

TOPOLA

POPLAR

2012 (MMXII)

NOVI SAD

N^o 189/190

YU ISSN 0563-9034

Izdavač

INSTITUT ZA NIŽIJSKO ŠUMARSTVO I ŽIVOTNU SREDINU

Redakcioni odbor

Dr Saša Orlović, Dr Bojana Klašnja, Dr Savo Rončević, Dr Zoran Galić, Dr Petar Ivanišević, Dr Branislav Kovačević, Dr Vladislava Galović, Dr Siniša Andrašev, Dr Saša Pekeč, Dr Verica Vasić, Dr Milan Drekić, Dr Predrag Pap

- Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

Dr Sc. Hojka Kraigher - Slovenian Forestry Institute, Ljubljana, Slovenia

Assoc. Prof. Dr. Iantcho Naidenov - Forest Protection Station, Sofia, Bulgaria

Dr. Károly Rédei - Forest Research Institute (ERTI), Budapest, Hungary

Glavni i odgovorni urednik

Dr Saša Orlović

Glavni urednik

Dr Branislav Kovačević

Tehnički urednik

Mr Leopold Poljaković-Pajnik

UDK klasifikacija

Radmila Kevrešan

Štampa

Štamparija "Div Print" – Sremski Karlovci

Uredništvo i administracija: Novi Sad, Antona Čehova 13, telefon: +381 21 540 383,
+381 21 540 384, Fax +381 21 540 385,

Poslovni račun: Opportunity banka a.d. 370-8029-04.

Časopis izlazi dva puta godišnje

SADRŽAJ
CONTENT

Rédei K., Keserű Z., Rásó J., Juhász L., Antal B., Orlović S. STAND STRUCTURE AND YIELD OF MIXED BLACK LOCUST (ROBINIA PSEUDOACACIA L.) AND WHITE POPLAR (POPULUS ALBA L.) STANDS UNDER SANDY SOIL CONDITIONS IN HUNGARY: A CASE STUDY <i>Rédei K., Keserű Z., Rásó J., Juhász L., Antal B., Orlović S.</i> <i>STRUKTURA SASTOJINE I PRINOS MEŠOVITIH SASTOJINA BAGREMA (ROBINIA PSEUDOACACIA L.) I BELE TOPOLE (POPULUS ALBA L.) NA PESKOVITIM STANIŠTIMA U MAĐARSKOJ: STUDIJA</i>	1
Hajnal-Jafari T., Jarak M., Vasić V. SEZONSKA MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST U RIZOSFERI NEKIH DRVENASTIH VRSTA <i>Hajnal-Jafari T., Jarak M., Vasić V.</i> <i>SEASONAL MICROBIOLOGICAL ACTIVITY IN THE RHIZOSPHERE OF SOME WOODY SPECIES</i>	11
Pekeč S., Ivanišević P., Stojanović D., Katanić, M., Galović V. OSOBINE FORMI FLUVISOL ZEMLJIŠTA U ZAŠTIĆENOM DELU INUNDACIJE REKE DUNAV NA PODRUČJU JUŽNE BAČKE <i>Pekeč S., Ivanišević P., Stojanović D., Katanić, M., Galović V.</i> <i>PROPERTIES OF FORMS FLUVISOL SOIL IN THE PROTECTED AREA OF INUNDATION DANUBE RIVER IN JUŽNA BAČKA</i>	19
Topić M., Borišev M., Župunski M., Tomičić M., Nikolić N., Pajević S., Krstić B., Pilipović A. RECOVERY RESPONSES OF PHOTOSYNTHESIS, TRANSPiration, AND WUE IN BLACK POPLAR CLONES FOLLOWING WATER DEFICITS <i>Topić M., Borišev M., Župunski M., Tomičić M., Nikolić N., Pajević S., Krstić B., Pilipović A.</i> <i>ODGOVORI KLONOVA CRNE TOPOPLE NA OPORAVAK POSLE VODNOG DEFICITA U KONTEKSTU FOTOSINTEZE, TRANSPIRACIJE I EFIKASNOSTI KORIŠĆENJA VODE</i>	29
Galić Z., Ivanišević P., Novčić Z. Karakteristike napuštenih poljoprivrednih zemljišta za pošumljavanje u Vojvodini <i>Galić Z., Ivanišević P., Novčić Z.</i> <i>CHARACTERISTICS OF ABANDONED AGRICULTURAL LAND FOR AFFORESTATION IN VOJVODINA</i>	39
Galić Z., Klašnja B. MIKROKLIMATSKE KARAKTERISTIKE U ZASADU TOPOLE TOKOM SUŠNOG PERIODA 2012. GODINE <i>Galić Z., Klašnja B.</i> <i>MICROCLIMATIC CHARACTERISTICS IN POPLAR PLANTATIONS DURING THE DRY PERIOD OF THE 2012TH</i>	47

Galić Z., Orlović S., Vasić V., Ivanišević P., Klašnja B. REKULTIVACIJA ZEMLJIŠTA ZAGAĐENIH PIRITNOM JALOVINOM U INUNDACIJI TIMOKA I BORSKE REKE <i>Galić Z., Orlović S., Vasić V., Ivanišević P., Klašnja B.</i> <i>RECLAMATION OF SOIL CONTAMINATED BY PYRITE TAILINGS IN THE BASIN TIMOK AND BOR RIVER</i>	55
Trudić B., Radović S., Galović V., Jovanović Ž., Stanisavljević N. MOLEKULARNI MEHANIZMI ODGOVORA DRVENASTIH VRSTA BILJAKA NA ABIOTIČKI STRES <i>Trudić B., Radović S., Galović V., Jovanović Ž., Stanisavljević N.</i> <i>MOLECULAR MECHANISMS OF WOODY PLANT SPECIES ABIOTIC STRESS RESPONSE</i>	67
Galović V., Orlović S., Trudić B., Pekeč S., Vasić S. UNUTARLOKUSNI POLIMORFIZAM <i>SORBUS spp.</i> NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE <i>Galović V., Orlović S., Trudić B., Pekeč S., Vasić S.</i> <i>INTRALOCI POLYMORPHISM OF SORBUS spp. ON THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SERBIA</i>	87
Vasić V., Pap P., Galić Z., Vasić S., Poljaković-Pajnik L., Drekić M. ZASTUPLJENOST INVAZIVNIH BILJNIH VRSTA U OBNOVLJENIM ŠUMAMA HRASTA KITNJAKA U NACIONALNOM PARKU "FRUŠKA GORA" <i>Vasić V., Pap P., Galić Z., Vasić S., Poljaković-Pajnik L., Drekić M.</i> <i>THE PRESENCE OF INVASIVE PLANT SPECIES IN THE REFORESTATION OF SESSILE OAK IN THE NATIONAL PARK "FRUŠKA GORA"</i>	99
Drekić M., Poljaković – Pajnik L., Vasić V., Matović B., Kovačević B. PRIMENA NEKIH NEONIKOTINOIDA U SUZBIJANJU <i>Chrysomela populi</i> L. <i>Drekić M., Poljaković – Pajnik L., Vasić V., Matović B., Kovačević B.</i> <i>THE USE OF SOME NEONICOTINOIDS IN CONTROL OF Chrysomela populi L.</i>	109
Stojanović D., Matović B., Orlović S., Kržič A., Đurđević V., Galić Z., Vuković A., Vujadinović M. UPOTREBA INDEKSA SUŠE ZA EVALUACIJU UTICAJA PROMENE KLIME NA BUKOVE ŠUME U SRBIJI <i>Stojanović D., Matović B., Orlović S., Kržič A., Đurđević V., Galić Z., Vuković A., Vujadinović M.</i> <i>THE USE OF FOREST ARIDITY INDEX FOR THE EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON BEECH FORESTS IN SERBIA</i>	117

Stojnić S., Orlović S., Galić Z., Vasić V., Vilotić D., Knežević M., Šijačić-Nikolić M.

STANIŠNE I KLIMATSKE KARAKTERISTIKE U PROVENIJENIČNIM TESTOVIMA BUKVE NA FRUŠKOJ GORI I U DEBELOM LUGU

Stojnić S., Orlović S., Galić Z., Vasić V., Vilotić D., Knežević M., Šijačić-Nikolić M.

ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS IN THE EUROPEAN BEECH PROVENANCE TRIALS AT FRUŠKA GORA MOUNTAIN AND DEBELI LUG

125

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Verica V.

VARIJABILNOST SVOJSTAVA TOLERANTNOSTI KLONOVA BAGREMA PREMA *PARECTOPA ROBINIELLA CLEMENS* I *PHYLLONORYCTER ROBINIAE CLEMENS*

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Verica V.

VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO PARECTOPA ROBINIELLA CLEMENS AND PHYLLONORYCTER ROBINIAE CLEMENS IN BLACK LOCUST CLONES

143

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Verica V.

VARIJABILNOST SVOJSTAVA TOLERANCIJE KLONOVA CRNIH TOPOLA PREMA *Leucoptera sinuella* Rtti. (Lepidoptera: Leucopteridae)

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Verica V.

VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO Leucoptera sinuella Rtti. (Lepidoptera: Leucopteridae) IN BLACK POPLARS' CLONES

153

Živanović S.

ANALIZA PROMENE KLIMATSKIH ELEMENATA U CILJU PREDIKCIJE ŠUMSKIH POŽARA

Živanović S.

ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE ELEMENTS TO PREDICTION OF FOREST FIRES

163

Jankov D., Stevanov M., Orlović S.

STANJE I PERSPEKTIVE ENERGETSKOG KORIŠĆENJA ŠUMA U PRIVATNOM VLASNIŠTVU U SRBIJI

Jankov D., Stevanov M., Orlović S.

STATE AND PROSPECTS OF PRIVATE OWNED FORESTS' BIOMASS AS ENERGY SOURCE IN SERBIA

171

Pekeč S., Rončević S., Crnojević V., Minić V., Brdar S.

PREVENTIVNE MERE ZA SPREČAVANJE NASTANKA I ŠIRENJA ŠUMSKIH POŽARA

Pekeč S., Rončević S., Crnojević V., Minić V., Brdar S.

PREVENTIVE MEASURES TO PREVENT THE EMERGENCE AND SPREAD OF FOREST FIRE

185

UDK: 582.52:582.681.81(439.2)

Original scientific paper *Izvorni naučni rad*

STAND STRUCTURE AND YIELD OF MIXED BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA L.*) AND WHITE POPLAR (*POPULUS ALBA L.*) STANDS UNDER SANDY SOIL CONDITIONS IN HUNGARY: A CASE STUDY

Károly Rédei^{1*}, Zsolt Keserű¹, János Rásó¹, Lajos Juhász²,
Borbála Antal², Orlović Saša³

Abstract: The paper deals with the stand structure and yield of black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) forests mixed with white (*Populus alba L.*) in various proportions, partly applying a new methodological approach. The main stand structure and yield factors were determined separately for each species, measured stem by stem, using the volume functions prepared for each species. The ratio of the volumes of the species (A and B) in mixed and in pure stands (based on volume tables) was determined. A close relationship has been found between the ratio by relative total volume and the proportion (by the number of stems) of the species. The relative surplus in the volume of the mixed stands varied between 1.32-1.80 at age 16 and 21 years compared to the control, i.e. the yield of pure stands of the species concerned. The trial has also proven that if two species have a fast initial growth rate and a similar rotation age, they can be planted in mixed stands resulting in mutual advantages.

Key words: stand structure, yield, white poplar, black locust, sandy soil

STRUKTURA SASTOJINE I PRINOS MEŠOVITIH SASTOJINA BAGREMA (*ROBINIA PSEUDOACACIA L.*) I BELE TOPOLE (*POPULUS ALBA L.*) NA PESKOVITIM STANIŠTIMA U MAĐARSKOJ: STUDIJA

Izvod: Rad se bavi strukturom sastojina i prinosom bagremovih šuma (*Robinia pseudoacacia L.*) sa belom topolom (*Populus alba L.*) kao vrstom primešanom u različitim odnosima, primenjujući, delimično, nov metodološki pristup. Glavna struktura sastojine i faktori koji utiču na prinos su određeni odvojeno za svaku vrstu, mereni stablo po stablu, koristeći zapreminske funkcije određene za svaku vrstu. Odnos zapremina vrsta (A i B) u mešovitim i čistim sastojinama (zasnovani na zapreminskim tablicama) su odredene. Bliska veza je pronađena između odnosa po relativnoj ukupnoj zapremini i odnosa (po broju stabala) između vrsta. Relativni dobitak u zapremini kod mešovitih sastojina je varirao između 1.32-1.80 u 16. i 21. godini, u poređenju sa kontrolom, tj. prinos u čistim sastojinama za datu

¹ Hungarian Forest Research Institute, 30/A Várkerület, Sárvár, 9600, Hungary

* corresponding author: redei.karoly@t-online.hu; H-9600 Sárvár, Várkerület 30/A; Tel: +36 302114216

² Faculty of Agriculture, University of Debrecen, 138 Böszörményi, Debrecen, 4032, Hungary

³ Institute of Lowland Forestry and Environment, University of Novi Sad, Antona Čejeva 13, Serbia

vrstu. Ogled je takođe dokazao da ako dve vrste imaju brz početni prirast i sličnu dužinu turnusa, one mogu da budu sađene u mešovitim sastojinama i rezultirajući u prednostima za obe strane.

Ključne reči: Struktura sastojine, prinos, bela topola, bagrem, peskovito zemljište

INTRODUCTION

Technical guidelines of primary forest production are usually aimed at the establishment and management of pure stands. However, mixed stands may provide advantages that justify mixed cultivation of two or three species, provided that the site conditions are suitable. Mixing has mainly biological and ecological advantages, but it may also have a positive effect on yield. In addition, non-material benefits of mixed forests, e.g. improvement of the environment and satisfaction of social expectations, are increasingly acknowledged. The scientific study of mixed forests is a more complex task than the study of pure stands. This partly explains why only limited efforts have been made so far to quantify the growth and yield of mixed stands and to compare the results with pure stands.

Forestry professionals started the description of the structure and species composition of mixed forests by the end of the 18th century. Oak was studied first, followed the admixed tree species. Later other mixed forests types were studied. In the beginning of the 19th century mainly monoculture forests were established but from the middle of the century there was a shift back to mixed forests (Heyer, 1854).

Early in the 20th century analyses made in Central Europe showed that the volume production of mixed spruce and Scots pine stands exceeded that of pure stands (Schilling, 1925; Busse, 1931). Similarly, it has been observed that the admixing of birch in spruce forests does not reduce the yield of spruce (Fiedler, 1966). For instance, a mixture of 40% birch and 60% spruce provided a greater total yield than the same proportions of these species when grown in pure stands (Lappi-Seppala, 1930). Furthermore, at fertile sites Wiedemann (1943) reported that the yield of mixed beech and spruce forests was higher than that of pure spruce stands. By contrast, at poor sites the yield of mixed stands was lower than of pure spruce stands.

Assmann (1970) paid great attention to the study of mixed stands in this book, 'The Principles of Forest Yield Study'. Although it is almost impossible to define comparable pure and mixed experimental plots (for a given set of species), the main finding of the author is that mixing generally results in a greater total yield.

In practice the choice between mixed or pure stands is a complex issue. Mixed stands are often more resistant to pests and have a higher production level than pure ones. In most cases, the total yield of mixed stands exceeds that of light-demanding tree species grown in monoculture (Smith, 1986). On the other hand, a balanced development of mixed stands is only obtained when the competition between the species involved is not too assymetric. This implies that the species composition of mixed stands and the thinning regime should be adjusted to the site

conditions and, as attempts to do this are not always successful, mixed stands are frequently claimed by foresters to be more difficult to control than pure stands.

Black locust and white poplar are forest tree species of high significance in Hungary (Rédei *et al.*, 2010; Rédei and Véperdi, 2009). Black locust is frequently planted together with white poplar on the sandy ridges between the Danube and Tisza rivers in Central Hungary. In forests covering more than 14,000 ha in this region the joint share of black locust and white poplar exceeds 80%, and 70% of the stands are less than 20 years old.

The objective of this study was to examine the stand structure and growth in an experiment with mixed white poplar and black locust plantations in Hungary. Particularly, the observations from the experiment are used as a basis of estimating the potential advantage of mixed stands and the optimal basal area share of each of the two species.

MATERIAL AND METHODS

The experiment examined in this paper is located in the Danube-Tisza Interflow region, in the central part of Hungary (location: Ballószög, altitude: less than 80 m; latitude: N 46° 42'; longitude: E 19° 40'). The trial was established in a 16-year-old stand that was planted in an agricultural field (one-year old seedlings). The initial proportions of the tree species in scattered mixture were 70% black locust and 30% white poplar. According to the Hungarian classification of forest site types, the study area is located in the forest steppe climate zone with a humidity of less than 50% in July at 2 pm and an annual precipitation of less than 550 mm. The soil is humic with a very shallow rootable depth (<20 cm).

Within the sub-compartment Kecskemét-Ballószög 20 C five plots were established, in which black locust and white poplar occurred in various proportions. The area of plots 1-4 was 0.1 ha each, whereas that of plot 5 was only 0.035 ha. The breast height diameter and x,y coordinates of all trees were measured. The crown diameters were measured in four directions corresponding to the four points of the compass. Finally, height was measured for 20 per cent of the trees in plots 1-4 and 30 per cent of the trees in plot 5. The plots were measured again at age 21.

The main stand structure and yield statistics were determined separately for each species at ages 16 and 21 years. Volumes were calculated on the basis of stem-by-stem estimates. First, semi-logarithmic diameter-height regressions for each species were prepared. Subsequently, these regressions were used for estimating the height of each tree. Finally, volumes were estimated using the volume functions developed by Sopp (1974):

$$\text{For white poplar: } v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h-1.3])^2 [-0.4236d h + 12.43d + 4.6h + 3298]$$

$$\text{For black locust: } v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h-1.3])^2 [-0.6326 d h + 20.23d + 0.00h + 3034]$$

where v is stem volume (m^3), d is diameter at breast height (cm), and h is tree height (m).

The ratio of the volumes of the species in the mixed stands and in pure stands (based on volume tables) was determined this way:

$$RV_A = \frac{\text{volume of } A \text{ species in mixed stand}}{\text{volume of } A \text{ species in pure stand}}$$

$$RV_B = \frac{\text{volume of } B \text{ species in mixed stand}}{\text{volume of } B \text{ species in pure stand}},$$

where:

$RV_{A,B}$ = the ratio of each species by relative volume,

$RTV_{A+B} = RV_A + RV_B$, where:

RTV_{A+B} = the ratio of the tree species by relative total volume.

The volume of the tree species in the mixed stand in proportion to their pure stands was determined on the basis of yield tables edited by Redei in 1984 for black locust and in 1992 for white poplar.

RESULTS AND DISCUSSION

We started by testing the effects of plot and species on the relationship between diameter (cm) and height (m) at age of 16 and 21. At age of 16 it turned out that there was an almost significant effect of plot ($p=0.06$), and at age of 21 there was a significant effect of species ($p=0.01$). Accordingly, we used the following four models to estimate tree height:

P. alba, at age of 16:

$$h=-3.29+6.81 \ln(d) \quad \text{RMSE}= 1.16 \text{ m}$$

R. pseudoacacia, at age of 16:

$$h=-3.26+6.94 \ln(d) \quad \text{RMSE}= 1.57 \text{ m}$$

P. alba, at age of 21:

$$h=-5.44+8.72 \ln(d) \quad \text{RMSE}= 1.96 \text{ m}$$

R. pseudoacacia, at age of 21:

$$h=-5.58+8.28 \ln(d) \quad \text{RMSE}= 2.02 \text{ m}$$

Summary statistics regarding the stand structure and increment at age of 16 and 21 are shown in Table 1 and Table 2 for each species and plot.

We have determined the function describing the relationship between the ratio by relative total volume and the proportion (by the number of stems) of the species in question both for black locust and white poplar, as follows:

$$\begin{aligned} RV_{BL} &= 0.0286 + 0.0095E_N\%, (r=0.94), \\ RV_{WP} &= 0.0165 + 0.1334E_N\%, (r=0.96). \end{aligned}$$

White poplar grows faster in height than black locust if they are planted together. Black locust could never overgrow white poplar in mixed stands made up of these two species. The difference is particularly impressive if white poplar is scattered in the stand.

