasto zračenje.

## ZAKLJUČAK

Bukva je vrsta koja ima široko rasprostranjenje u horizontalnom i vertikalnom smislu, te se dobijene razlike između provenijencija mogu pripisati različitoj genetičkoj konstituciji provenijencija, koja je nastala kao rezultat lokalne adaptacije na različite selekzione pritiske.

Nadmorska visina je jedan od najvažnijih ekoloških faktora koji modifikujući mikrostanišne uslove, posredno utiče i na fiziološke procese i morfo-anatomsku građu kod biljaka. Brojna istraživanja, sprovedena na različitim vrstama drveća, su pokazala da je sa povećanjem nadmorske visine dolazilo do strukturnih promena u građi lista, koje su neretko bile praćene i povećanjem LMA. U skladu sa ovim istraživanjima su i rezultati naše studije, s obzirom da je primenom regresione analize dokazano da se LMA kod provenijencija bukve povećavala sa povećanjem nadmorske visine lokaliteta sa kojih iste potiču.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (III 43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2015. godine.

## LITERATURA

- Atkin, O.K., Loveys, B.R., Atkinson, L.J., Pons, T.L. (2006). Phenotypic plasticity and growth temperature: understanding interspecific variability. *Journal of Experimental Botany* 57, 267-281.
- Barna, M. (2004). Adaptation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to different ecological conditions: leaf size variation. *Polish Journal of Ecology* 52, 35-45.
- Bresson, C.C., Vitasse, Y., Kremer, A., Delzon, S. (2011). To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree Physiology* 31, 1164-1174.
- Brus, R., Ballian, D., Zhelev, P., Pandža, M., Bobinac, M., Acevski, J., Raftoyannis, Y., Jarni, K. (2011). Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula. *European Journal of Forest Research* 130, 657-670.

- Bussotti, F., Pancrazi, M., Matteucci, G., Gerosa, G. (2005). Leaf morphology and chemistry in *Fagus sylvatica* (beech) trees as affected by site factors and ozone: results from CONECOFOR permanent monitoring plots in Italy. *Tree Physiology* 25, 211-219.
- Cicák, A. (1998). Knowledge of leaf area distribution in beech (*Fagus sylvatica* L.) spring shoots and possibility of its application in production ecology. *Lesnictvi-Forestry* 44, 250-255.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., ter Steege, H., Morgan, H.D., van der Heijden, M.G.A., Pausas, J.G., Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51, 335-380.
- Domínguez, M.T., Aponte, C., Pérez-Ramos, I.M., García, L.V., Villar, R., Marañón, T. (2012). Relationships between leaf morphological traits, nutrient concentrations and isotopic signatures for Mediterranean woody plant 3 species and communities. *Plant and Soil* 357, 407-424.
- Gravano, E., Bussotti, F., Grossoni, P., Tani, C. (1999). Morpho-anatomical and functional modifications in beech leaves on the top ridge of the Apennines (central Italy). *Phyton (Austria) special issue: "Eurosilva"* 39, 41-46.
- Hultine, K.R., Marshall, J.D. (2000). Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. *Oecologia* 123, 32-40.
- Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution* 22, 569-574.
- Kull, O., Broadmeadow, M., Kruijt, B., Meir, P. (1999). Light distribution and foliage structure in an oak canopy. *Trees* 14, 55-64.
- Li, Y., Yang, D., Xiang, S., Li, G. (2013). Different responses in leaf pigments and leaf mass per area to altitude between evergreen and deciduous woody species. *Australian Journal of Botany* 61, 424-435.
- López, R., Climent, J., Gil, L. (2010). Intraspecific variation and plasticity in growth and foliar morphology along a climate gradient in the Canary Island pine. *Trees* 24, 343-350.
- Marchetti, A., Parmentier, C., Chemardin, M., Dizengremel, P. (1995). Changes in enzyme activities involved in malate metabolism in oak leaves during rhythmic growth. *Trees* 9, 318-323.
- Meier, I.C., Leuschner, C. (2008). Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. *Ecosystems* 11, 655-669.
- Paridari, I.C., Jalali, S.G., Sonboli, A., Zarafshar, M., Bruschi, P. (2013). Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). *Journal of Forest Research* 24, 301-307.
- Parkhurst, D.F., Loucks, O.L. (1972). Optimal leaf size in relation to environment. *The Journal of Ecology* 60, 505-537.
- Poorter, H., Niinemets, Ü., Poorter, L., Wright, I.J., Villar, R. (2009). Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. *New Phytologist*, 182, 565-588.