Table 3 Changes in the relative volume of mixed black locust-white poplar stands at the age of 16

Tabela 3 Promene u relativnoj zapremini kod mešovitih sastojina bagrema i bele topole u 16. godini

Plot number <i>Broj polja</i>	Tree species <i>Vrstा</i>	EN %	$V_{whole stand}$ (m^3/hm^2)	RV_A/RV_B	RTV_{A+B}
1	Black locust <i>Bagrem</i>	18	39	0.25	1.55
	White poplar <i>Bela topola</i>	82	184	1.30	
2	Black locust <i>Bagrem</i>	36	55	0.35	1.37
	White poplar <i>Bela topola</i>	64	145	1.02	
3	Black locust <i>Bagrem</i>	38	64	0.41	1.31
	White poplar <i>Bela topola</i>	62	128	0.90	
4	Black locust <i>Bagrem</i>	81	118	0.75	1.24
	White poplar <i>Bela topola</i>	19	70	0.49	
5	Black locust <i>Bagrem</i>	96	166	1.06	1.24
	White poplar <i>Bela topola</i>	4	25	0.18	
Control <i>Kontrola</i>	Black locust <i>Bagrem</i> (Yield table: Rédei, 1984) (Zapremske tablice: Rédei, 1984)	100	157	1.00	1.00
	White poplar <i>Bela topola</i> (Yield table: Rédei, 1992) (Zapremske tablice: Rédei, 1984)	100	142	1.00	1.00

¹ - The proportion (by the number of stems) of the species in question *Udeo (prema broju stabala) date vrste*

² - Whole stand volume *Ukupna zapremina sastojine*

³ - The ratio of each species by relative volume *Udeo vrste prema relativnoj zapremini*

⁴ - The ratio of the tree species by relative total volume *Udeo vrste prema relativnoj ukupnoj zapremini*

It can be concluded from the comparison of the volume per hectare values that the relative volume surplus of mixed stands at the age of 16 varied between 1.24 and

1.55 and at the age of 21 varied between 1.32 and 1.80 compared to the control, i.e. the volume of pure stands of the species in the mixed stands (Table 3, Table 4). The greater the number of white poplar stems was, the greater the volume of the whole mixed stand was. The ratio by relative total volume in the plot with the highest proportion of white poplar (Plot 1) was 1.55 at the age of 16 and 1.80 at the age of 21, while the same value for Plot 4 and Plot 5, where the proportion of white poplar was the lowest, it was 1.24 at age of 16 and 1.32 as well as 1.49 at age of 16 only. The relative volume surplus of white poplar significantly exceeds that of black locust if the number of stems is more or less the same.

Table 4 Changes in the relative volume of mixed black locust-white poplar stands at the age of 21

Tabela 4 Promene u relativnoj zapremini kod mešovitih sastojina bagrema i bele topole u 21. godini

Plot number <i>Broj polja</i>	Tree species <i>Vrsta</i>	EN ¹ %	V _{whole stand} ² (m ³ /hm ²)	RV _A /RV _B ³	RTV _{A+B} ⁴
1	Black locust <i>Bagrem</i>	18	53	0.27	1.8
	White poplar <i>Bela topola</i>	82	303	1.53	
2	Black locust <i>Bagrem</i>	38	79	0.40	1.58
	White poplar <i>Bela topola</i>	62	235	1.18	
3	Black locust <i>Bagrem</i>	39	86	0.44	1.52
	White poplar <i>Bela topola</i>	61	213	1.08	
4	Black locust <i>Bagrem</i>	81	150	0.77	1.49
	White poplar <i>Bela topola</i>	19	142	0.72	
5	Black locust <i>Bagrem</i>	96	206	1.06	1.32
	White poplar <i>Bela topola</i>	4	51	0.26	
Control <i>Kontrola</i>	Black locust <i>Bagrem</i> (Yield table: Rédei, 1984) (Zapreminske tablice: Rédei, 1984)	100	195	1.00	1.00
Control <i>Kontrola</i>	White poplar <i>Bela topola</i> (Yield table: Rédei, 1992) (Zapreminske tablice: Rédei, 1984)	100	198	1.00	1.00

¹ - The proportion (by the number of stems) of the species in question *Udeo* (prema broju stabala) date vrste

² - Whole stand volume *Ukupna zapremina sastojine*

³ - The ratio of each species by relative volume *Udeo vrste prema relativnoj zapremini*

⁴ - The ratio of the tree species by relative total volume *Udeo vrste prema relativnoj ukupnoj zapremini*

CONCLUSIONS

This trial proves that if two species have a fast initial growth rate and a similar rotation age, they can be planted in mutually advantageous mixed stands. However, planting (mixing) schemes have to be chosen in such a way that they

increase the compatibility of the two or more species in the stand. In addition to the effect on the yield, the method of mixing also affects the execution of intermediate cuttings. For example, if the site is suitable both for black locust and white poplar and they are mixed by single individuals, the dominating species having a larger number of stems is preferred during intermediate cuttings. In the case of mixing by groups, the proportion of the species within the groups and the growth determine which species shall be favoured. The significant effect of the mixing method on the yield requires further studies.

Acknowledgements

Research on stand structure and yield of mixed black locust and white poplar stands is supported by the called Hungarian-Serbian bilateral cooperation (project number: RS-6/2009, Tét Fundation).

REFERENCES

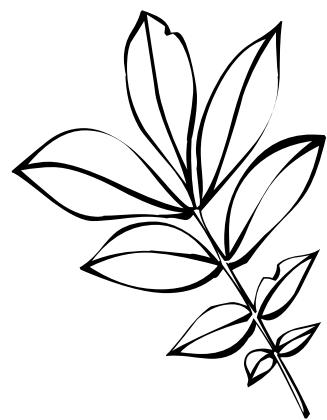
- Assmann E. (1970): The Principles of Forest Yield Study. Pergamon Press, New York.
- Busse J. (1931): Ein Kiefern-Fichten-Mischbestand in Sachsen. Tharandter Forschliches Jahrbuch, 82: 595-601.
- Fiedler F. (1966): Zuwachs und Ertrag im Fichten-Birken- Mischbestand. Archiv für Forstwesen, 15: 283-291.
- Heyer C. (1854): Der Waldbau oder die Forstproduktenzucht. B.G. Teubner, Leipzig.
- Lappi-Seppala M. (1930): Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 15: 1-243.
- Rédei K., Keserű Zs., Szulcsán G., Orlović S., Galić Z., Juhász L., Győri J. (2010): Clonal approaches to growing Leuce poplars (Leuce duby) in Hungary and Serbia. Topola 185/186: 15-25.
- Rédei K., Veperdi I. (2009): The role of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in establishment of short-rotation energy plantations in Hungary. International Journal of Horticultural Science, 15 (3): 41-44.
- Schilling L. (1925): Ostpreussische Kiefern-Fichtenmischbestände. Zeitschr. Forst und Jagdwesche, 57: 257-296.
- Smith D. M. (1986): The Practice of Silviculture. John Wiley and Sons, New York.
- Sopp L. (1974): Volume tables. Agricultural Press, Budapest, 89-93.
- Wiedemann E. (1943): Der Vergleich der Massenleistung des Mischbestandes mit der Reinbestand. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, 119: 123-132.

Rezime

STRUKTURA SASTOJINE I PRINOS MEŠOVITIH SASTOJINA BAGREMA (ROBINIA PSEUDOACACIA L.) I BELE TOPOLE (POPULUS ALBA L.) NA PESKOVITIM STANIŠTIMA U MAĐARSKOJ: STUDIJA

Károly Rédei, Zsolt Keserű, János Rásó, Lajos Juhász, Borbála Antal, Saša Orlović

Rad se bavi strukturom sastojina i prinosom bagremovih šuma (Robinia pseudoacacia L.) sa belom topolom (Populus alba L.) kao vrstom primešanom u različitim odnosima, primenjujući, delimično, nov metodološki pristup. Glavna struktura sastojine i faktori koji utiču na prinos su određeni odvojeno za svaku vrstu, mereni stablo po stablu, koristeći zapremske funkcije određene za svaku vrstu. Odnos zapremina vrsta (A i B) u mešovitim i čistim sastojinama (zasnovani na zapreminskim tablicama) su određene. Bliska veza je pronađena između odnosa po relativnoj ukupnoj zapremini i odnosa (po broju stabala) između vrsta. Relativni dobitak u zapremini kod mešovitih sastojina je varirao između 1.32-1.80 u 16. i 21. godini, u poređenju sa kontrolom, tj. prinos u čistim sastojinama za datu vrstu. Ogled je takođe dokazao da ako dve vrste imaju brz početni prirast i sličnu dužinu turnusa, one mogu da budu sađene u mešovitim sastojinama i rezultirajući u prednostima za obe strane. Međutim, šema plantaže mora da bude izabrana tako, da uveća kompatibilnost datih vrsta. Mešanje vrsta utiče i na prorede te ako su pomešane na nivou pojedinačnih stabala treba proređivati dominantniju vrstu. U slučaju mešanja na nivou grupa, učešće vrsta unutar vrte i njihov rast će uticati na to koja će vrsta biti favorizovana.. Značaj efekta mešanja vrsta na prinos ukazuje na potrebu daljnjih istraživanja na ovoj problematiki.



SEZONSKA MIKROBIOLOŠKA AKTIVNOST U RIZOSFERI NEKIH DRVENASTIH VRSTA

Timea Hajnal-Jafari¹, Mirjana Jarak¹, Verica Vasić²

Izvod: U radu je ispitivana mikrobiološka aktivnost šumskog zemljišta sa nekoliko lokaliteta u Srbiji. Na brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama uticala je biljna vrsta i period vegetacije. Najveći ukupan broj mikroorganizama i aktinomiceta je utvrđen na Staroj planini gde domira bukva. Broj gljiva u jesen povećao se na lokalitetima "Stara planina" i "Kopaonik", gde je učešće bukve u sastojinama bilo dominantno. Broj celulolitskih organizama na svim ispitivanim lokalitetima je bio 2-3 puta manji u jesen nego u proleće. Najviša dehidrogenazna aktivnost zemljišta utvrđena je u sastojinama na Staroj planini.

Ključne reči: mikroorganizmi, šumske zemljište, dehidrogenaza.

RHIZOSPHERIC MICROORGANISMS DURING VEGETATION PERIOD OF FOREST TREES

Abstract: The aim of this research was to investigate the microbiological activity in forest soils from four different sites in Serbia. Microbiological activity was affected by seasonal changes and tree species. The highest total number of bacteria and actinomycetes were measured on Stara planina site where beech tree dominates. The number of fungi increased in autumn on Stara planina and Kopaonik sites, where the presence of beech in stands was dominant. Number of cellulolitic microorganisms were 2.3 times lower in all investigated sites in the autumn than in the spring. The highest dehydrogenase activity was measured in stands on Stara planina.

Key words: microorganisms, forest soils, dehydrogenase.

¹ Dr Timea Hajnal-Jafari istraživač saradnik, dr Mirjana Jarak redovni profesor, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad

² dr Verica Vasić, istraživač saradnik, Institut za nizjsko šumarstvo, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad.

UVOD

Rast i razvoj šumskih biljaka u velikoj meri zavise od mikrobiološke aktivnosti jer se u šumskoj proizvodnji ne koriste mineralna i organska đubriva. Šumska zemljišta se karakterišu po konstantnim i visokim inputom biljnih ostataka, te su ta zemljišta bogata organskim jedinjenjima ugljenika (C) i visokim sadržajem mikrobne biomase. Istraživanja Perez et al., (2004), Ndaw et al., (2009) i Araujo et al., (2010) pokazuju da je sadržaj mikrobne biomase u oblastima pod prirodnom vegetacijom veći u odnosu na obradive površine, a organska materija koja potiče od biljnih ostataka stimuliše aktivnost enzima dehidrogenaze. Zemljišni mikroorganizmi, pa tako i oni koji se nalaze u šumskim zemljištima, su u stalnim promenama koje nastaju usled sezonskog variranja temperature, sadržaja vode, pristupačnosti hranljivih materija. Smith et al., (2001) su utvrdili da se bakterijska biomasa ne menja značajno u različitim sezonama, ali da dolazi do značajnih promena u kvalitativnom sastavu mikroorganizama.

Zbog značaja mikroorganizama u obezbeđivanju hraniva za šumske biljke, cilj ovih istraživanja je bio da se utvrdi uticaj biljne vrste i perioda vegetacije na mikrobiološku aktivnost, odnosno ideo pojedinih grupa mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost u rizosferi bukve, jеле, smrče i duglazije.

MATERIJAL I METOD

Istraživanja su obuhvatala četiri lokaliteta (Stara planina-dva lokaliteta, Kopaonik, Tara). Jedan lokalitet na Staroj planini je bio pod bukvom (*Fagus*), a drugi pod mešavinom smrče (*Picea*) i duglazije (*Pseudotsuga*). Lokalitet na Kopaoniku je bio pod mešavinom bukve (*Fagus*) i smrče (*Picea*). Lokalitet na Tari je bio pod mešavinom jеле (*Abies*), bukve (*Fagus*) i smrče (*Picea*). Uzorci zemljišta su uzimani sa dubine 0-30 cm, nakon otklanjanja naslaga šumskog pokrivača. Sa svakog lokaliteta su uzeta četiri uzorka. Analize su obavljene tokom 2011. godine u proleće (maj) i jesen (septembar). Mikrobiološka ispitivanja su obuhvatala određivanje ukupnog broja mikroorganizama, aktinomiceta, gljiva, celulolitskih mikroorganizma i dehidrogenazne aktivnosti zemljišta. Broj mikroorganizama je određen metodom agarnih ploča (Trolldenier, 1996) zasejavanjem odgovarajućeg razređenja zemljišne suspenzije na hranljivu podlogu (Hi media) i preračunavanjem na jedan gram apsolutno suvog zemljišta. Dehidrogenazna aktivnost zemljišta je određena spektrofotometrijski (Lenhard, 1956; Thalmann, 1968).

REZULTATI I DISKUSIJA

Na rasprostranjenost pojedinih šumskih zajednica presudno utiču edafski faktori i klimatske prilike. Na području Srbije zastupljen je veliki broj listopadnih i četinarskih šuma, među kojima su bukva, jela, smrča i duglazija. Ispitivana zemljišta su se razlikovala po hemijskim i fizičkim svojstvima (tabela 1).

Mikrobiološka aktivnost zemljišta zavisi od brojnih faktora abiotičke i biotičke prirode. Najveća zastupljenost i aktivnost mikroorganizama po pravilu je u tzv. topsoil-u (0-30cm), gde dominiraju povoljni uslovi za mikrobnu aktivnost (Jarak i Čolo, 2007). Kruženje elemenata i funkcionisanje ekosistema je pod uticajem sezonskih promena mikrobne biomase u zemljištu (Lipson et al., 1999, 2001; Wardle, 1998; Zak et al., 1990).

Tabela 1. Osnovne fizičko-hemijske osobine zemljišta

Table 1. Main physical and chemical characteristics of soil

Lokalitet <i>Site</i>	Biljna vrsta <i>Species</i>	% CaCO ₃	% Humus	pH u H ₂ O <i>pH in H₂O</i>	Tekstura zemljišta <i>Soil texture</i>
Stara planina 1	Bukva <i>Beech</i>	0,42	4,00	6,41	Glinovita ilovača <i>Clayish loam</i>
	Duglazija, smrča <i>Douglas fir, Norway spruce</i>	0,00	3,60	6,15	Peskovita ilovača <i>Sandy loam</i>
Kopaonik	Bukva, smrča <i>Beech, Norway spruce</i>	0,00	3,00	4,83	Peskovita ilovača <i>Sandy loam</i>
Tara	Jela, bukva, smrča <i>Silver fir, beech, norway spruce</i>	2,10	10,17	4,76	Peskovita ilovača <i>Sandy loam</i>

Brojnost mikroorganizama i enzimatska aktivnost u ispitivanim šumskim zemljištima u toku vegetacije prikazana je u tabeli 2.

Broj ispitivanih grupa mikroorganizama je smanjen u jesenjem periodu s izuzetkom lokaliteta Stara planina 1 gde je ukupan broj mikroorganizama i broj gljiva bio veći u jesenjem periodu. Blagi trend rasta ukupnog broja gljiva utvrđen je krajem vegetacije i na lokalitetu "Kopaonik". Na lokalitetima Kopaonik i Tara ukupan broj mikroorganizama je bio oko 5 puta manji u jesen nego u proleće, a broj aktinomiceta i do deset puta manji. Brojnost gljiva je bila značajno manja na lokalitetu "Stara planina 2" i "Tara", a broj celulolitskih mikroorganizama na svim istraživanim objektima za dva do četiri puta. U jesen dolazi do povećanja aktivnosti dehidrogenaze na Staroj planini 2 i Tari, dok se na druga dva lokaliteta smanjuje aktivnost ovog enzima.

Veći efekat na zastupljenost mikroorganizama imala je biljna vrsta. Prosečan broj ispitivanih grupa mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost u rizosferi različitih drvenastih šumskih biljaka prikazana je na grafikonu 1.

Najveći ukupan broj mikroorganizama, aktinomiceta i celulolitskih mikroorganizama je utvrđen na Staroj planini gde domira bukva. Na ovom lokalitetu je utvrđena i visoka dehidrogenazna aktivnost ($824 \mu\text{gTPF}/10\text{g zemljišta}$). Na lokalitetima gde dominiraju četinarske drvenaste biljke broj aktinomiceta je u proseku dvostruko manji. Najveći broj gljiva je zabeležen na Staroj planini 2, a najmanji prosečan broj je dobijen na Kopaoniku ($3,75 \times 10^3/\text{g zemljišta}$). Prosečna aktivnost dehidrogenaze na lokalitetu Tara gde dominiraju jela, bukva i smrča iznosi $331,5 \mu\text{g TPF}/10\text{g zemljišta}$ i najniža je u poređenju sa ostalim objektima.

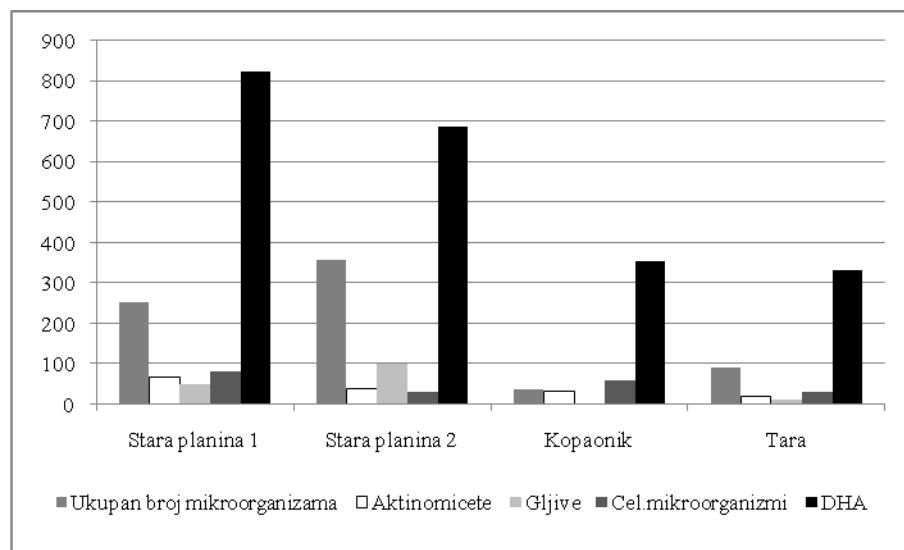
Tabela 2. Mikrobiološka aktivnost šumskog zemljišta
 Table 2. Microbiological activity of forest soils

Broj mikroorganizama po gr zemljišta Number of microorganisms per gr of soil	Stara planina 1		Stara planina 2		Kopaonik		Tara	
	Maj May	Septembar September	Maj May	Septembar September	Maj May	Septembar September	Maj May	Septembar September
Ukupno (10^5) Total (10^5)	82,73	423,52	364,82	352,49	61,95	12,41	153,77	31,46
Aktinomicete (10^4) Actinomycetes (10^4)	95,61	38,94	48,46	26,49	49,62	10,90	36,10	3,16
Gljive (10^3) Fungi (10^3)	35,32	65,23	151,68	50,48	3,23	4,27	21,95	3,82
Celulolitski (10^4) Cellulolytic (10^4)	121,52	46,04	42,28	21,05	87,44	34,11	48,00	16,92
DHA* ($\mu\text{g TPF}/10\text{g}$)	959	689	651	722	511	202	219	444

* - Aktivnost dehidrogenaze Dehydrogenase activity

Graf.1. Ukupan broj mikroorganizama ($10^5/\text{g}$), broj aktinomiceta ($10^4/\text{g}$), gljiva ($10^3/\text{g}$), celulolitskih mikroorganizmama ($10^4/\text{g}$) i dehidrogenazna aktivnost (mg TPF/10g) u rizosferi različitih drvenastih šumskih biljaka

Graph.1. Total number of microorganisms ($10^5/\text{g}$), number of actinomycetes ($10^4/\text{g}$), fungi($10^3/\text{g}$), cellulolytic microorganisms ($10^4/\text{g}$) and dehydrogenase activity (mg TPF/10g) in the rhizosphere of different forest trees



U ovim istraživanjima je brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama bila najveća u rizosferi bukve. Visoka brojnost mikroorganizama upućuje na činjenicu da su u rizosferi bukve mikroorganizmi imali dovoljno hranljivih materija neophodnih za njihov metabolizam. Manji broj ispitivanih sistematskih i fizioloških grupa mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost na lokalitetima Kopaonik i Tara se može objasniti niskom pH reakcijom zemljišta i specifičnim sastavom šumskog pokrivača. Na ovim lokalitetima dominiraju četinarske drvenaste biljke. Četinari produkuju brojne sekundarne biljne metabolite od kojih su najzastupljeniji različiti fenoli i terpenoidi (Manninen et al., 2002). Fenoli, a naročito tanini utiču na procese mineralizacije organskih jedinjenja C i N, deluju toksično na mikroorganizme i inhibiraju enzimatsku aktivnost u zemljištu (Kraus et al., 2004; Kanerva et al., 2006; Nierop et al., 2006). Grayston et al., (1996), Augusto et al., (2002) takođe navode da se uticaj biljne vrste na mikrobiološku aktivnost zemljišta pripisuje i razlikama u kvantitetu i kvalitetu šumske prostirke i korenskih izlučevina, uticaju strukture i teksture zemljišta (Lavelle i Spain, 2001), pedoklimatu (Canham et al., 1994) ili razvoju međuspratne vegetacije (Olsson i Falkengren-Gerup, 2003). Biljna vrsta takođe može da utiče na šumski ekosistem produkcijom jedinjenja koji zakišeljavaju zemljište. Taj proces je mnogo izraženiji kod četinarskih šuma (De Schrijver et al., 2007).

ZAKLJUČAK

Na brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama i dehidrogenaznu aktivnost uticala je biljna vrsta i period vegetacije.

Brojnost ispitivanih grupa mikroorganizama smanjena je u jesenjem periodu s izuzetkom lokaliteta Stara planina 1 gde se ukupan sadržaj mikroorganizama i gljiva povećao.

Prosečno najveći ukupan broj mikroorganizama, aktinomiceta i gljiva dobijen je sa lokaliteta na Staroj planini, pa je samim tim i aktivnost enzima dehidrogenaze bila najveća u ovim objektima.

Iz rezultata prikazanih u ovom radu može se zaključiti da su u rizosferi bukve stvoreni povoljni uslovi za rast i razvoj mikroorganizama.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta "Biosenzing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integralno upravljanje ekosistemima" (43002) finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije u sklopu integrisanog i interdisciplinarnog istraživanja u periodu 2011 - 2014.

LITERATURA

- Araujo ASF, Silva EFL, Nunes LAPL, Carneiro RFV (2010): Effect of converting tropical native savanna to *Eucalyptus grandis* forest on soil microbial biomass. Land Degrad Develop 21 (6): 540-545.
- Augusto L, Ranger J, Binkley D, Rothe A (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. Annals of Forest Science 59, 233–253.
- Canham CD, Finzi AC, Pacala SW, Burbank DH (1994): Causes and consequences of resource heterogeneity in forests – interspecific variation in light transmission by canopy trees. Canadian Journal of Forest Research 24, 337–349.
- De Schrijver A, Geudens G, Augusto L, Staelens J, Mertens J, Wuyts K, Gielis L, Verheyen K (2007): The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. Oecologia 153(3): 663-674.
- Grayston SJ, Vaughan D, Jones D (1996): Rhizosphere carbon flow in trees, in comparison with annual plants: the importance of root exudation and its impact on microbial activity and nutrient availability. Applied Soil Ecology 5, 29–56.
- Kanerva S, Kitunen V, Kiikkilä O, Loponen J, Smolander A (2006): Response of soil C and N transformations to tannin fractions originating from Scots pine and Norway spruce needles. Soil Biol Biochem 38:1364–1374
- Kraus TEC, Zasoski RJ, Dahlgren RA, Horwath WT, Preston CM (2004): Carbon and nitrogen dynamics in a forest soil amended with purified tannins from different plant species. Soil Biol Biochem 36:309–21.
- Lavelle P, Spain AV (2001): Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 654 pp.
- Lenhard G (1956): Die dehydrogenase aktivität des Bodens als Maß für die Mikroorganismen tätigkeit im Boden. Z. Pflanze Ernährungen. Dung Bodenkunde. 73: 1-11.
- Lipson DA, Näsholm T (2001): The unexpected versatility of plants: organic N use and availability in terrestrial ecosystems. Oecologia 128:305-316.
- Lipson DA, Schmidt SK, Monson RK (1999): Links between microbial population dynamics and N availability in an alpine ecosystem. Ecology 80:1623-1631.
- Jarak M, Čolo J (2007): Mikrobiologija zemljišta. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Manninen AM, Tarhanen S, Vuorinen M, Kainulainen P (2002): Comparing the variation of needle and wood terpenoids in Scots pine provenances. Journal of Chemical Ecology 28: 211–227.
- Ndaw S.N., Gama-Rodrigues A.C., Gamarodrigues E.F., Sales K.R.N., Rosado A.S. (2009): Relationships between bacterial diversity, microbial biomass, and litter quality in soils under different plant covers in northern Rio de Janeiro State, Brazil. Can J Microb 55, 1089-1095.

- Nierop KGJ, Preston CM, Verstraten JM (2006): Linking the B ring hydroxylation pattern of condensed tannins to C, N and P mineralization. A case study using four tannins. *Soil Biol Biochem* 38:2794–2802.
- Olsson MO, Falkengren-Gerup U (2003): Partitioning of nitrate uptake between trees and understory in oak forests. *Forest Ecology and Management* 179, 311–320.
- Perez KSS, Ramos MLG, McManus C (2004): Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesq Agropec Bras* 39, 567-573. [In Portuguese].
- Smit E, Leeflang P, Gommans S, van den Broek J, M.S van, Wernars K (2001): Diversity and seasonal fluctuations of the dominant members of the bacterial soil community in a wheat field as determined by cultivation and molecular methods. *Appl Environ Microbiol*, 67 :2284–2291
- Thalmann A (1968): Zur Methodik des Bestimmung des Dehydrogenase aktivitat im Bodenmittels TTC. *Landw. Forch.* 21: 249-258.
- Trolldenier G (1996): Plate Count Technique. In: *Methods in Soil Biology*. Ed. Franz Schinner, Ellen Kandeler, Richard Ohlinger, Rosa Margesin. Springer-Verlag Berlin Heideberg: 20-26.
- Vasić V, Jarak M, Đurić S, Orlović S, Pekeč S (2010): Mikrobiološka aktivnost rizosfernog zemljišta u rasadnicima i zasadima topola. *Topola* 185-186: 51-59.
- Wardle DA (1998): Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global-scale synthesis. *Soil Biol Biochem* 30:1627-1637.
- Zak DR, Groffman PM, Pregitzer KS, Christensen S, Tiedje JM (1990): The vernal dam: plant-microbe competition for nitrogen in northern hardwood forests. *Ecology* 71:651-656.

Summary

SEASONAL MICROBIOLOGICAL ACTIVITY IN THE RHIZOSPHERE OF SOME WOODY SPECIES

Timea Hajnal-Jafari, Mirjana Jarak, Verica Vasić

The aim of this research was to investigate the microbiological activity in forest soils from four different sites in Serbia. Soil samples were taken in spring (may) and autumn (September) in year 2011. Microbiological properties of soil included the analyses of the total number of bacteria, number of actinomycetes, fungi, cellulolitic microorganisms and dehydrogenase activity. Physical and chemical characterization of soil was also performed. Microbiological activity was influenced by seasonal changes and forest tree species. The highest total number of bacteria and actinomycetes were measured on Stara planina site where beech tree dominates ($423,52 \times 10^5$ /g soil and $95,61 \times 10^4$ /g soil, respectively). The number of fungi increased in autumn only on Stara planina site under beech forest. Number of cellulolitic microorganisms were 2.3 times lower in all investigated sites in the autumn than in the spring. The highest dehydrogenase activity was measured on both sites on Stara planina mountain under beech, spruce and Douglas fir ($651 \mu\text{g TPF}/10\text{g soil}$ and $959 \mu\text{g TPF}/10\text{g soil}$).



OSOBINE RAZLIČITIH FORMI ZEMLJIŠTA TIPOA FLUVISOL U ZAŠTIĆENOM DELU INUNDACIJE REKE DUNAV NA PODRUČJU JUŽNE BAČKE

Pekeč Saša, Ivanišević Petar, Stojanović Dejan, Marković Miroslav, Katanić
Marina, Galović Vladislava¹

Izvod: U radu su prikazane osobine peskovite, peskovito ilovaste i ilovaste forme fluvisol zemljišta u inundaciji Dunava. Različita fizička, hemijska i proizvodna svojstva ispitivanih formi fluvisola proizilaze iz njihovog različitog granulometrijskog sastava. Na osnovu ispitivanja različitih formi fluvisola utvrđeno je da postoje razlike i u pogledu ekoloških vrednosti.

Ključne reči: fluvisol, vodno-vazdušne osobine, ekološka vrednost

PROPERTIES OF FORMS FLUVISOL SOIL IN THE PROTECTED AREA OF INUNDATION DANUBE RIVER IN JUŽNA BAČKA

Abstract: In this paper were described the characteristics of sandy, sandy loam and loamy soil forms which belong to fluvisol soil type in the inundation of the Danube. The soil characteristics: particle size composition, water-air, physical, and chemical properties were presented. Granulometric composition is feature which is of the most significance for the tested physical and chemical properties of these forms. Different properties of the investigated forms of fluvisol soil resulted in their different ecological values.

Key words: fluvisol, water-air properties, ecological value

1. UVOD

Inundacija Dunava je pod stalnim uticajem poplavnih i podzemnih voda, te u njoj vlada neprestana smena pedogeneze i sedimentacije. Williams, (1950), je smatrao da poloje velikih reka karakteriše jedinstven proces stvaranja hidromorfnih

¹ Dr Saša Pekeč, naučni saradnik, dr Petar Ivanišević, naučni saradnik, dipl. ekolog. Msc Dejan Stojanović, istraživač saradnik, dr Miroslav Marković istraživač saradnik, dipl. biolog., Marina Katanić, istraživač saradnik, dr Vladislava Galović, naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, www.ilfe.org, e-mail: pekecs@uns.ac.rs

zemljišta. Nastajanje zemljišta u inundaciji ima svoje zakonitosti, te se najkрупniji materijal nanošen poplavnim vodama zadržava najbliže obali reke, dok se sitniji materijal taloži u daljim delovima. Putem plavljenja i diferencijacije nanešenih čestica nastaju različiti morfološki reljefni oblici u poloju reka, odnosno sva tri genetička dela poloja prema Šumakovu, (1959). Prekidanje pedogeneze pod uticajem poplavnih voda je osnovni činilac u stvaranju klase nerazvijenih aluvijalnih zemljišta. Klasa nerazvijenih aluvijalnih zemljišta je karakteristična po slojevima različitog mehaničkog sastava u pedološkom profilu, te slabo razvijenim, inicijalnim, humusnim horizontom (A) koji usled pomenute dinamike koja vlada u inundaciji ima veoma mali ideo humusa prema Živanov i Ivanišević, (1986). U odnosu na deo inundacije koji se slobodno plavi, u delu koji je zaštićen od poplavnih voda prekinuto je nanošenje novih rečnih nanosa. S obzirom da je ovaj deo nešto udaljeniji od obale ovde su taloženi slojevi i proslojci nešto glinovitijeg mehaničkog sastava. Usled prestanka sedimentacije novih rečnih nanosa i usporenje pedogeneze ovaj deo ima nešto izraženiji humusni horizont gde je organska materija mehanički primešana ili kuplovana sa mineralnim delom. Stoga, klasa nerazvijenih aluvijalnih zemljišta ima morfološku građu (A)-I-II-III.. čiji je tipski predstavnik fluvisol. U okviru tipa fluvisol zemljišta izdvojene su različite forme na osnovu mehaničkog sastava prema klasifikaciji zemljišta Jugoslavije Škorić *et al.*, (1985) koje odlikuju različite vodno-vazdušne i hemijske osobine te ekološku vrednost. Fizička i hemijska svojstva fluvisola zavise od broja i redosleda slojeva, njihove debljine, mineraloškog i mehaničkog sastava, zbog toga se retko govorи o nekim tipičnim osobinama, već se svojstva razlikuju od profila do profila (Živanov i Ivanišević, 1986). Na osnovu ustanovljenih osobina ispitivanih formi tipa fluvisol zemljišta ovaj rad ima za cilj da prikaže njihove razlike.

2. OBJEKAT I METOD RADA

Istraživana zemljišta se prostiru u zaštićenom delu inundacije, sa leve strane reke Dunav. Na ovom području su otvoreni pedološki profili, te je opisana njihova spoljašnja i unutrašnja morfologija i prikupljeni uzorci za laboratorijska ispitivanja. Determinisana zemljišta pripadaju redu hidromorfnih, klasi nerazvijenih zemljišta, prema klasifikaciji zemljišta Jugoslavije, Škorić *et al.*, (1985). Prikupljeni uzorci zemljišta analizirani su u laboratoriji Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, gde su izvršene sledeće analize:

- mehanički sastav zemljišta određen je po međunarodnoj B-pipet metodi sa pripremom u Na-pirofosfatu, prema Bošnjak *et al.*, (1997) i svrstavanje u teksturne klase prema Tommerup-u;
- specifična masa zemljišta određena je po metodi Albert-Bogs sa upotrebom ksilola kao inertne tečnosti, prema Bošnjak *et al.*, (1997);
- zapreminska masa zemljišta određena je metodom cilindara Kopeckog zapremine 100cm³, prema Bošnjak *et al.*, (1997);
- ukupna poroznost (%), određena je računski iz vrednosti specifične i zapremske mase zemljišta, prema Bošnjak *et al.*, (1997);
- koristan vodni kapacitet (pristupačna voda za biljke), određena je računski, prema Bošnjak *et al.*, (1997);

- kategorije pora određene su iz razlika ukupne poroznosti i retencije vode pod različitim pritiscima, prema Bošnjak *et al.*, (1997);
- Darcy-ev koeficijent, određen je metodom stalnog pritiska prema Bošnjak *et al.*, (1997);
- kapilarni uspon vode u zemljištu, određen je prema Bošnjak *et al.*, (1997);

Da bi se dobio potpun uvid u karakteristike svake forme fluvisola, analizirana su i hemijska svojstava uzoraka zemljišta, odnosno:

- sadržaj humusa u zemljištu određen je metodom Tjurin-a u modifikaciji Simakova, (1957);
- sadržaj CaCO_3 u zemljištu, određen je volumetrijski na Scheibler-ovom kalcimetru;
- pH u vodi određena je elektrometrijski kombinovanom elektrodom na Radiometar pH-metru;
- azot određen je po metodi Kjeldahl-a;
- lakopristupačni fosfor i kalijum, određen je po Al-metodu Egner-Riehm-Dominigo.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava ukazuju da, ispitivana zemljišta imaju velik udeo krupnog i sitnog peska, koji varira u zavisnosti od forme, a nema pravilnosti rasporeda po dubini profila, što ukazuje na način nastanka ovih zemljišta putem sedimentacije rečnog nanosa.

Na osnovu vrednosti granulometrijskog sastava (Tabela 1), može se konstatovati da se udeo frakcije krupnog peska smanjuje od peskovite prema ilovastoј formi fluvisola. Udeo frakcije sitnog peska varira i povećan je kod peskovito-ilovaste forme, dok se udeo frakcije praha i gline povećava od peskovite prema ilovastoј formi. Prema rasporedu teksturnih klasa kod istraživanih formi po slojevima, može se primetiti da je kod peskovite forme najveći udeo teksturne klase peska, te nešto manje ilovastog peska i peskovite ilovače. Za fluvisol peskovito ilovaste forme karakteristične su klase: ilovast pesak, ilovača i pesak. Kod ilovaste forme do 110 cm dubine preovladavaju teksturne klase ilovača i peskovita ilovača, dok se u donjem delu profila nalazi pesak. Prema Galić *et al.*, (2000), analizom sadržaja i rasporeda frakcije praha+gline, je utvrđena bliskost u genezi ilovaste forme fluvisola i humofluvisola.

Prema podacima koji su prikazani u tabeli 2 može se zaključiti da vrednosti specifične mase zemljišta rastu od peskovite forme preko peskovito ilovaste do ilovaste forme, od 2.74 g/cm^3 do 2.84 g/cm^3 . Prosečne vrednosti zapreminske mase su manje kod peskovite i peskovito ilovaste forme a veće kod ilovaste forme, te se ove vrednosti nalaze u granicama od 1.37 g/cm^3 do 1.44 g/cm^3 . Prema Živković *et al.*, (1972) vrednosti zapreminske mase aluvijalnih zemljišta Vojvodine su u granicama od 1.3 do 1.4 g/cm^3 a u nekim slučajevima i do 1.5 g/cm^3 , dok su vrednosti specifične mase od 2.60 do 2.74 g/cm^3 , a prema Biolčevu *et al.*, (1963) cit. Živanov (1977), specifična masa zemljišta u poloju Dunava je u rasponu od 2.53 do 2.93 g/cm^3 .

Tabela 1 Granulometrijski sastav
Table 1 Granulometric composition

Tip i forma zemljišta <i>Type and form of soil</i>	Horizont <i>Horizon</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	Krupan pesak <i>Coarse sand</i> (%)	Sitan pesak <i>Fine sand</i> (%)	Prah <i>Silt</i> (%)	Glina <i>Clay</i> (%)	Ukupan pesak, <i>Total sand</i> (%)	Ukupna glina + prah, <i>Total clay</i> (%)	Teksturna klasa <i>Texture class</i>
Fluvisol f.peskovita <i>Fluvisol sandy form</i>	(A)	0-20	22.14	57.26	17.32	3.28	79.40	20.60	ilov.pesak <i>loamy sand</i>
	I	20-80	39.56	60.12	0.28	0.04	99.68	0.32	pesak
	II Gso	80-125	3.03	72.17	17.60	7.20	75.2	24.80	pesk.ilovača <i>sandy loam</i>
	III Gso	125-200	89.52	6.57	0.04	3.88	96.08	3.92	pesak <i>sand</i>
	IV Gso	200-290	17.98	80.22	1.72	0.08	98.20	1.80	pesak <i>sand</i>
	Prosek / <i>Average</i>		34.45	55.27	7.39	2.90	89.71	10.29	
	A	0-12	2.44	78.24	14.52	4.8	80.68	19.32	ilov. pesak <i>loamy sand</i>
Fluvisol f. peskovito-ilovasta <i>Fluvisol sandy loam form</i>	I	12-60	0.96	83.99	9.88	5.16	84.96	15.04	ilov. pesak <i>loamy sand</i>
	II	60-120	1.09	90.47	5.6	2.84	91.56	8.44	pesak <i>sand</i>
	III Gso	120-220	0.66	34.63	44.8	19.92	35.28	64.72	ilovača <i>loam</i>
	(IVGso)	220-270	21.55	72.01	5.56	0.88	93.56	6.44	pesak <i>sand</i>
	Prosek / <i>Average</i>		5.34	71.87	16.07	6.72	77.21	22.79	
	A	0-40	1.64	41.28	40.20	16.88	42.92	57.08	ilovača <i>loam</i>
	I Gso	40-110	0.34	56.70	31.28	11.68	57.04	42.96	pesk.ilovača <i>sandy loam</i>
Fluvisol f. ilovasta <i>Fluvisol Loamy f.</i>	II Gso	110-175	5.14	84.85	7.88	2.12	90.00	10.00	pesak <i>sand</i>
	Prosek / <i>Average</i>		2.38	60.94	26.45	10.23	63.32	36.68	

Analizirajući vodne osobine istraživanih zemljišta (Tabela 2) vidljivo je da fiziološki aktivna voda varira od sloja do sloja u sve tri forme, međutim srednja vrednost ovog parametra pokazuje da peskovita forma ima najmanji udeo fiziološki aktivne vode (12.72 vol.%), povećana je kod peskovito ilovaste forme (16.36 vol.%) dok je najveća kod ilovaste forme (21.12 vol.%). Prema klasifikaciji Stallingsa

kapacitetom za vodu, a velikim kapacitetom za vazduh. Dominantan udeo krupnog peska utiče na povećan udeo grubih pora, povećanu vertikalnu vodopropustljivost, manji sadržaj fiziološki aktivne vode i mali kapilarni uspon.