- Read, Q.D., Moorhead, L.C., Swenson, N.G., Baileyand, J.K., Sanders, N.J. (2014). Convergent effects of elevation on functional leaf traits within and among species. *Functional Ecology* 28, 37-45.
- Reich, P.B., Walters, M.B., Ellsworth, D.S. (1992). Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 62, 365-392.
- Richardson, S.J., Allen, R.B., Buxton, R.P., Easdale, T.A., Hurst, J.M., Morse, C.W., Smissen, R.D., Peltzer, D.A. (2013). Intraspecific relationships among wood density, leaf structural traits and environment in four co-occurring species of *Nothofagus* in New Zealand. *PLoS One* 8, e58878.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stojnić, S., Orlović, S., Galić, Z., Vasić, V., Vilotić, D., Knežević, M., Šijačić-Nikolić, M. (2012). Stanišne i klimatske karakteristike u provenijeničnim testovima bukve na Fruškoj gori i u Debelom lugu. *Topola* 189/190, 145-162.
- Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M., Knežević, R., Babić, V. (2012). Ecotypical characterization of genetic variation of beech provenances from South-Eastern Europe based on the morphometric characteristics of leaves. *Glasnik Šumarskog fakulteta u Beogradu* 106, 197-214.
- Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M., Knežević, R., Stanković, D. (2013). Leaf morphometric characteristics variability of different beech provenances in juvenile development stage. *Genetika* 45, 369-80.
- Vilà-Cabrera, A., Martínez-Vilalta, J., Retana, J. (2015). Functional trait variation along environmental gradients in temperate and Mediterranean trees. *Global Ecology and Biogeography*. DOI: 10.1111/geb.12379
- Yüksek, F., Altun, L., Karaöz, Ö., Şengönül, K., Yüksek, T., Küçük, M. (2013). The effect of altitude on soil properties and leaf traits in wild *Vaccinium arctostaphylos* L. populations in the forest understory in Fırtına River basin. *Proceedings Book from International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October 2013, Artvin, Turkey*, 577-583.

#### Summary

#### **RELATIONSHIP BETWEEN ALTITUDE AND LEAF DRY MASS PER UNIT AREA IN EUROPEAN BEECH PROVENANCES**

by

*Srđan Stojnić<sup>1</sup>, Saša Orlović<sup>1</sup>, Saša Pekeč<sup>1</sup>, Branislav Trudić<sup>1</sup>, Marko Stojanović<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *University of Novi Sad, Institut of lowland forestry and environment, Novi Sad, Serbia*

<sup>2</sup> *Mendel University, Faculty of Forestry and Wood Technology, Brno, Češka Republika*

*Leaf dry mass per unit area (LMA) is a parameter which is widely used in the studies of adaptation strategies of plants to local environmental conditions in which they grow and develop. Generally speaking, the species that have a evolutionary conservative*

strategy in matter of use of available mineral elements, showed higher values of LMA, thereby increasing the chance of survival under conditions of low availability of nutrients, increased drought, etc. (Domínguez et al. 2012). Many studies performed on different plant species have shown that even within the same species, this parameter can significantly vary depending on the environmental conditions in which plants grow (Meier and Leuschner, 2008; Richardson et al., 2013; Vila-Cabrera et al., 2015). Altitude is one of the most important orographic environmental factors modifying microclimatic conditions, directly affects the physiological processes and morpho-anatomical structure in plants. Present study was conducted in European beech provenance trial on Fruska Gora mountain, including 11 beech provenances originating from six countries: Austria, Bosnia and Herzegovina, Croatian, Hungary, Germany, Romania and Serbia. The aim of the study was to examine variability of LMA between different European beech provenances, and to analyze the relationship between LMA and altitude of provenances origin sites. LMA was calculated as the ratio between leaf dry mass and leaf area ( $\text{mg cm}^{-2}$ ). The results evidenced a statistically significant difference ( $p < 0.001$ ) between the tested provenances. The lowest values of LMA were determined in provenance from Hungary HU42 ( $4.9 \text{ mg cm}^{-2}$ ) and local provenance RS36 ( $5.9 \text{ mg cm}^{-2}$ ). On the other hand, the highest LMA was observed in provenance from Bosnia and Herzegovina BA33 ( $8.0 \text{ mg cm}^{-2}$ ), where the following values of other provenance are RS38 ( $7.1 \text{ mg cm}^{-2}$ ) and DE46 ( $7.0 \text{ mg cm}^{-2}$ ). Linear regression was used to examine the relationship between altitude of the provenance locations and dry leaf mass per leaf area unit. The results showed a high correlation between LMA and altitude of the provenance origin sites ( $p = 0.017$ ). These findings are in agreement with the results obtained on different tree species, which showed that LMA usually increased in response to increasing altitude. Given the the widespread distribution range of beech, the existing differences between provenances, and the linkage between the LMA and altitude are the likely the consequences of different genetic structures of provenance, which arose as a result of local adaptation to different ecological conditions.