Tabela 3 Vazdušne osobine

Table 3 Air properties

Tip i forma zemljišta <i>Type and form of soil</i>	Horizont <i>Horizon</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	Ukupna poroznost <i>Total porosity</i> (%)	Grube pore <i>Coarse pores</i> (>10 µm) (vol.%)	Srednje pore <i>Medium pores</i> (10-0.2 µm) (vol.%)	Fine pore <i>Fine pores</i> (<0.2 µm) (vol.%)
Fluvisol f. peskovita <i>Fluvisol sandy form</i>	(A)	0-20	50.00	22.56	15.90	11.54
	I	20-80	51.60	40.74	7.50	3.36
	II Gso	80-125	46.00	15.51	20.51	9.98
	III Gso	125-200	50.00	36.90	10.08	3.02
	IV Gso	200-290	52.83	41.10	7.39	4.34
	Prosek Average		50.08	31.36	12.28	6.45
Fluvisol f. peskovito-ilovasta <i>Fluvisol sandy loam form</i>	A	0-12	55.00	26.35	15.76	12.89
	I	12-60	51.79	30.00	14.37	7.42
	II	60-120	53.40	41.93	6.52	4.95
	III Gso	120-220	53.19	2.69	28.75	21.75
	(IVGso)	220-270	43.11	27.85	11.22	4.04
	Prosek Average		51.30	25.76	15.32	10.21
Fluvisol f. ilovasta <i>Fluvisol loamy form</i>	A	0-40	46.29	0.99	19.10	26.20
	I Gso	40-110	49.30	7.53	25.79	15.98
	II Gso	110-175	52.48	27.31	16.21	8.96
	Prosek Average		49.35	11.94	20.36	17.04

Kod peskovito ilovaste forme fluvisola može se konstatovati veći udeo praha i gline, iz kojih proizilazi i veća vrednost retencije vlage i kapaciteta za vodu, a udeo grubih pora se smanjuje u korist srednjih i finih pora, manja je vertikalna vodopropustljivost, a kapilarno penjanje je povoljnije (Živanović 1973; Živanović 1977; Ivanisević, 1993).

Prema hemijskim osobinama istraživanih formi fluvisola (tabela 4) možemo konstatovati da su prosečne vrednosti sadržaja CaCO_3 u rasponu od 13.27 do 15.99%, odnosno da su ove forme fluvisola jako karbonatne. Reakcija zemljišta određena u suspenziji zemljišta sa vodom, kod istraživanih formi ima srednje vrednosti u rasponu od 7.41 do 7.84 pH i pripadaju klasi slabo alkalnih zemljišta. Sadržaj humusa kod svih formi opada sa dubinom, a prosečne vrednosti sadržaja humusa za čitav pedološki profil iznose 0.58% - peskovita forma, 1.33% - peskovito ilovasta forma, te 1.74% ilovasta forma. Prema prikazanim prosečnim rezultatima sadržaj humusa raste od peskovite prema ilovastoj formi fluvisola. Što se tiče površinskih inicijalnih humusnih horizonata kod njih su utvrđene sledeće vrednosti sadržaja humusa: 1.37% - peskovita forma, 2.81% - peskovito ilovasta forma, i

2.30% - ilovasta forma, te se ovi horizonti svrstavaju u klasu slabo humoznih zemljišta. Ako se posmatra srednji sadržaj humusa u celom pedološkom profilu peskovita forma se klasifikuje u veoma slabo humozna zemljišta, a peskovito ilovasta i ilovasta forma u slabo humozno zemljište. Na ovakav odnos sadržaja humusa u analiziranim formama fluvisola uticali su rečni nanosi tokom perioda plavljenja i udaljenost od obale, te se u ranijem periodu, zbog učestalosti plavljenja, nije mogao formirati moćniji humusni horizont. Poslednjih decenija nakon prekida plavljenja došlo je do povećanja moćnosti humusnog horizonta.

Tabela 4 Hemijske osobine
Table 4 Chemical properties

Tip i forma zemljišta <i>Type and form of soil</i>	Horizont <i>Horizon</i>	Dubina Depth (cm)	CaCO ₃ (%)	pH (u H ₂ O)	Humus <i>Humus</i> (%)	Ukup. Total N (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)
<i>Fluvisol f. peskovita</i> <i>Fluvisol sandy form</i>	(A)	0-20	11.27	7.22	1.37	0.08	5.0	26.4
	I	20-80	14.19	7.31	0.76	0.01	2.4	5.0
	II Gso	80-125	19.61	7.53	0.05	0.00	2.3	20.0
	III Gso	125-200	7.93	7.44	0.16	0.02	2.2	8.2
	IV Gso	200-290	13.35	7.55	0.58	0.02	2.2	2.6
	Prosek Average		13.27	7.41	0.58	0.03	2.8	12.4
<i>Fluvisol f. peskovito ilovasta</i> <i>Fluvisol sandy loam form</i>	A	0-12	14.14	7.64	2.81	0.08	6.1	27.3
	I	12-60	13.73	7.68	1.39	0.00	4.4	8.2
	II	60-120	16.22	7.75	0.85	0.02	2.8	4.5
	III Gso	120-220	15.80	7.73	1.25	0.08	3.1	10.9
	(IVGso)	220-270	10.81	7.98	0.37	0.00	2.5	2.6
	Prosek Average		14.14	7.76	1.33	0.06	3.8	10.7
<i>Fluvisol f. ilovasta</i> <i>Fluvisol loamy form</i>	A	0-40	19.61	7.57	2.30	0.16	8.0	30.9
	I Gso	40-110	14.19	7.88	1.75	0.04	2.9	7.3
	II Gso	110-175	14.19	8.07	1.16	0.03	3.0	4.5
	Prosek Average		15.99	7.84	1.74	0.08	4.6	14.2

Prema obezbeđenosti hranivima peskovita forma je vrlo siromašna, peskovito-ilovasta forma i ilovasta forma je umereno obezbeđena ukupnim azotom.

Po obezbeđenosti analiziranih formi fosforom i kalijumom može se konstatovati po srednjim vrednostima ispitanih profila, da su sve forme slabo obezbeđene fosforom i srednje obezbeđene kalijumom. Kako navodi Živanov,(1977) aluvijalna zemljišta su uglavnom bolje obezbeđena kalijumom u odnosu na fosfor.

Navedene karakteristike analiziranih formi zemljišta tipa fluvisol ukazuju da njihova ekološka vrednost zavisi prvenstveno od granulometrijskog sastava.

Prema tome ekološka vrednost kod navednih formi fluvisola je najmanja povoljna kod peskovite forme, povoljnija kod peskovito ilovaste forme, dok je najpovoljnija kod ilovaste forme.

4. ZAKLJUČAK

Analizirana fluvisol zemljišta imaju visok sadržaj krupnog i sitnog peska koji varira na nivou forme. Takođe, nije utvrđena pravilnost u udelu pojedinih granulometrijskih frakcija po dubini pedoloških profila. Prosečne vrednosti specifične mase rastu od peskovite forme do ilovaste forme, a prosečna vrednost zapreminske mase je najveća kod peskovito ilovaste forme. Prema kapacitetu pristupačne vode za biljke ove forme se razlikuju, te peskovita forma ima vrlo nizak kapacitet, dok peskovito ilovasta i ilovasta forma imaju nizak kapacitet pristupačne vode. Vertikalna vodopropustljivost fluvisola je najveća kod peskovite forme, opada kod peskovito ilovaste forme a najmanja je kod ilovaste forme, dok je kapilarni uspon vode najveći kod peskovito ilovaste forme, neznatno manji kod peskovite, a najmanji kod ilovaste forme. Ukupna poroznost ispitanih formi je bila u rasponu od 49.35 % do 51.30%, a prema diferencijalnoj poroznosti najviše grubih pora sadrži peskovita forma, dok kod ilovaste forme preovladavaju srednje i fine pore. Prema hemijskim osobinama sve ispitane forme fluvisola su jako karbonatne, a prema reakciji zemljišta su slabo alkalne. Prosečni rezultati u pedološkom profilu ukazuju da sadržaj humusa raste od peskovite prema ilovastoј formi. Sadržaj ukupnog azota je u granicama od vrlo siromašanog do umerenog, a sve forme su slabo obezbeđene fosforom i srednje obezbeđene kalijumom.

Ekološka vrednost analiziranih formi fluvisola prema fizičko hemijskim osobinama je najmanje povoljna kod peskovite forme, povoljnija je kod peskovito ilovaste forme, dok je najpovoljnija kod ilovaste forme fluvisola.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Bošnjak, Đ., Dragović, S., Hadžić, V., Babović, V., Kostić, N., Burlica, Č., Đorović, M., Pejković, M., Mihajlović, T.D., Stojanović, S., Vasić, G., Stričević, R., Gajić, B., Popović, V., Šekularac, G., Nešić, Lj., Belić, M., Đorđević, A., Pejić, B., Maksimović, I., Karagić, Đ., Lalić, B., Arsenić, I. (1977): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta. JDPZ, Beograd.
Galić, Z., Ivanišević, P., Orlović, S., Klašnja, B., Vasić, V. (2000): Primena multivarijantne analize u definisanju proizvodno ekoloških kategorija

- zemljišta za gajenje crnih topola. Acta biologica Jugoslavica - serija A: Zemljište i biljka, 49(3), 149-156.
- Ivanišević, P. (1993): Uticaj svojstava zemljišta na rast ožiljenica *Populus x euramericana* Guinier (Dode) cl. I-214 i *Populus deltoides* Bartr. cl. I-69/55 (*Lux*), Doktorska disertacija, str. 206, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.
- Pekić S., Orlović S., Ivanišević P., Galić Z., Rončević, S., Andrašev S., Katanić M. (2010): Proizvodne mogućnosti tehnogenih zemljišta pored kanala DTD na području grada Novog Sada, Topola, 185/186, str. 5-13, Novi Sad.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, str. 71, Akademija nauka i umetnosti, Odeljenje prirodnih nauka, Knjiga 1., Novi Sad.
- Šumakov, V. (1959): Prethodni izveštaj o zemljišnim uslovima na poloju reke Save u reonu Sremske Mitrovice i principi klasifikacije zemljišta poloja. Topola, Bilten jugoslavenske nacionalne komisije za topolu, broj 11, str. 917-930, Beograd.
- Viliams, V.R. (1950): Počvovedenie, Moskva.
- Živanov, N. (1973): Prilog izučavanja prirasta klonu I-214 na zemljištima različitih vodno fizičkih svojstava; Magistarski rad, str 92, Institut za topolarstvo, Novi Sad.
- Živanov, N. (1977): Osobine zemljišta u nezaštićenom delu poloja reka: Drave, Dunava i Tamiša i njihov značaj za taksacione elemente topole *Populus x euramericana* (Dode) Guinier, cl. I-214, Doktorska disertacija, str. 264, Institut za topolarstvo, Novi Sad.
- Živanov, N., Ivanišević, P. (1985): Značaj prostorne varijabilnosti aluvijalnih zemljišta za razvoj topola osnovanih postupkom duboke sadnje, Zbornik radova, Knjiga 16: 51-66, Institut za topolarstvo, Novi Sad.
- Živanov, N., Ivanišević, P. (1986): Zemljišta za uzgoj topola i vrba, Poglavlje u monografiji „Topole i vrbe u Jugoslaviji“, str. 105-121, Institut za topolarstvo, Novi Sad.
- Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, Đ., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P., (1972): "Zemljišta Vojvodine", str. 682, Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad.

Summary

PROPERTIES OF DIFERENT FORMS FLUVISOL IN THE PROTECTED AREA OF INUNDATION DANUBE RIVER IN JUŽNA BAČKA

by

Pekeč Saša, Ivanišević Petar, Stojanović Dejan, Marković Miroslav, Katanić Marina, Galović Vladislava

Inundations are under the constant influence of flooding and groundwater. Soil formation in the inundations has its own order of events. The biggest soil particles inflicted by the floodwaters retain near the river bank, while the finer particles are deposited in more distant parts. Under the influence of periodic flooding, pedogenesis process is interrupted, and the old layers of sediment covers the new river sediments.

This pattern of pedogenesis interruption under the influence of floodwater is the leading force in creating of a undeveloped alluvial soil. According to its origin undeveloped alluvial soil has a morphological structure (A)-I-II-III or (A)-C and (A)-G. Its characteristic representative is soil type called fluvisol. The various forms of fluvisol could be distinguished based on their texture and different water-air and chemical properties as well as ecological value.

According to granulometric composition, these soils have a high proportion of coarse and fine sand, which vary in relation to soil form. There is no regularity in the proportion of individual particle size fractions with change of depth indicating their origin from river sediments.

According to the water capacity there are differences among forms of fluvisol. Sandy form has a very low capacity, while sandy loam and loamy have low water capacity. Vertical water permeability of these soils is the greatest in sandy form, while in sandy loam and loam declines. Capillary rise of water is the highest in sandy loam. Total porosity is considered to be between 49.35 % do 51.30%. According to the differential porosity, sandy form contains coarse pores, sandy loam form contains coarse pores and the content of medium and small-fine pores increases, whereas in loamy form are predominant medium and small-fine pores.

According to the chemical properties, all tested fluvisol forms are highly calcareous, while the soil reaction is weakly alkaline. Based on the results, humus content increases from sandy to loamy forms. Total nitrogen in sandy forms is very low, wheras in loamy form is moderate. According to phosphorus and potassium share, all forms contain medium values of potassium and low values of phosphorus. Ecological value of fluvisol form concerning the physico-chemical properties is the lowest in sandy form, higher in the sandy loam, and the highest in loamy fluvisol.

UDK: 582.681.81:628.1

Original scientific paper *Izvorni naučni rad*

RECOVERY RESPONSES OF PHOTOSYNTHESIS, TRANSPiration, AND WUE IN BLACK POPLAR CLONES FOLLOWING WATER DEFICITS

Topić Mirjana¹, Borišev Milan¹, Župunski Milan¹, Tomičić Marina², Nikolić Nataša¹, Pajević Slobodanka¹, Krstić Borivoj¹, Pilipović Andrej²

Abstract: Five black poplar (*Populus nigra* L.) genotypes were grown in a semi-controlled environment and were subjected to three different soil water regimes: control (90-70% of maximal field capacity-FC), drought followed by recovery of optimal soil water saturation (90-40% of FC) and permanent drought treatment (50-40% of FC). Variation in leaf gas exchange parameters such as photosynthetic (P) and transpiration intensity (T), as well as water use efficiency (WUE) were investigated among genotypes in their response to water deficit and recovery from drought. Recovery of soil water field capacity from 40% to 90% determined restored values of P, T and WUE. After 16 days of permanent drought (50-40% FC), strong decline of all parameters among examined genotypes was determined. Overall, significant differences among genotypes in leaf gas exchange parameters were found, which can give some indications of superiority of certain genotypes in relation to drought stress.

Key words: *Populus nigra* L., genotypes, drought stress, recovery.

ODGOVORI KLONOVA CRNE TOPOPLE NA OPORAVAK POSLE VODNOG DEFICITA U KONTEKSTU FOTOSINTEZE, TRANSPIRACIJE I EFIKASNOSTI KORIŠČENJA VODE

Izvod: Pet genotipova crne topole (*Populus nigra* L.) su u polu-kontrolisanim uslovima izloženi različitim vodnim režimima: optimalnoj zasićenosti vodom (kontrola), suši praćenoj oporavkom optimalnog vodnog kapaciteta i tretmanu konstantne suše. U odgovoru genotipova na vodi deficit i oporavak, ispitivane su promene parametara koji se odnose na razmernu CO_2 i vodene pare u listu, kao što su intenzitet fotosinteze (P) i transpiracije (T) i efikasnost korišćenja vode (WUE). Ponovno podizanje vodnog kapaciteta zemljišta na 90%,

¹ Mirjana Topić, student doktorskih studija, dr Milan Borišev, docent, Milan Župunski, istraživač-pripravnik, Nataša Nikolić, docent, Slobodanka Pajević, redovni profesor, Borivoj Krstić, redovni profesor, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Univerzitet u Novom Sadu.

² Dr Andrej Pilipović, asistent, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu.

³ Marina Tomičić, istraživač-pripravnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Univerzitet u Novom Sadu.

nakon vodnog deficita pri kapacitetu od 40%, uslovilo je oporavak intenziteta fotosinteze, transpiracije i efikasnosti korišćenja vode na nivoje približne vrednostima kontrolnih biljaka. Nakon 16 dana konstantne suše (vodni kapacitet u opsegu 50-40%) utvrđeno je snažno opadanje analiziranih parametara u svim genotipovima. Značajne varijacije analiziranih parametara među genotipovima ukazuju na specifične adaptivne predispozicije određenih gentipova u odnosu na sušni stres.

Ključne reči: *Populus nigra L., genotipovi, sušni stres, oporavak.*

INTRODUCTION

Plants have evolved complex systems of defense against, as well as adaption to, the variable and often potentially damaging environmental conditions to which they are exposed during their growth and development (Dobra et al., 2010). Drought is one of the most important factors affecting plant growth, development, survival and crop productivity (Ahuja et al., 2010).

As the key process of primary metabolism, photosynthesis plays a central role in plant performance under drought stress (Chaves et al., 2003; Chaves et al., 2009; Flexas et al., 2004; Flexas et al., 2009; Lawlor and Tezara, 2009; Pinheiro and Chaves, 2011). When plants encounter water deficit, there is a decline in photosynthesis. This may be due to reductions in C fixation per unit leaf area as stomata close or as photo-oxidation damages the photosynthetic mechanisms (Bruce et al., 2002).

Great attention has been drawn to the study of WUE (water use efficiency), in order to detect genotypes that consume less water and are photosynthetically more efficient (Orlović et al., 2002). Genotype adaptive values in terms of gas exchange characteristics should be expressed in high photosynthetic and transpiration potential as well as relatively high and stable WUE. In this sense, the aim of breeding programs is to select cultivars characterized by sufficient tolerance and resistance to mild and severe drought.

Poplars are among the fastest growing trees in temperate latitudes. However, poplar biomass productivity is closely linked to water availability, and the degree of drought tolerance is an important determinant of productivity in selected clones (Heilman and Stettler, 1986; Tschaplinski and Blake, 1989). Although poplars are among the most susceptible woody plants to drought-induced stress, significant clonal variability in drought tolerance and patterns of response to water deficits has been recorded (Pallardy and Kozlowski, 1981; Gebre and Kuhns, 1991; Chen et al., 1997).

The leaf, being the first organ to show visible signs of drought, may provide a cheap and easy to manipulate trait for selection under water deficit (Anyia and Herzog, 2004). Therefore, the aim of this study was to quantify some leaf gas exchange parameters in five black poplar clones growing on soil which was treated with three different water regimes. The obtained results provide clear evidence for clonal differentiation in their responses to water deficiency.

MATERIAL AND METHODS

Plant Material and Treatments

The experimental material consisted of five black poplar (*Populus nigra* L.) clones (VII/25, IX/30, X/32, XI/36, I/2) obtained by selection of high biomass productivity genotypes at the Institute of Lowland Forestry and Environment, University of Novi Sad, Serbia.

Twenty- centimeter cuttings of five black poplar clones were used. In April 2011, the cuttings were planted in 30 Mitscherlich pots, 4 cuttings per each pot. The plants were grown in a semi-controlled environment (greenhouse) by soil culture method. The temperature was kept under 30°C. The illumination was natural and dependent on the outside light conditions. Until the initiation of treatments, all plants were irrigated to keep the soil moisture in the interval of 70 – 90% of maximal field capacity (FC), during three months.

After growing for three months, all plants had fully developed roots and shoots. Only one shoot per each cutting was selected for further analyses, and all other shoots were removed. Shoots of similar height in all plants were selected. Plants were divided in three treatment groups (10 pots per treatment, 2 pots per clone in each treatment).

At the beginning (phase A), all three groups were subjected to 100% of soil water saturation (100% of FC). After that, three groups of plants were assigned to three watering regimes: control (90 – 70% of FC) drought followed by recovery of FC (90 – 40% of FC) and permanent drought (50 – 40% of FC). When plants in second group reached the 40% of FC, they were irrigated to reach 90% of FC, whereas plants in permanent drought group were irrigated only to 50% of FC (phase B – recovery). This was followed by decrease of FC to 40% in both group of plants exposed to mild and severe drought treatment (phase C).

Photosynthesis (P) and transpiration (T) intensity were measured during July of 2011 in all three groups of plants during all three phases: A, B and C. Measurements in phase A were conducted at the beginning of treatments, in phase B after 10 days and in phase C after 16 days.

Physiological Measurements

Leaf gas exchange parameters (photosynthesis and transpiration) were measured on fully expanded young leaves using the LCpro+ portable photosynthesis system, manufactured by ADC BioScientific Ltd. Light conditions were set using the LCpro+ light unit, which emitted photosynthetically active radiation (PAR) at 1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. The air supply unit provided a flow of ambient air to the leaf chamber at a constant rate of 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$. Humidity was set at 10 mBar of partial water pressure. Temperature and CO₂ concentration were at ambient levels.

Analyses were conducted at 3 different plants per each treatment and per each clone. At each plant, 3 separated measurements were recorded.

Parameter WUE (water use efficiency) was calculated as the ratio of photosynthesis divided by transpiration: $\text{WUE} = \text{P}/\text{T}$ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ / $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Statistical Analysis

Statistical analyses were conducted by ANOVA two-way factor analyses using Duncan's multiple range test at a significance level of $p < 0.05$. The software used was MSTAT C. The average values shown in figures followed by the same letter did not differ significantly. Values are shown as mean \pm standard deviation.

RESULTS

At the beginning of treatment, all three groups of plants were irrigated to 100% FC (Phase A). Clone X/32 showed the highest values in photosynthetic intensity (Fig.1). Genotypic behavior in relation to values of T and WUE (Figs. 2 and 3) were quite similar to P under well-watered conditions.

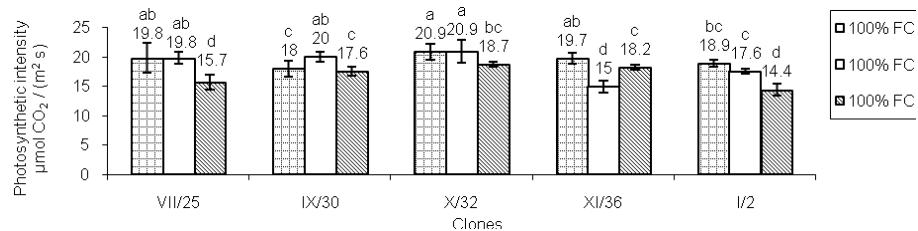


Figure 1. Phase A – photosynthetic intensity (P). All treatments at 100% of field capacity (FC)

Slika 1. Faza A – intenzitet fotosinteze. Svi tretmani na 100% maksimalnog vodnog kapaciteta zemljišta

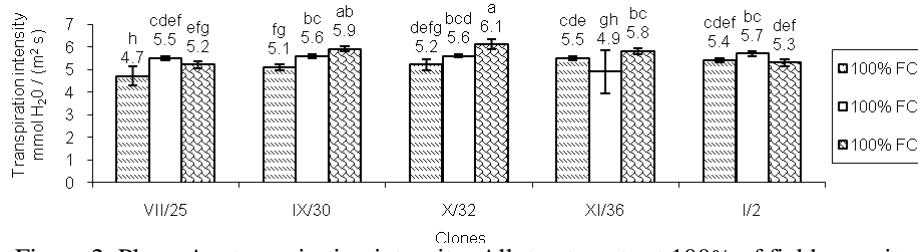


Figure 2. Phase A – transpiration intensity. All treatments at 100% of field capacity (FC)

Slika 2. Faza A – intenzitet transpiracije. Svi tretmani na 100% maksimalnog vodnog kapaciteta zemljišta

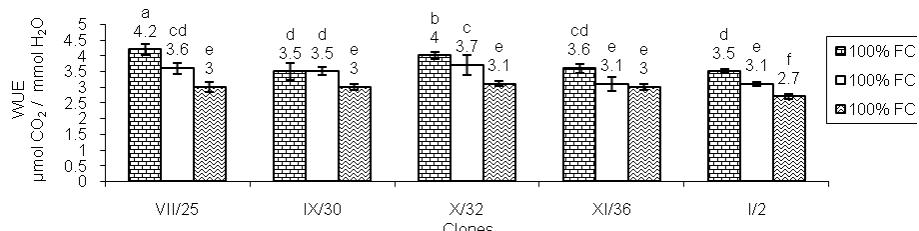


Figure 3. Phase A – Water Use Efficiency. All treatments at 100% of field capacity (FC)

Slika 3. Faza A – Efikasnost korišćenja vode. Svi tretmani na 100% maksimalnog vodnog kapaciteta zemljišta

When FC decreased to 40% in second and third group of plants, second group was irrigated again to recover the water field capacity to 90%, whereas the third group of plant was irrigated only to 50% of FC (permanent drought). During this phase (phase B), photosynthetic intensity (P) (Fig. 4) and transpiration intensity (T) (Fig. 5) in control (90 – 70% FC) and recovered drought treatment (90 – 40% FC) displayed completely restored values, similar to those which were shown in phase A, while permanent drought treatment (50 – 40% FC) values were slightly retarded along with WUE (Fig. 6).

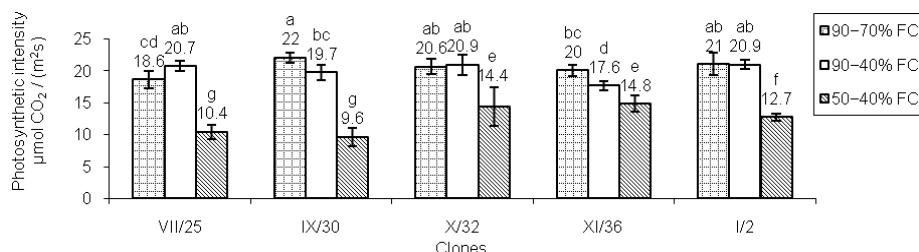


Figure 4. Phase B – recovery, photosynthetic intensity. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment recovered at 90% FC after 40% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC

Slika 4. Faza B – oporavak, intenzitet fotosinteze. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 90% vodnog kapaciteta nakon vodnog deficitia od 40%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapaciteta zemljišta

Slight increase of T was determined in clones VII/25, IX/30 and X/32 in plants exposed to 90 - 40% FC. Therefore, values of WUE for these clones, slightly decreased in spite of restored photosynthetic intensity. Permanent drought treatment caused further decrease of WUE (Fig. 6).

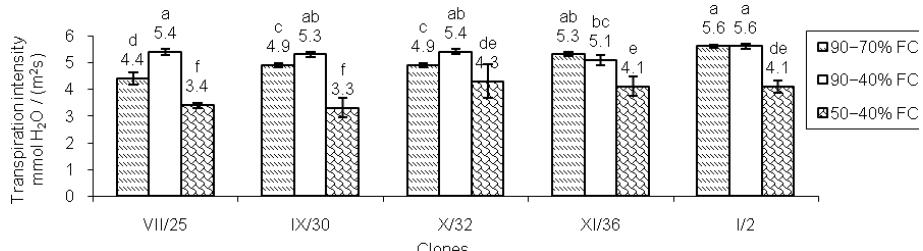


Figure 5. Phase B – recovery, transpiration intensity. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment recovered at 90% FC after 40% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC

Slika 5. Faza B – oporavak, intenzitet transpiracije. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 90% vodnog kapaciteta nakon vodnog deficitia od 40%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapacitetazemljišta

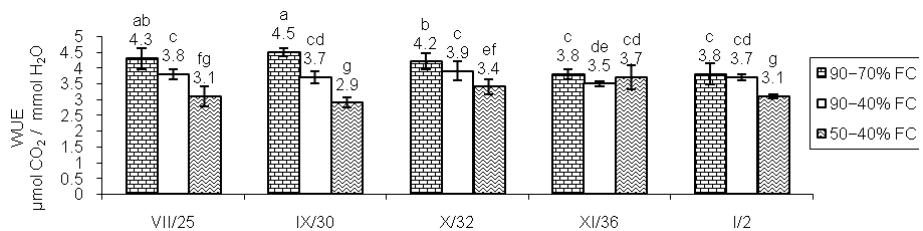


Figure 6. Phase B – recovery, Water Use Efficiency. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment recovered at 90% FC after 40% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC

Slika 6. Faza B – oporavak, efikasnost korišćenja vode. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 90% vodnog kapaciteta nakon vodnog deficitia od 40%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapacitetazemljišta

In phase C (Figs. 7, 8, 9) in permanent drought treatment (50 – 40% FC), all examined parameters were almost completely reduced after withholding water for six more days after phase B. However, among the other two treatments, values were similar to each other and were maintained at relatively high levels compared with those in permanent drought treatment.

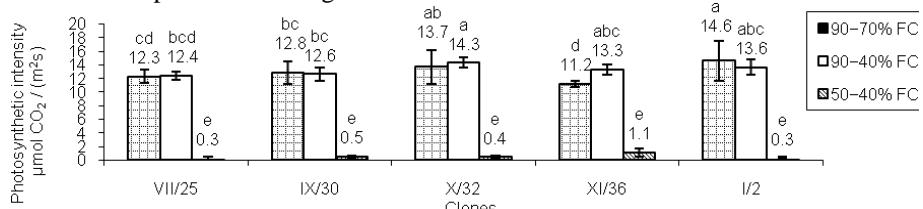


Figure 7. Phase C – photosynthetic intensity. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment at 40% after recovery at 90% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC

Slika 7. Faza C – intenzitet fotosinteze. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 40% vodnog kapaciteta nakon oporavka na 90%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapaciteta zemljišta

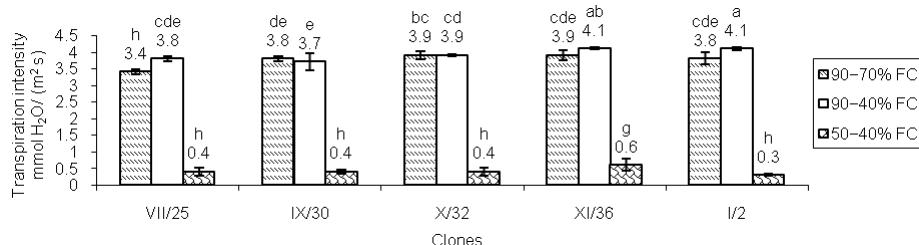


Figure 8. Phase C – transpiration intensity. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment at 40% after recovery at 90% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC

Slika 8. Faza C – intenzitet transpiracije. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 40% vodnog kapaciteta nakon oporavka na 90%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapaciteta zemljišta

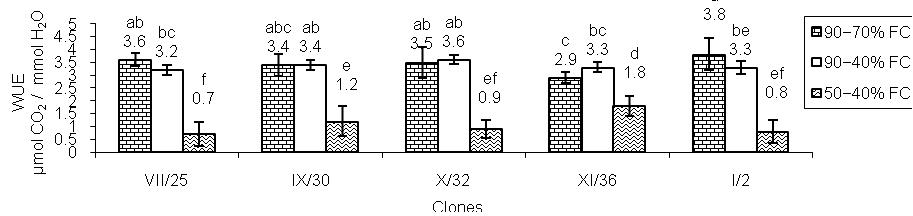


Figure 9. Phase C – Water Use Efficiency. Control treatment at 90 – 70% FC, drought treatment at 40% after recovery at 90% FC, permanent drought treatment at 50 – 40% FC.

Slika 9. Faza C – efikasnost korišćenja vode. Kontrola u opsegu 90 – 70% vodnog kapaciteta, tretman suše na 40% vodnog kapaciteta nakon oporavka na 90%, tretman kontinuirane suše u opsegu 50 – 40% vodnog kapaciteta zemljišta

DISCUSSION

Because poplars grow fast, their demand for water increases as they grow larger. This may induce drought stress under dry conditions (Gebre et al., 1998). In this study five black poplar clones, selected as genotypes with high biomass production were analysed to elucidate genotypic differences in some gas exchange responses to water availability. It has been shown that recovery and prolonged drought significantly affected leaf gas exchange parameters such as: P, T and WUE, under three different soil water regimes.

Variations in P, T and WUE were lower during continuous irrigation at the beginning of treatments (Phase A) than in recovery and prolonged drought treatment (Phases B and C). When re-watered after several days without watering, all recovered values were generally similar to the pattern displayed by phase A, except permanent drought treatment (50–40%) in terms of P, where recorded values were the lowest. The recovery values of photosynthesis rate under permanent drought stress are related to the abnormalities in an internal structure of chloroplast. Therefore, the unrecoverable photosynthesis rate after re-watering may be regarded as the rate of internal damage on photosynthesis functions by water stress (Miyashita et al., 2005). Rewatering of investigated poplar plants to 90% of soil water saturation, resulted in full photosynthetic recovery, indicating that disturbances determined by short drought period were not with permanent consequences.

Many reports showed that soil drought could lead to decrease in photosynthetic rate and transpiration (Shao and Chu, 2005; Shao et al., 2005). Because of larger decrease in transpiration (T) than that in photosynthetic rate (P), WUE per leaf would increase (Thomas, 1986; Jie et al., 2001). According to our results, changes of P, T and WUE under prolonged drought (phase C) were not consistent with the above conclusion. During the phase C, there was not larger decrease in T than in P, and WUE per leaf was not increased compared with the phase B. With intensiveness of soil drought (phase C) P, T and WUE of clones decreased, with trend that values for control and recovered drought treatment were similar, while permanent drought treatment values were lower.

Overall, significant genotypic variations in leaf gas exchange parameters were found, which can give some indications of superiority of certain genotypes in relation to drought stress. During prolonged drought (phase C), the fourth (XI/36) clone showed the highest values in P, T and WUE which may suggest genotypic ability to produce a higher level of drought tolerance.

Acknowledgement

This paper was part of the project III 043002 financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia.

REFERENCES

- Ahuja, I., de Vos, R.C.H., Bones, A.M., Hall, R.D. (2010): Plant molecular stress responses face climate change. Trends in Plant Science Vol. 15, (No.12): 664 — 674.
- Anyia, A.O., Herzog, H. (2004): Genotypic variability in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 151 — 159.

- Bruce, V., Ness, H., Hancock, P.J.B., Newman, C., Rarity, J. (2002): Four heads are better than one: Combining face composites yields improvements in face likeness. *Journal of Applied Psychology* 87: 894 — 902.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. (2003): Understanding plant responses to drought – From genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30: 239 — 264.
- Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C. (2009): Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551 — 560
- Chen, S., Wang, S., Altman, A., Hüttermann, A. (1997): Genotypic variation in drought tolerance of poplar in relation to abscisic acid. *Tree Physiology* 17: 797 — 803.
- Dobra, J., Motyka, V., Dobrev, P., Malbeck, J., Prasil, I.T., Haisel, D., Gaudinova, E., Havlova, M., Gubis, J., Vankova, R. (2010): Comparison of hormonal responses to heat, drought and combined stress in tobacco plants with elevated proline content. *Journal of Plant Physiology* 167: 1360 — 1370.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., Sharkey, T. D. (2004): Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C₃ plants. *Plant Biology* 6: 269 — 279.
- Flexas, J., Baro'n, M., Bota, J., Ducruet, J.M., Galle', A., Galme's, J., Jimenez, M., Pou, A., Ribas-Carbo', M., Sajnani, C., Toma's, M., Medrano, H. (2009): Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). *Journal of Experimental Botany* 60: 2361 — 2377.
- Gebre, G.M., Tschaplinski, T.J., Tuskan, G.A., Todd, D.E. (1998): Clonal and seasonal differences in leaf osmotic potentials and organic solutes of five hybrid poplar clones grown under field conditions. *Tree Physiology* 18: 645 — 652.
- Gebre, G.M., Kuhns, M.R. (1991): Seasonal and clonal variations in drought tolerance of *Populus deltoids*. *Canadian Journal of Forest Research* 21: 910 — 916.
- Heilman, P.E., Stettler, R. F. (1986): Nutritional Concerns in Selection of Black cottonwood and Hybrid Clones for Short Rotation. *The Canadian Journal of Botany* 16: 860 — 863.
- Jie, Y., Yang, H., Cui, M., Luo, X. (2001): Relationship between soil water content and water use efficiency of apple leaves. *Chinese Journal of Applied Ecology* 12: 387 — 390.
- Lawlor, D.W., Tezara, W. (2009): Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. *Annals of Botany* 103: 561 — 579.

- Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., Kimura, K. (2005): Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany* 53: 205 — 214.
- Orlović, S., Pajević, S., Krstić, B. (2002): Selection of Black Poplars for Water Use Efficiency. *Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska* 102: 45 — 51.
- Pallardy, S.G., and Kozlowski, T.T. (1981): Water relations in *Populus* clones. *Ecology* 62: 159 — 169.
- Pinheiro, C., Chaves, M.M. (2011). Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany* Vol.62 (No. 3): 869 — 882.
- Shao, H.B., Chu, L.Y. (2005): Plant molecular biology in China: challenges and opportunities. *Plant Molecular Biology Reporter* 23 (No.4): 345 — 348.
- Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A.(2005): Molecular mechanisms of higher plant adaptation to environment. *Acta Ecologica Sinica* 25 (No 7): 1772 — 1781.
- Thomas, H. (1986): Characteristics of *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L. and *L. multiflorum* Lam. plants. *Annals of Botany* 57: 211 — 223.
- Tschaplinski, T.J., Blake, T.J. (1989): Water relations, photosynthetic capacity, and root/shoot partitioning of photosynthetic as determinants of productivity in hybrid poplar. *The Canadian Journal of Botany* 67: 1689 — 1697.

Režime

ODGOVORI KLONOVA CRNE TOPOPLE NA OPORAVAK POSLE VODNOG DEFICITA U KONTEKSTU FOTOSINTEZE, TRANSPIRACIJE I EFIKASNOSTI KORIŠĆENJA VODE

Topić Mirjana, Borišev Milan, Župunski Milan, Tomičić Marina, Nikolić Nataša, Pajević Slobodanka, Krstić Borivoj, Filipović Andrej

*Pet genotipova evropske crne topole (*Populus nigra* L.) su u polu-kontrolisanim uslovima izloženi različitim vodnim režimima: kontrola (90-70% maksimalnog vodnog kapaciteta zemljišta - FC), suši praćenoj oporavkom na optimalnom vodnom kapacitetu zemljišta (90-40% od FC) i tretmanu konstantne suše (50-40% od FC). U odgovoru genotipova na vodni deficit i oporavak, ispitivane su promene parametara koji se odnose na razmjeru CO₂ i vodene pare u listu, kao što su intenzitet fotosinteze (P) i transpiracije (T) i efikasnost korišćenja vode (WUE). Ponovno podizanje vodnog kapaciteta zemljišta na 90%, nakon vodnog deficitu pri kapacitetu od 40%, uslovilo je oporavak intenziteta fotosinteze, transpiracije i efikasnosti korišćenja vode na nivoje približne vrednostima kontrolnih biljaka. Nakon 16 dana konstantne suše (vodni kapacitet zemljišta u opsegu 50-40%) utvrđeno je snažno opadanje analiziranih parametara u svim genotipovima. Značajne varijacije analiziranih parametara među genotipovima ukazuju na specifične adaptivne predispozicije određenih gentipova u odnosu na sušni stres.*

UDK:

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

KARAKTERISTIKE NAPUŠTENIH POLJOPRIVREDNIH ZEMLJIŠTA ZA POŠUMLJAVANJE U VOJVODINI

Galić Zoran, Ivanišević Petar, Novčić Zoran¹

Izvod: U ovom radu je izvršena analiza zemljišta korišćenih u poljoprivredi, sa predlogom promene namene i to u vidu pošumljavanja. Na svakom od istraživanih objekata je utvrđena limitirajuća karakteristika zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju.

Na istraživanim ritskim crnicama je limitirajuća osobina predstavljena visokim sadržajem frakcije praha+gline, a time i nepovoljnim vodno vazdušnim osobinama. U ogledanom černozemu (livadska crnica) limitirajuću osobinu predstavlja povećan sadržaj karbonata od površine profila. Osim toga, za ove tipove zemljišta je potrebno navesti da su prvenstveno zemljišta za šumarstvo. Solonjec i eugley kao limitirajuću osobinu imaju malu fiziološku dubinu profila.

Ključne reči: zemljišta, poljoprivreda, šumarstvo

CHARACTERISTICS OF ABANDONED AGRICULTURAL LAND FOR AFFORESTATION IN Vojvodina

Abstract: In this paper are shown the analysis of soil use in agriculture, and proposed land use change especially for reforestation. For each of the investigated object is determined by limiting characteristics of land for agricultural production.

On the study humogley limiting feature is represented by a high content of silt + clay, and thus unfavorable water and air conditions. In meadow soils limiting feature is the increased carbonate content of the surface profile. In addition, for this type of land is necessary to state that the land primarily for forestry. Solonet and eugley as a limiting feature of having low depth soil profile.

Keywords: soil, agriculture, forestry

1. UVOD

Šumski fond u AP Vojvodini zauzima oko 6,37% teritorije, što je nedovoljno sa aspekta njene projektovane optimalne šumovitosti od 14,3% (Marković et al., 1996; Orlović et al., 2004; Ivanišević et al., 2008; Galić et al., 2009). Stoga je Vojvodina sve više stepa, a sve manje šumo-stepa,

¹ Dr Galić Zoran, viši naučni saradnik, dr Petar Ivanišević, naučni saradnik, dipl. ing. Novčić Zoran. Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, e-mail: galicz@uns.ac.rs

transforonišući se u jednu od najobešumljenijih regija u Evropi. Iz tih razloga nameće se potreba podizanja novih šumskih zasada, kao prioritet za obezbeđenje stabilnosti i održivi razvoj njenih ekosistema.

Černozem predstavlja dominantan tip zemljišta zauzimajući 45% površine Vojvodine i predstavlja visokoproduktivno poljoprivredno zemljište (Živković et al., 1972). Pošumljavanje u Vojvodini se u najvećoj meri vezuje za red hidromofnih i halomorfnih zemljišta. Hidromorfna zemljišta pokrivaju 572.709 hektara (Galić et al., 2006; Galić et al., 2009). U prošlosti, krčenje šuma je bilo uglavnom na humoglejima na većim površinama, a sada se ovaj tip zemljišta koristi u poljoprivredi. Promena načina korišćenja ovog tipa zemljišta je u poljoprivredi u prošlosti nije se pokazalo kao idealno rešenje za ovaj tip zemljišta tako da se u budućnosti mogu očekivati pošumljavanja na ovom tipu zemljišta. Pošumljavanje zemljišta u halomorfnom tipu zemljišta u Vojvodini je poseban problem, s obzirom na veoma nisku produktivnost kao posledica niza nepovoljnih zemljišta svojstava (Galić, 2008; Ivanović et al., 2008; Galić et al., 2009). Niska produktivnost određuje potencijal, stepen i karakter ovog korišćenja zemljišta tipa u šumarstvu.

U toku dugogodišnjeg rada u Institutu za nizijsko šumarstvo je izvršena analiza na više objekata korišćenih u poljoprivredi, a trenutno nisu u funkciji poljoprivredne proizvodnje. Rezultati istraživanja svojstava zemljišta i mogućnosti pošumljavanja na istraživanim površinama se prikazuju u ovom radu.

2. OBJEKTI I METODI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje karakteristika napuštenih poljoprivrednih zemljišta za potrebe podizanja novih šumskih zasada izvršeno je na više lokaliteta, a u radu je prikazano devet.

- Karavukovo: analiza je izvršena u G.J. "Agrodunav" i delom na poljoprivrednim površinama koje nisu pogodne za uzgoj poljoprivrednih useva u posedu zemljoradničke zadruge "Agrodunav" iz Karavukova. Analizom je obuhvaćena površina od 25,4 ha. Na ovom lokalitetu su utvrđene sistematske jedinice zemljišta ritska crnica na pesku, euglej i fluvisol forma peskovito ilovasta.

- Indija: analiza je obuhvatila poljoprivredne površine na ukupnoj površini od 27 ha. Determinisana je sistematska jedinica zemljišta černozem.

- Prhovo: analiza je obuhvatila poljoprivredne površine na ukupnoj površini od 30 ha. Determinisane su sistematske jedinice zemljišta černozem oglejani (livadska crnica) i ritska crnica

- Novi Kneževac: analiza je obuhvatila poljoprivredne površine na ukupnoj površini od 108 ha. Determinisana je sistematska jedinica zemljišta solonjec

- Gaj: analiza je obuhvatila poljoprivredne površine na ukupnoj površini od 52 ha. Determinisane su sistematska jedinica zemljišta fluvisol varijetet sa fosilnim zemljištem forma ilovasta.

- Jaša Tomić: analiza je izvršena na poljoprivrednim površinama na ukupnoj površini od 9,05 ha. Na ovom lokalitetu su utvrđeni tipovi zemljišta ritska crnica na lesu i černozem oglejeni (livadska crnica)

- Svetozar Miletić: analiza je obuhvatila poljoprivredne površine na ukupnoj površini od 13 ha. Determinisane su sistematska jedinice zemljišta černozem oglejani (livadska crnica) i solonjec

- Kupusina: analizom su obuhvaćene poljoprivredne površine. Analizom je obuhvaćena površina od 61,5 ha. Tip zemljišta je černozem oglejani (livadska crnica) na lesoluvijalnom nanosu

Proučene fizičke i hemijske osobine su odredene po standardnim metodama opisanim u priručnicima „Metode fizičkih proučavanja zemljišta“ i „Hemijske metode proučavanja zemljišta“ (JDPZ, 1977; JDPZ 1971).

-granulometrijski sastav (%) po međunarodnoj B-pipet metodi sa pripremom u natrijevom pirofosfatu, sa izdvajanjem četiri frakcije

-za razvrstavanje čestica granulometrijskog sastava korišćena je klasifikacija Atteberga

-humus (%) po Tjurinu u modifikaciji Simakova 1957

- CaCO_3 (%) volumetrijski Scheiblerovim kalcimetrom

Klasifikovanje sistematskih jedinica zemljišta je izvršeno na osnovu Klasifikacije zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Najzastupljenije sistematske jedinice zemljišta prema Klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985) su ritska crnica i oglejani černozem (livadska crnica). Na osnovu sadržaja CaCO_3 u matičnom supstratu (preko 25%) kod ove dve sistematske jedinice zemljišta može se zaključiti da se radi o lesu odnosno lesoaluvijalnom nanosu (tabela 1 i tabela 2).

Sadržaj praha+gline u humusno akumulativnom horizontu ritske crnice se kretao od 55 do 71,6% (tabela 1), a u Gso od 46,7 do 67,9%. Razlika u granulometrijskom sastavu kod ove sistematske jedinice zemljišta je uočena u matičnom supstratu (na lokalitetu Karavukovo sadržaj praha+gline 1,6%). Visok sadržaj frakcije praha+gline je utvrđen i u humusno akumulativnom horizontu oglejanog čenozema (livadske crnice). Na istraživanim objektima se kretao od 61,2 do 72,8%. Zajednička karakteristika je visok i ujednačen sadržaj ove frakcije po dubini profila na svim objektima istraživanja. Osim navedenog potrebno je ukazati i na visok sadržaj frakcije praha+gline u delu profila černozema, fluvisola i solonjeca.

Sadržaj humusa manji od 3% u ritskim crnicama na objektima istraživanja Karavukovo i Prhovo ukazuju na intenzivno korišćenje ovih zemljišta u poljoprivrednoj proizvodnji (tabela 2).

Prema prikazanim podacima u tabeli 2. se uočava da su zemljišta alkalne reakcije zemljišnog rastvora.

Tabela 2. Najvažnije hemijske osobine zemljišta na istraživanim lokalitetima
 Table 2. The most important chemical characteristics on studied sites

Horizont Horizon	Dubina Depth	CaCO ₃ %	pH uH ₂ O	Humus %
Karavukovo - Ritska crnica				
Aa	0-60	2.90	7.86	2.99
Gso	60-100	30.67	8.02	0.52
GsoGr	>100	12.43	8.09	0.03
Karavukovo – Eugley				
Aa	0-30	9.53	8.00	4.86
GsoGr	30-50	24.46	8.03	1.58
Karavukovo – Fluvisol				
Aa	0-20	17.41	7.99	0.84
Igso	20-55	11.61	8.10	0.80
IIGso	55-110	16.17	8.20	0.08
Indija – Černozem				
Aa	0-50	2.46	7.21	4.18
Gso	50-115	13.59	8.38	1.45
Gr	>115	19.31	8.83	1.45
Prhovo - Ritska crnica				
Aa	0-50	6.58	8.1	1.81
Gso	50-115	30.49	8.8	0.93
Gr	>115	14.80	8.7	0.81
Prhovo – Černozem oglejani				
Aa	0-72	10.67	7.8	1.45
AC	72-111	27.94	7.9	1.42
C	>111	30.02	8.0	0.36
Novi Kneževac – Solonjec				
AC	0-22	2.49	6.87	1.37
BtNa	22-55	4.56	9.48	0.92
C	>55	17.82	9.73	0.21
Gaj – Fluvisol				
Aa	0-40	3.74	7.0	0.78
Jaša Tomić – Ritska crnica				
Aa	0-50	7.55	8.0	4.63
CG	50-80	29.19	8.5	2.20
Svetozar Milić – Černozem oglejani				
A	0-40	11.52	8.4	4.20
AC	40-80	29.13	8.6	1.76
CG	80-120	24.18	8.5	0.88
Kupusina – Černozem oglejani				
Aa	0-25	19.63	7.8	2.36
AC	25-40	37.22	8.3	0.98
CG	40-100	29.89	8.1	0.37

4. DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Istraživane ritske crnice odlikuje humusni horizont debljine od 50 do 60 cm, po tekturnom sastavu humusno - akumulativni horizont je glinovita ilovača, srednje obezbeđene humusom, alkalne reakcije zemljišnog rastvora. Sa dubinom raste sadržaj karbonata. Osnovna razlika istraživanih ritskih crnica je u tome što se na lokalitetu Karavukovo na 100 cm dubine javlja tekturna klasa pesak uzrokujući brzu cirkulaciju podzemnih voda. Na ostala dva istraživana lokaliteta tekturna klasa je glinovita ilovača. Međutim, na svim istraživanim ritskim crnicama je fiziološka dubina od 50 do 60 cm, a ograničava je položaj akumulacije karbonata. Navedene karakteristike su uz neregulisane vodno vazdušne osobine zemljišta limitirajući faktor u poljoprivrednoj proizvodnji (Živković et al., 1972). Osim toga, navodi se da su ritske crnice prvenstveno zemljišta za šumarsku proizvodnju (Galić et al., 2011), kao i oglejani černozemi (livadske crnice).

Istraživani oglejani černozemi (livadske crnice) se bitno razlikuju u zavisnosti od aluvijale ravni reke u kojima su determinisani. U aluvijalnoj ravni Save su glinovita ilovača, dok je u aluvijalnoj ravni Dunava tekturna klasa ilovača, što se povezuje sa karakterom nanosa ove dve reke. Navedena razlika je posledica smanjenja frakcije ukupnog peska i povećanja frakcije praha+gline na oglejanom černozemu u aluvijalnoj ravni reke Save. Zajednička karakteristika je povećani sadržaj CaCO_3 od same površine profila zemljišta. Visok sadržaj je i limitirajući faktor za poljoprivrednu proizvodnju (Živković et al., 1972).

Euglej zemljište je povoljnog tekturnog sastava, ilovača, povoljnih vodno vazdušnih osobina, ali male fiziološke dubine oko 50cm. Usled suficitnog vlaženja podzemnom, u proleće i površinskom vodom, jako je razvijena higrofilna vegetacija, koja ostavlja velike količine organskih ostataka na površini zemljišta. Proces transformacije organskih ostataka je usporen, pa se nagomilava sirovi humus na površini. Suficitno vlaženje u proleće i jesen su limitirajući faktori za poljoprivrednu proizvodnju (Živković et al., 1972).

Fluvisol zemljište je siromašno organskom materijom, alkalne reakcije zemljišnog rastvora, po dubini slojevito, sa slojevima peska i ilovastog peska. Usled peskovitosti dobro je drenirano, ali sa malim vodnim kapacitetom. Dakle, može biti siromašno vodom u periodu niskih vodostaja Dunava. U proleće ovo zemljište je pod jakim uticajem podzemnih voda te ne oskudeva sa vodom u periodu intenzivnog rasta biljaka.

Osnovna karakteristika klase soloneca je njihova alkalizovanost tj. prisustvo adsorbovanog natrijuma u adsorptivnom kompleksu. Klasa soloneca je prema Klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985) podeljena na pet podtipova, dok su forme za sve varijetete su izdvojene prema dubini pojave B_{Na} horizonte i to na: plitki, srednje duboki i duboki. Limitirajući činilac za biljnu proizvodnju na objektu istraživanja za tip zemljišta solonjec je fiziološki aktivna dubina od 22 cm.

Navedene karakteristike zemljišta na istraživanim objektima upućuju na činjenicu da je na svakom objektu utvrđena limitirajuća osobina za poljoprivrednu proizvodnju.

5. ZAKLJUČCI

U ovom radu je izvršena analiza zemljišta korišćenih u poljoprivredi, sa predlogom promene namene i to u vidu pošumljavanja. U razmatranju su preovlađujuće sistematske jedinice zemljišta bile ritska i livadska crnica.

Na svakom od istraživanih objekata je utvrđena limitirajuća karakteristika zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju.

Na istraživanim ritskim crnicama je limitirajuća osobina predstavljena visokim sadržajem frakcije praha+gline, a time i nepovoljnim vodno vazdušnim osobinama. U oglejanom černozemu (livadska crnica) limitirajuću osobinu predstavlja povećan sadržaj karbonata od površine profila. Osim toga, za ove tipove zemljišta je potrebno navesti da su prvenstveno zemljišta za šumarstvo. Solonjec i euglej kao limitirajuću osobinu imaju malu fiziološku dubinu profila.

Iz navedenih razloga je važno da se pre svakog pošumljavanja utvrde limitirajuće osobine zemljišta za biljnu proizvodnju kako bi se na najbolji način iskoristio potencijal zemljišta.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

6. LITERATURA

- Galic Z., Orlovic S., Ivanisevic P., Pekec S., Vasic V., Pilipovic A., Markovic M. (2008): Selection of tree species for the afforestation of halomorphic soils in Vojvodina. EUROSOL 2008 Book of abstracts p.358
- Galić Z., Ivanišević P., Orlović S., Klašnja B., Vasić V., Pekeč S. (2006): Proizvodnost tri klona crne topole u branjenom delu aluvijalne ravni srednjeg Podunavlja. Topola (Poplar) 177/78 p. 62-71
- Galic Z., Orlovic S., Galovic V., Poljakovic-Pajnik L., Pap P., Vasic V. (2009): Challenges of land use change and land protection in Vojvodina. African Journal of Agricultural Research vol. 4 p. 1566-1573
- Ivanisević, P., Galić, Z., Rončević, S., Kovačević, B., Marković, M. (2008): Značaj podizanja zasada šumskog drveća i žbunja za stabilnost i održivi razvoj ekosistema u Vojvodini. Topola 181/82 str. 31-41
- Marković, J; Rončević, S.; Pudar, Z. (1996): Intenzivni zasadi, vanšumsko zelenilo i njihova uloga u proizvodnji drveta i životnoj sredini Srbije. Zbornik radova sa savetovanja ‘Šume Srbije-stanje, projekcija razvoja do 2050. godine i očekivani efekti’, Beograd
- Orlovic, S., Ivanisevic, P., Galic, Z. (2004): Forests and non-forest greenery in the function of chernozem protection, EUROSOL 2004, Freiburg, Germany, Abstracts: 34

- Škorić. A.. Filipovski. G., Ćirić. M. (1985). Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. ANUBiH. Posebna izdanja. Knjiga LXXVIII. Odelenje prirodnih nauka. Knjiga 13. str. 1-72. Sarajevo.
- Živković. B.. Nejgebauer. V.. Tanasijević. Đ.. Miljković. N.. Stojković. L. Drezgić. P. (1972). Zemljišta Vojvodine. Novi Sad

Summary

CHARACTERISTICS OF ABANDONED AGRICULTURAL LAND FOR AFFORESTATION IN VOJVODINA

Galić Zoran, Ivanišević Petar, Novčić Zoran

In this paper are shown the analysis of soil use in agriculture, and proposed land use change especially for reforestation. This paper presents an analysis of the nine larger areas planned for afforestation. For each of the investigated object is determined by limiting characteristics of soil for agricultural production.

On the study humogley limiting feature is represented by a high content of silt + clay, and thus unfavorable water and air conditions. In meadow soils limiting feature is the increased carbonate content of the surface profile. In addition, for this type of land is necessary to state that the land primarily for forestry. Solonetz and eugley as a limiting feature of having low depth of soil profile.

MIKROKLIMATSKE KARAKTERISTIKE U ZASADU TOPOLE TOKOM SUŠNOG PERIODA 2012. GODINE

Galić Zoran, Klašnja Bojana¹

Izvod: U radu su prikazni mikroklimatski uslovi u zasadu topola tokom 2012 godine. Istraživanje je obavljeno u godini sa povećanom srednjom godišnjom temperaturom vazduha u odnosu na normalu za period 1961-1990, a razlika se ogleda i u količini padavina, pri čemu je u 2012. godini zabeležen izraženi deficit. Analiza mikroklimatskih uslova je obuhvatila analizu temperature i relativne vlažnosti vazduha. Izvršena je analiza srednje, minimalne i maksimalne dnevne temperature vazduha.

Ključne reči: mikroklima, zasad topola, temperatura vazduha, relativna vlaga

MICROCLIMATIC CHARACTERISTICS IN POPLAR PLANTATIONS DURING THE DRY PERIOD OF THE 2012TH

Abstract: In paper we shown a microclimatic conditions in the poplar plantation in 2012 year. Research was in the year with higher mean annual air temperature in relation to normal for the period 1961-1990. The differences between studied year are reflected in the amount of precipitation. Analysis of microclimate conditions included analysis of temperature and relative humidity. Analysis of mean, minimum and maximum daily air temperature indicates a difference in the microclimate in the poplar plantations.

Key words: microclimate, poplar plantations, air temperature, relative humidity

1. UVOD

Klimatološki podaci su značajni za proučavanje procesa u šumskim ekosistemima (Xia, 1999). Iako su važni za razumevanje funkcionisanja ekosistema, podataka o mikroklimatskim uslovima u šumskim ekosistemima ima malo ili su retki u zasadima topola (Galić, 2011), a za definisanje klime staništa koriste se podaci sa obližnjih meteoroloških stanica. U drugim sastojinama u Srbiji istraživanja su vršili Kolić (1975, 1977), Stojanović, (1991), Babić, (2012) i Babić et al., (2012).

Šumski ekosistemi su osetljivi na klimatske promene zbog dugovečnosti drvenastih vrsta (Lindner et al., 2010). Dosadašnja istraživanja upućuju na to da će na šumske eksosisteme u budućnosti značajno delovati povećanje temperature vazduha, smanjenje količine padavina, povećanje sadržaja CO₂, požari, intenzitet i

¹ Dr Zoran Galić – viši naučni saradnik, Dr Bojana Klašnja – naučni savetnik Univerzitet u Novom Sadu - Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

trajanje suše, vetrolomi, ekstremne količine padavina, kao i pojava insekata i patogena (Hemery, 2007).

Podaci o mikroklimatskim karakteristikama se koriste za objašnjavanje distribucije, razvoja i kretanja živog sveta u prirodnim sistemima. Glavni ekološki procesi, kao što su produktivnost, mineralizacija, dekompozicija listinca i rasprostranjenost bolesti, insekata i mogućnost pojave prirodnih nepogoda su vezana za mikroklimatske uslove (Chen et al., 1999; Wang et al., 2010). Praćenjem temperature vazduha u tri vremenska okvira (mesečna, dnevna i po satu) može se dobiti prostorna varijabilnost mikroklimatskih uslova (Vanwalleghem i Meentemeyer, 2009).

2. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u zasadu topole na Oglednom dobru Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu u Novom Sadu. U zasadu je na visini od 2,0 m postavljena meteorološka stanica marke „WS-GP1“ u cilju merenja mikroklimatskih pokazatelja (temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, solarne radijacije, brzine i pravca vetra).

Prikazivanje klimatskih prilika područja je vezano za podatke meteoroloških merenja osnovnih klimatskih elemenata (srednje godišnje i srednje mesečne vrednosti temperature i padavina) na klimatološkoj stanici Rimski Šančevi za period 1960-1991, te za kalendarSKU 2012. godinu.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Srednju godišnju temperaturu vazduha u godini istraživanja (2012) još uvek nije moguće utvrditi (Tabela 1). Međutim, u avgustu 2012. godine (mesec sa najvećim porastom prosečne temperature vazduha u periodu od 1991-2010 u odnosu na normalu) je zabeležena veća prosečna temperatura vazduha za 4,4°C. Osim povećanja temperature vazduha u avgustu 2012. godine nisu zabeležene veće količine padavina (svega 3,5 mm), što je uticalo na povećanu aridnost. U odnosu na normalu u 2012. godini zabeležen je deficit padavina od 112 mm (Tabela 1).

Tabela 1. Srednja godišnja temperatura vazduha i količina padavina – Rimski Šančevi *

Table 1. Mean annual air temperature and precipitation – Rimski Sancevi

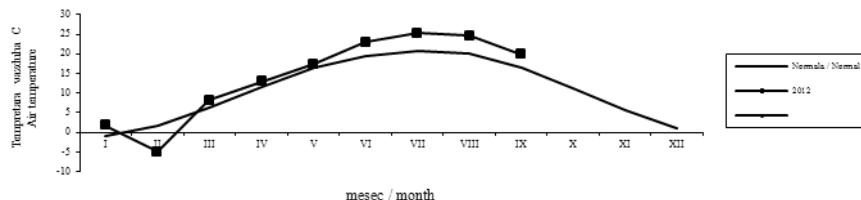
	Temperatura vazduha Air temperature (°C)		Količina padavina Precipitation (mm)		
	Srednja godišnja Mean annual	Avgust August	Godišnja Annual	Avgust August	Vegetacioni period Growing season
Normala	10,9	20,2	576,8	54,2	338,6
2012		24,6		14,0	226,8

* Korišćeni podaci RHMZ Srbije (2012. godina)

Na grafikonu 1. su prikazane srednje mesečne temperature vazduha u 2012. godini u odnosu na referentni period. Tokom čitavog vegetacionog perioda srednje mesečne temperature su bile iznad proseka. Najizraženije povećanje srednje mesečne temperature je zabeleženo za jun, jul, avgust i septembar mesec 2012. godine.

Grafikon 1. Srednje mesečne vrednosti temperature vazduha u 2012 u odnosu na normalu za meteorološku stanicu Rimski Šančevi

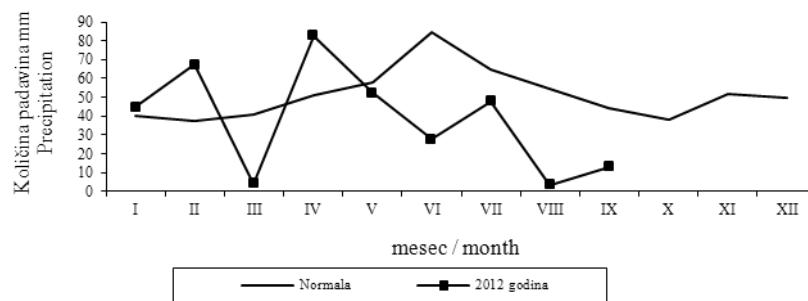
Graph 1. Mean monthly air temperature for period 1961-1990 and 2012



Manja količina padavina u odnosu na normalu u 2012. godini je zabeležena za sve mesece u godini izuzev februara i aprila (Grafikon 2), a izraženi deficit je zabeležen za mart i avgust 2012. godine.

Grafikon 2. Mesečne vrednosti količine padavina u 2012. godini u odnosu na normalu na meteorološkoj stanci Rimski Šančevi

Graph 2. Monthly precipitation for period 1961-1990 and 2012



Prosečna dnevna temperatura vazduha u zasadu topole u julu je bila 24,4°C, dok je u avgustu bila 23,2°C (Tabela 2). U odnosu na 2008. godinu (Galić *et al.*, 2011) u zasadu topole je u 2012. izmerena za 2,6°C, a u odnosu na 2010. godinu za 2,2°C viša temperatura.

Srednja, minimalna i maksimalna dnevna temperatura vazduha u zasadu topole u julu 2012. godine je prikazana na grafikonu 3, a u avgustu iste godine na grafikonu 4.

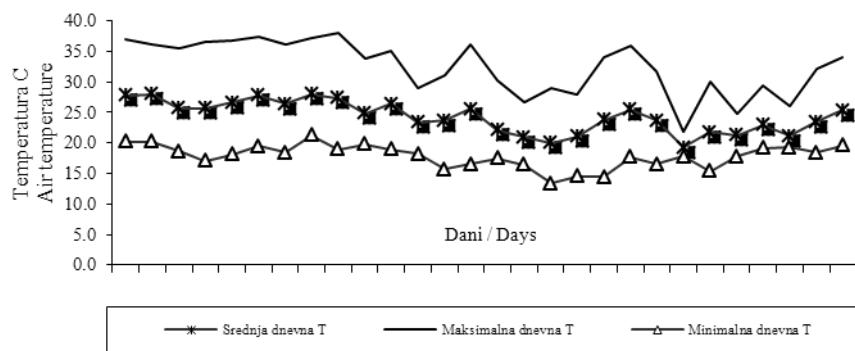
Tabela 2. Temperatura i relativna vлага vazduha u zasadu topole – jul i avgust 2012. godina

Table 2. Air temperature and relative humidity in poplar plantation –July and August 2012 year

	Prosečna dnevna temperatura vazduha <i>Average daily air temperature</i>	Prosečna relativna vлага vazduha <i>Average relative air humidity</i>	Maksimalna dnevna temperatura vazduha <i>Maximum daily air temperature</i>	Minimalna dnevna temperatura vazduha <i>Minimum daily air temperature</i>
	°C	%	°C	°C
Jul	24,4	65,3	38,0	13,4
Avgust	23,2	58,2	39,1	10,0

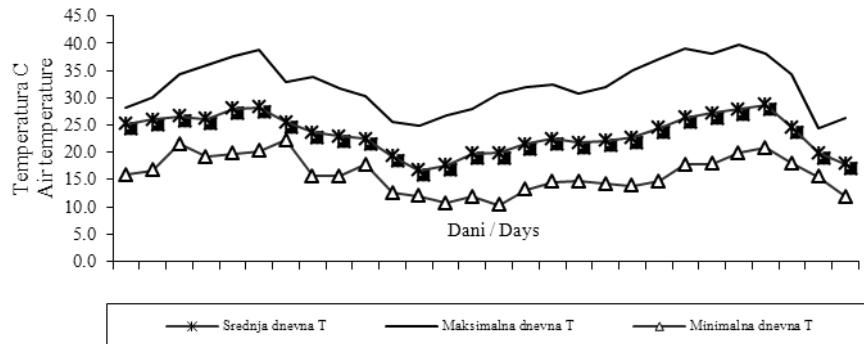
Grafikon 3. Srednje dnevne, minimalne i maksimalne temperature vazduha u julu 2012. godine u zasadu topole

Graph 3. Mean daily, minimum and maximum air temperature in July 2012 in poplar plantation



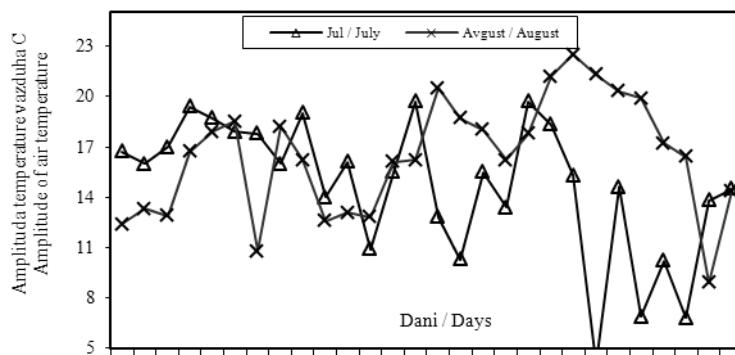
Grafikon 4. Srednja dnevna, maksimalna i minimalna temperatura vazduha u zasadu topole avgust 2012. godine

Graph 4. Mean daily air temperature, maximum and minimum air temperture august 2012 in poplar plantation



Grafikon 5. Razlika u amplitudi temperature vazduha u zasadu topole u julu i avgustu 2012. godine

Graph 5. Differences in amplitude of air temperature in poplar plantations during July and August 2012

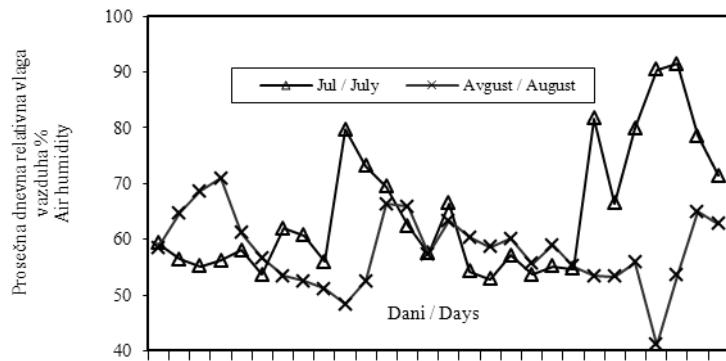


Veća amplituda temperature vazduha je utvrđena u avgustu 2012. godine u odnosu na jul iste godine (grafikon 5).

Prosečna dnevna relativna vлага vazduha u zasadu topole u julu 2012. se kretala u granicama od 52,8 do 91,5%, a u avgustu od 41,1 do 70,9 % (grafikon 6).

Grafikon 6. Prosečna dnevna relativna vlaga vazduha u zasadu topole jul i avgust 2012

Graph 6. Air humidity in poplar plantation July and August 2012

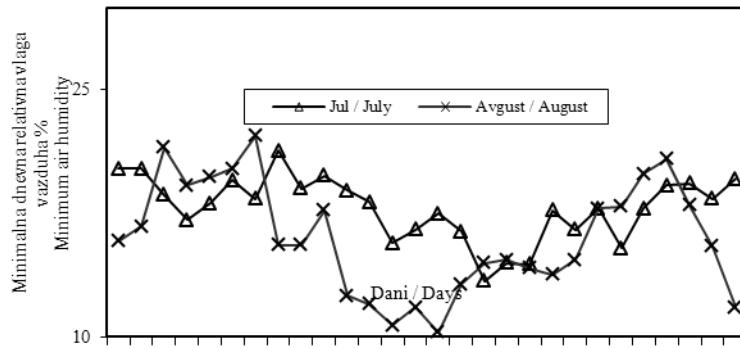


Prosečna mesečna relativna vlaga vazduha u zasadu topole je u avgustu 2012. godine bila za manja za 19,55 u odnosu na avgust 2008. godine, a u odnosu na avgust 2010. godine za 23,7% (Galić et al., 2011).

Minimalna dnevna relativna vlaga vazduha u zasadu topole je imala sličan trend, a podaci su prikazani na grafikonu 7.

Grafikon 7. Minimalna dnevna relativna vlaga vazduha u zasadu topole – juli i avgust 2012

Graph 7. Minimum air humidity in poplar plantation – July and August 2012



4. DISKUSIJA

U prikazu rezultata istraživanja je već navedeno da su u vegetacionom periodu u 2012. godini zabeležene znatno veće temperature u odnosu na normalu. Razlika između vegetacionog perioda 2012. godine i normale ogleda se i u deficitu količine padavina.

Analiza mikroklimatskih uslova je obuhvatila analizu temperature i relativne vlažnosti vazduha. Analiza srednje, minimalne i maksimalne dnevne

temperature vazduha ukazuje na razliku u mikroklimi u zasadu topola. U 2012. godini je u odnosu na istraživanja Galić et al., (2011) zabeležena veća srednja dnevna temperatura u većini istraživanih dana. Osim toga, ono što ima posebnu važnost je činjenica da je utvrđena i veća amplituda srednje, minimalne i maksimalne dnevne temperature vazduha. Na ovu činjenicu upućuje i podatak da je apsolutni maksimum od 39,1°C u godinama istraživanja utvrđen u 2012. godini. Navedeni podatak mogao bi upućivati na to da se sa klimatskim promenama mogu očekivati i veće oscilacije u dnevnim temperaturama što bi moglo negativno da se odrazi na šumske ekosisteme zbog dugovečnosti drvenastih vrsta (Hemery, 2007; Lindner et al., 2010).

Relativna vlažnost vazduha može u izvesnoj meri da ublaži temperaturne ekstreme. Međutim, u godinama istraživanja povećanje temperature vazduha dovodilo bi do smanjenja relativne vlažnosti vazduha, a time i do nepovoljnih uslova za rast stabala. Naročito je to bilo izraženo u 2012. godini kada su se dnevni minimumi relativne vlažnosti vazduha u avgustu kretali od 10,3 do 21,5%.

5. ZAKLJUČCI

U radu je izvršena analiza mikroklimatskih uslova u zasadu topola tokom sušnog perioda 2012. godine. U vegetacionom periodu je utvrđen deficit padavina, kao i veće amplitude u kretanju dnevnih temperatura vazduha uz smanjenje dnevne relativne vlažnosti vazduha u odnosu na ranija istraživanja u zasadu topola.

Konstatacija da ukoliko se nastavi trend povećanja temperature vazduha može se očekivati sve veći broj toplih dana sa sve nepovoljnijim uslovima za razvoj drvenastih vrsta ovim istraživanjima dobija svoju dalju potvrdu. Rezultati istraživanja upućuju na potrebu multidisciplinarnih istraživanja kako bi se praćenjem mikroklimatskih karakteristika mogla objasniti distribucija, razvoj i kretanje živog sveta u prirodnim sistemima kao i funkcionalisanje ekosistema.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja 43002 za period 2011-2014. godine koji finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

6. LITERATURA

- Babić V. (2010): Contribution to the study of light regime in sessile oak stands on Fruška Gora, International Scientific Conference: Forest ecosystems and climate changes, Proceedings, Volume 1, Institute of Forestry, March 9-10th, Belgrade, Serbia, 35-41
- Babić V., Galić Z., Rakonjac Lj., Stajić S. (2010): Microclimate conditions in the stands of sessile oak on acid brown and lessive acid brown soils in Fruska Gora, International Scientific Conference: First Serbian Forestry Congress

- Future with forest, Congress Proceedings, University of Belgrade, Faculty of Forestry, November 11-13th, Belgrade, Serbia, 135-141
- Galić Z., Orlović S., Novčić Z. (2011): Monitoring mikroklimatskih uslova u zasadu topola. Topola 187/188, 25-35
- Hemery, G.(2007): Short-Term Scientific Mission report for Working Group 1, COST Action E42, 73p, 2007
- Kolić B. (1975): Određivanje intenziteta osvetljenja i režima svetlosti u šumskim zajednicama stacionarnom izohelskom metodom, Ekologija Vol. 10. No 2., Beograd, 155 – 164
- Kolić B. (1977): Model radijacionog bilansa globalnog sunčevog zračenja kao funkcija relativne površine biljne mase u šumskoj sastojini, Glasnik Šumarskog fakulteta, Jubilarni broj 52, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbuti A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolstrom M., Lexer M., Marchetti M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest Ecology and Management 259 p. 698-709
- Stojanović Lj. (1991): Uticaj ekspozicije i režima svetlosti na pojavu podmlatka u smrčevim šumama na Goliji, Simpozijum Nedeljko Košanin, Ivanjica 1990, Zbornik radova, 39 - 46
- Vanwalleghem T., Meentemeyer R. (2009): Predicting forest microclimate in heterogeneous landscapes. Ecosystems 12, 1158-1172
- Wang S., Ruan H., Han Y. (2010): Effects of microcliamte, litter type, and mesh size on leaf litter decomposition along an elevation gradient in the Wuyi Mountains, China. Ecol Res 25: 1113–1120
- Xia, Y., Fabian, P. Stohl, A., Winterhalter, M. (1999): Forest climatology: reconstruction of mean climatological data for Bavaria, Germany. Agricultural and Forest Meteorology 96:117-129

Summary

MICROCLIMATIC CHARACTERISTICS IN POPLAR PLANTATIONS DURING THE DRY PERIOD OF THE 2012TH

by
Galić Zoran, Klašnja Bojana

In paper we shown a microcliamtic conditions in the poplar plantation in July and August 2012. year. Research was carried out in the years with higher mean annual air temperature in relation to normal for the period 1961-1990. In poplar plantations on the 2,0 m measurements were made by meteorological station „WS-GP1“ (air temperature, air humidity, solar radiation, wind speed and wind direction).

Analysis of microclimate conditions included analysis of temperature and relative humidity. Analysis of mean, minimum and maximum daily air temperature indicates a difference in the microclimate in the poplar plantation. In 2012. were recorded higher mean daily temperature on most days.

In the years of research increase in air temperature led to a decrease in relative humidity, and thus to unfavorable conditions for the growth of trees.

REKULTIVACIJA ZEMLJIŠTA ZAGAĐENIH PIRITNOM JALOVINOM U INUNDACIJI TIMOKA I BORSKE REKE

Galić Zoran, Orlović Saša, Vasić Verica, Ivanišević Petar, Klašnja Bojana¹

Izvod: U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti rekultivacije zemljišta koje je prekriveno piritnom jalovinom u dolini reka Timok i Borska reka. Plodno poljoprivredno zemljište na površini od oko 3000 ha je prekriveno piritnom jalovinom usled oštećenja brane na deponiji piritne jalovine u rudniku bakra „Bor“ (Istočna Srbija). Na ovim površinama istražene su osnovne fizičke (granulometrijski sastav, teksturna klasa) i hemijske osobine piritne jalovine (reakcija zemljišnog rastvora, sadržaj humusa, karbonata), kao i mikrobiološka aktivnost istih.

Rezultati istraživanja upućuju na to da se uzgojem drvenstih vrsta na piritnoj jalovini omogućava kontrola piritne jalovine i sprečava migracija vетром. Dalja istraživanja biće usmerena na proučavanje dinamike razvoja novonastalog ekosistema.

Ključne reči: *piritna jalovina, stanišni uslovi, rekultivacija*

RECLAMATION OF SOIL CONTAMINATED BY PYRITE TAILINGS IN THE BASIN TIMOK AND BOR RIVER

Abstract: This paper presents the results of research into the possibility of reclamation of soils that is covered with pyrite tailings in the river valleys Timok and Bor river. Fertile agricultural land in an area of 3000 ha is covered with pyrite tailings dam due to damage on the landfill pyrite tailings in a copper mine "Bor" (Eastern Serbia). In these areas we examined the basic physical (particle size distribution, texture class) and chemical properties of pyrite tailings (reaction of the soil solution, humus, carbonates), and microbial activity.

The results indicate that the establishing of plantation on pyrite tailings could control and prevent the migration of pyrite tailings. Further research will be focused on the study of the dynamics of development of the emerging ecosystem.

Key words: *pyrite tailings, site conditions, reclamation*

¹ Dr Galić Zoran, viši naučni saradnik, dr Orlović Saša, naučni savetnik, dr Vasić Verica, istraživač saradnik, dr Ivanišević Petar, naučni saradnik, dr Klašnja Bojana, naučni savetnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

1. UVOD

Spoljni uticaji (bilo prirodnog ili antropogenog porekla) utiču na sastav, strukturu i funkcije ekoloških sistema. Od početka industrijalizacije antropogeni uticaj prouzrokuje velike promene, odnosno poremećaje, u odnosu na prirodne ekosisteme. Termin "poremećaj" se duže vremena koristi kod ekologa (White i Piket, 1985), budući da treba da opiše više ili manje ozbiljne promene ekoloških sistema zbog spoljašnjih uticaja. Veliki poremećaji dovode do potpunog uništenja originalnog ekološkog sistema, a mogu biti prirodni ili antropogenog porekla. Rudarstvo se može smatrati kao jedan od najčešćih uticaja antropogenog faktora na ekosisteme (Voker i Villig, 1999). Aktivnostima u rudarstvu se izazivaju veliki poremećaji ili čak uništavanje zemljišta i njihovih funkcija, a time i staništa (Schaaf et al., 2004, Shaaf i Huttli, 2005).

Odlagališta jalovine u rudarstvu predstavljaju pretnju zbog: (1) nestabilne prirode, (2) lokacije (često nalazi u blizini osetljivih vodenih ekosistema), (3) velikog broja (na desetine hiljada širom sveta), i (4) nemogućnosti održavanja, a naročito posle zatvaranja kopova (ICOLD, 2001).

U tokovima Borske reke i Timoka kolaps brane 1960. godine je doveo do oslobođanja toksične jalovine u obližnju Borskiju reku, kao i deo toka reke Timok. Jalovinom je pokriveno oko 3 hiljade hektara obradive zemlje. Detaljna studija o incidentu (Antonijević, 1973; Antonijević, 1995; Martinović i Filipović, 1997; Milijić, 2000 i Marić, 2000) pokazuju stanje životne sredine posle incidenta, kao i aktivnosti u mogućnostima sanacije. Cilj ovog istraživanja je bio da se prouče svojstva oštećenih zemljišta sa aspekta mogućnosti podizanja stabilnih šumskih ekosistema, odnosno mogućnost remedijacije (biološke melioracije degradiranih zemljišta) i mikrobiološka aktivnost.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja su obavljena na reci Timok i Borska reka (Istočna Srbija). Ogledi su osnovani na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom (I) i na čistoj piritnoj jalovini (II). Tehnička rekultivacija je obuhvatila uklanjanje piritne jalovine sa kontaminiranog zemljišta.

Na oglednim površinama sa izvedenom tehničkom rekultivacijom (I) analiza je izvršena za dve vrste drveća i to: bagrem i bela topola, dok su ogledni zasadi sa više drvenastih vrsta drveća izvedeni na čistoj piritnoj jalovini (II). Na čistoj piritnoj jalovini (II) korišćene su vrste: bela vrba (*Salix alba* L.), američka crna topola (*Populus deltoides* Marsh.), domaća crna topola (*Populus nigra* L.), bela topola (*Populus alba* L.), lužnjak (*Quercus robur* L.), sibirski brest (*Ulmus pumila* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), evodija (*Euodia hupehensis*), crni bor (*Pinus nigra* L.), beli bor (*Pinus sylvestris* L.) i bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.).

U ogledima na čistoj piritnoj jalovini je ispitivano više različitih tretmana i to sa ciljem popravke pre svega vodno-vazdušnih osobina zemljišta. Tretmani su bili čist pirit (1), pirit pomešan sa humusno akumulativnim horizontom okolnog šumskog zemljišta (2), pirit u kombinaciji sa humusno akumulativnim horizontom okolnog šumskog zemljišta i stajnjakom (3), pirit sa stajnjakom (4) i pirit sa krećom (5).

Fizička svojstva zemljišta određena su po sledećim metodama (Grupa autora, 1997): granulometrijski sastav (%) po međunarodnoj B-pipet metodi sa pripremom u natrijevom pirofosfatu, a za razvrstavanje čestica granulometrijskog sastava korišćena je klasifikacija Atteberga.

Hemijska svojstva određena su po sledećim metodama (Grupa autora, 1971): humus (%) po Tjurin-u u modifikaciji Simakov-a 1957; CaCO_3 (%) volumetrijski Scheibler-ovim kalcimetrom; pH u H_2O elektrometrijski sa kombinovanom elektrodom na Radiometar pH metru; sadržaj ugljenika, azota je određen na Elementarovom CHN analizatoru.

Brojnost pojedinih grupa mikroorganizama u zemljištu je određen po metodu Pochon i Tardieux, (1962).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Karakteristike zemljišta

Pre nanošenja piritne jalovine u poloju reka Timok i Borska reka zemljišta su korišćena u poljoprivrednoj proizvodnji, a svrstavana su u tip zemljišta - fluvisol. Osnovna karakteristika fizičkih osobina fluvisola u poloju reka Timok i Borska reka je bio «lak» teksturni sastav (pesak do peskovita ilovača).

Tabela 1. Granulometrijski i teksturni sastav zemljišta na lokalitetu sa izvedenom tehničkom rekultivacijom I

Table 1. Granulometric composition and soil texture on site I with technical recultivation

Horizont Horizon	Dubina Depth	Granulometrijski sastav % Granulometric composition %							Teksturna klasa Textural class
		> 0,2	0,2 - 0,02	0,02 – 0,002	< 0,002	Ukupno Total	Ukupno Total		
		cm	mm	mm	mm	mm	mm	> 0,02	< 0,02
P	0-60	41,3	37,9	12,0	8,8	79,2	20,8	ilovasti pesak <i>loamy sand</i>	
Ab	60-85	32,7	47,8	11,5	8,0	80,5	19,5	ilovasti pesak <i>loamy sand</i>	
I	85-100	9,8	65,7	15,2	9,3	75,5	24,5	Pesk. ilovača <i>sandy loam</i>	
II	100-120	26,7	51,4	14,4	7,5	78,1	21,9	ilovasti pesak <i>loamy sand</i>	
Prosek/Average		27,6	50,7	13,3	8,4	78,3	21,7		

Posle nanošenja piritne jalovine na ova poljoprivredna zemljišta, napuštena je poljoprivredna proizvodnja i veliki deo površine je bez biljnog pokrivača. Prema Klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985) istraživana zemljišta se sada svrstavaju u tip deposola. Fizičke osobine ovih deposola ukazuju na nepovoljne vodnovazdušne osobine (teksturna klasa u proseku ilovasti pesak sa visokim učešćem frakcije sitnog peska - tabela 1 i 2), a kao ograničavajući faktori se javljaju nejednaka dubina flotacijskog materijala i izražena kiselost (Marić, 2000).

Iz navedenog razloga su ova zemljišta sa malim vodnim kapacitetom i sa vrlo izraženim deficitom vode tokom vegetacionog perioda (Živanov i Ivanišević, 1986; Ivanišević et al., 1999; Galić et al., 2000; Galić et al., 2006), što je još više izraženo na čistoj piritnoj jalovini (Marić, 2000).

Tabela 2. Granulometrijski i teksturni sastav zemljišta na čistoj piritnoj jalovini II
Table 2. Granulometric composition and soil texture on site II with pyrrhotite

Horizont Horizon	Dubina Depth	Granulometrijski sastav % Granulometric composition							Teksturna klasa Textural class
		> 0,2	0,2 - 0,02	0,02 - 0,002	< 0,002	Ukupno Total	Ukupno Total		
		cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
P	0-80	0,5	84,8	11,8	2,9	85,3	14,7		Ilovasti pesak Loamy sand

Nepovoljna stanišna svojstva su se na čistoj piritnoj jalovini pokušala ublažiti unošenjem humusnog sloja iz humusnoakumulativnog horizonta iz susedne sastojine *Querceto frainetto-cerris*. Teksturna klasa u humusnoakumulativnom horizontu je bila glinovita ilovača. Preovlađujuća frakcija je bila frakcija koloidne gline koja u zemljištu služi za vezivanje vode. Navedenim unošenjem humusnoakumulativnog horizonta su popravljene vodne osobine pirita i to u smislu veće mogućnosti skladištenja korisne vode. Međutim, kao što se vidi ni to nije bilo dovoljno budući da teksturna klasa glinovita ilovača ima nepovoljne vazdušne osobine odnosno smanjen je kapacitet za vazduh. Mešanjem teksturnih klasa pesak (pirit) i glinovita ilovača (humusnoakumulativni horizont iz šume sladuna i cera) omogućeni su povoljniji uslovi za rast drvenastih vrsta na površini sa čistom piritnom jalovinom.

Deposol zemljište na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom I je imao neutralnu reakciju zemljišnog rastvora, mali sadržaj humusa i nizak sadržaj karbonata. Piritna jalovina je imala jako kiselu reakciju zemljišnog rastvora, mali sadržaj humusa i karbonata.

Tabela 3. Reakcija zemljišnog rastvora, sadržaj humusa i karbonata na oglednim površinama

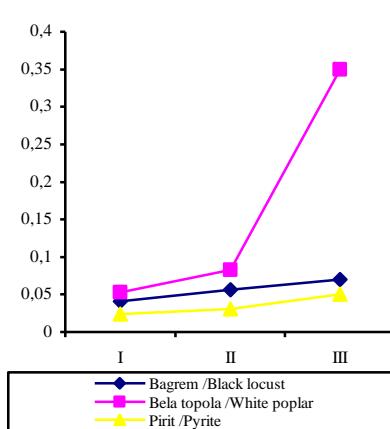
Table 3. Contents of humus, CaCO₃ and pH

Horizont Horizon	Dubina Depth	pH	Humus	CaCO ₃
Pirit sa izvršenom tehničkom rekultivacijom <i>Pyrite treated with technical recultivation</i>				
I				
P	0-80	7,04	0,90	2,52
Ab	60-85	7,07	0,48	3,37
I	85-100	7,16	0,70	5,04
II	100-120	7,20	0,89	5,04
Čist pirit <i>Pyrite</i>				
P	0-80	2,56	0,48	2,49

Sadržaj elemenata u ekosistemima onečišćenim lignitom i piritom su pod znatnim uticajem pedohemijskih procesa izazvanih oksidacijom pirita (Gast et al., 2001). Na čistoj piritnoj jalovini je utvrđeno, da je u proleće manji sadržaj azota u zemljištu, nego u jesenjem periodu (Grafikon 1). Nasuprot tome na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom, u proleće druge godine, istraživanjima je utvrđen znatno veći sadržaj azota i ugljenika (Grafikon 2).

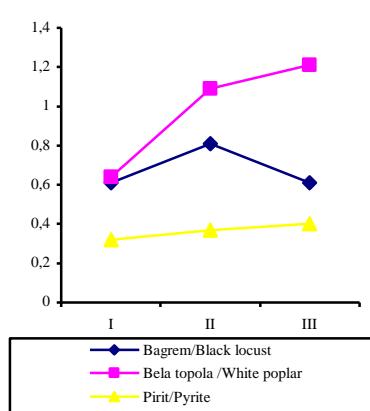
Grafikon 1. Dinamika azota u zemljištu

Graph 1. Nitrogen dynamics in soil



Grafikon 2. Dinamika ugljenika u zemljištu

Graph 2. Carbon dynamics in soil

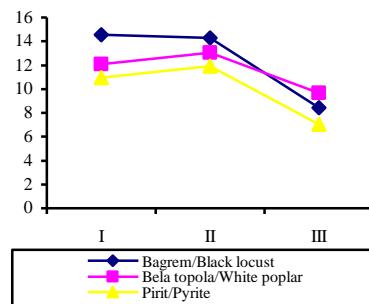


Sadržaj ugljenika na čistoj piritnoj jalovini je bio najveći u jesen. Dalje informacije o sadržaju ugljenika moguće je dobiti iz godišnjeg unosa mrtve organske materije u zemljište.

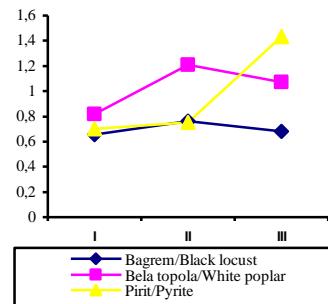
Odnos ugljenika i azota ukazuje na činjenicu da dolazi do mineralizacije organske materije na piritnoj jalovini sa tehničkom rekultivacijom I, te na čistoj

piritnoj jalovini II. Mineralizacija na čistoj piritnoj jalovini je posledica nedostatka organske materije.

Grafikon 3. Odnos ugljenika i azota
Graph 3. C/N ratio



Grafikon 4. Dinamika vodonika
Graph 4. Hydrogen dynamics in soil



Na čistoj piritnoj jalovini sadržaj vodonika ima tendenciju stalnog porasta, dok se u delu piritne jalovine sa izvršenom tehničkom rekultivacijom sadržaj vodonika neznatno menja.

Mikrobiološka aktivnost

Na osnovu dobijenih podataka o brojnosti pojedinih grupa mikroorganizama u zemljištu može se videti da azotobakter nije bio zastupljen u ispitivanim uzorcima zemljišta.

Tabela 4. Brojnost pojedinih grupa mikroorganizama u zemljištu prolećni aspekt

Table 4. Abundance of microorganisms in soil – spring

	Prisustvo azotobaktera Abundance of azotobacters 10^1 ha^{-1}	Ukupan broj bakterija Total number of bacteria 10^6 ha^{-1}	Prisustvo aminoheterotrofa Abundance of aminoheterotrophs 10^6 ha^{-1}	Prisustvo aktinomiceta Abundance of actinomycetes 10^4 ha^{-1}	Prisustvo gljivica Abundance of fungi 10^4 ha^{-1}
Piritna jalovina sa izvršenom tehničkom rekultivacijom (I) Pyrite treated with technical recultivation (I)					
Bagrem Black locust	-	24.4362	24.4362	15.5503	-
Bela topola White poplar	-	12.8824	4.2941	19.3236	2.1470
Čista piritna jalovina (II) Pyrite (II)					
Pirit Pyrite	-	2.6972	-	-	-
Bela topola White poplar	-	-	6.6093	72.7032	-

Mikrobiološkom analizom zemljišta utvrđen je najveći broj bakterija u uzorku zemljišta na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom u delu sa bagremom i iznosio je $24,4471 \times 10^6$ po gramu zemljišta dok u uzorku na čistoj piritnoj jalovini nije utvrđeno prisustvo bakterija. U ostalim uzorcima broj bakterija se kretao u granicama od $14,5825 - 4,2950 \times 10^6$ po gramu zemljišta. U uzorku sa čistom piritnom jalovinom analizom zemljišta nije utvrđeno ni prisustvo gljiva. Ovi rezultati ukazuju na to da na čistoj piritnoj jalovini nije utvrđena mikrobiološka aktivnost u prolećnom aspektu.

Na čistoj piritnoj jalovini je utvrđena slaba mikrobiološka aktivnost i u jesenjem aspektu (Tabela 5).

Tabela 5. Brojnost pojedinih grupa mikroorganizama u zemljištu jesenji aspekt
Table 5. Abundance of microorganisms in soil - autumn

	Prisustvo azotobaktera <i>Abundance of azotobacters</i> 10^1 ha^{-1}	Ukupan broj bakterija <i>Total number of bacteria</i> 10^6 ha^{-1}	Prisustvo aminoheterotrofa <i>Abundance of aminoheterotrophs</i> 10^6 ha^{-1}	Prisustvo aktinomiceta <i>Abundance of actinomycetes</i> 10^4 ha^{-1}	Prisustvo gljivica <i>Abundance of fungi</i> 10^4 ha^{-1}
Piritna jalovina sa izvršenom tehničkom rekultivacijom I <i>Pyrite treated with technical recultivation (I)</i>					
Bagrem/Black locust	47.7949	28.2424	26.0699	110.7973	43.4499
Bela topola/White poplar	-	57.3328	38.9863	96.3193	34.3997
Čista piritna jalovina II <i>Pyrite (II)</i>					
Pirit	-	-	2.2087	-	-
Bela topola/White poplar	-	1391.7525	1386.0252	57.2737	54.4100

U jesenjem aspektu u odnosu na prolećni aspekt utvrđena je veća brojnost pojedinih grupa mikroorganizama i na čistoj piritnoj jalovini (II) i na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom (I). Navedena konstatacija se odnosi na prisustvo bakterija, aktinomiceta i aminoheterotrofa. Najveća razlika se ogleda između prolećnog i jesenjeg aspekta jer nije utvrđeno prisustvo gljivica u prolećnom aspektu. Razlika je vezana za čistu piritnu jalovinu jer prisustvo gljivica nije utvrđeno ni u jesenjem aspektu. U ostalim istraživanim uslovima prisustvo gljivica se kretalo od 34.39 do $54.41 \times 10^4 \text{ ha}^{-1}$. Sadržaj aktinomiceta u jesenjem aspektu je bio veći za delove sa bagremom i belom topolom na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom u prolećnom aspektu.

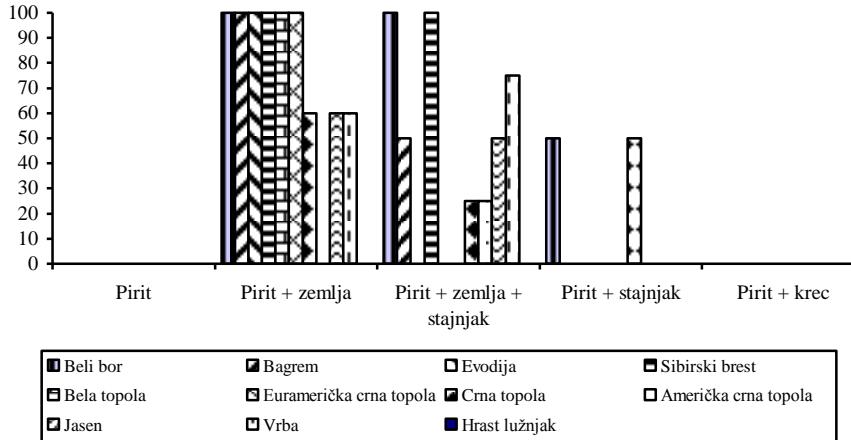
Preživljavanje sadnica na oglednim površinama

U poslednje vreme za istraživanja u "oštećenim ekosistemima" je preporučeno da se za početak uzima pozicija nula odnosno vreme nastanka onečišćenja (Huttl i Veber, 2001). Na primer, detaljna istraživanja floristički primarne sukcesije različitih ekosistema posle onečišćenja je istraživao Mueller-Dombois, (2000). Dugoročni razvoj zemljišta i ekosistema pod uslovima

onečišćenja piritnom jalovinom je slabo poznat (Gast et al., 2001). Sem toga, teško je predvideti vreme približavanja ekosistemskoj ravnoteži.

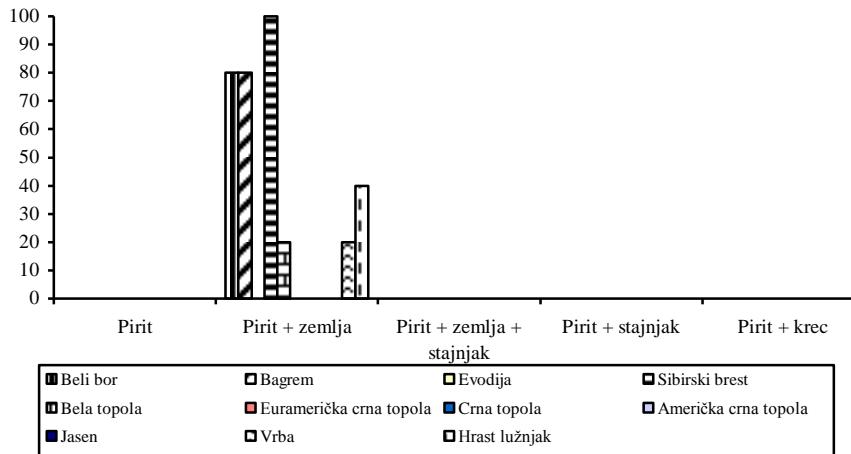
Grafikon 5. Procenat preživelih biljaka na čistom piritu posle prvog vegetacionog perioda

Graph 5. Percentage of survival plants after first year



Grafikon 6. Procenat preživelih biljaka na čistom piritu posle drugog vegetacionog perioda

Graph 6. Percentage of survival plants after second year



U proseku se najbolje pokazao tretman u kome je izvršena zamena zemljišta (Grafikon 1 i 2). U ovom tretmanu posle prvog vegetacionog perioda je opstao veći broj istraživanih vrsta dreća (beli bor, bagrem, evodija, sibirski brest,

bela topola i euramerička topola). Većina jalovina i piritišta u Nemačkoj je pošumljeno različitim vrstama borova (Gast et al., 2001). Međutim, kao što se vidi na kraju drugog vegetacionog perioda je utvrđeno da su na ove uslove staništa najbolje reagovali sibirski brest (100%), beli bor (80%) i bagrem (80%) (Grafikoni 5 i 6).

Izmena zemljišta je uslovila povoljnije uslove staništa i zbog toga je najveći uspeh utvrđen u ovom tretmanu. Slične podatke su dobili Legerwerff, (1967) i Marković et al., (1987), koji su utvrdili da bagrem uspeva sa primenom mera kalcifikacije i humizacije. Osim toga veći uspeh drvenstih vrsta kao što su: sibirski brest, beli bor i bagrem, može da se pripše i bioekološkim karakteristikama ovih vrsta. Ove vrste su pionirske i kao takve tolerišu visok stepen suvoće.

Posebno se to uočava na piritnoj jalovini sa izvršenom tehničkom rekultivacijom. Na osnovu toga, pretpostavilo se, da će i u osnovanim ogledima najbolje rezultate dati topole i vrbe. Međutim mnogo veću vitalnost su pokazale druge vrste drveća i to sibirski brest, beli bor i bagrem. Na oglednoj površini na delu gde je izvršena tehnička rekultivacija piritne jalovine najveću vitalnost pokazali su bagrem i bela topola.

Uzgojem drvenstih vrsta na piritnoj jalovini omogućava se kontrola piritne jalovine i sprečava migracija iste. Daljim radom na problemu rekultivacije je potrebno izvršiti determinaciju obima i stepena oštećenja površina prekrivenih piritnom jalovinom sa mogućnošću pronalaženja bioloških metoda rekultivacije.

4. ZAKLJUČAK

Ovim radom je bilo obuhvaćeno proučavanje mogućnosti rekultivacije oštećenih zemljišta u inundaciji reka Timok i Borska reka. Zbog dejstva antropogenog faktora, na oba lokaliteta tip zemljišta je deposol sa izrazito nepovoljnim hemijskim i vodno-vazdušnim osobinama. Reakcija zemljišnog rastvora je na čistoj piritnoj jalovini bila 2,54. U delu sa izvršenom tehničkom rekultivacijom je utvrđena neutralna reakcija zemljišnog rastvora. Vodno-vazdušne osobine zemljišta su bile uslovljene visokim sadržajem frakcije ukupnog peska, koji se odlikuje visokim kapacitetom za vazduh (smanjena mogućnost skladištenja vode). Navedena osobina naročito dolazi do izražaja tokom letnjih meseci, s obzirom na smanjenu mogućnost skladištenja lakopristupačne vode.

Iz navednog razloga, na čistoj piritnoj jalovini, osnivanju ogleda, se pristupilo sa različitim tretmanima i to sa ciljem popravke, pre svega vodno-vazdušnih osobina zemljišta, a kao najbolji, se pokazao tretman, u kome je izvršena izmena zemljišta. Na ovoj oglednoj površini najboljerezultate je pokazao sibirski brest, beli bor i bagrem. Bela topola kao vrsta koja podnosi visok stepen suvoće, u ovim stanišnim uslovima se pokazala kao znatno slabija, u odnosu na staništa u kojima se prirodno obnavlja.

U cilju što bolje procene stanišnih uslova je izvršena i analiza mikrobiološke aktivnosti na istraživanim objektima. Na čistoj piritnoj jalovini nije utvrđena mikrobiološka aktivnost ni u jednom posmatranom vegetacionom aspektu.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних и interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Antonović G. (1973): Prilog proučavanju aluvijalnih nanosa oštećenih flotacionim materijalom poreklom iz Borskog rudnika. Arhiv za poljoprivredne nauke vol. XXVI sv. 94
- Antonijević, M., Dimitrijević M., Janković, Z., Vukanović B. (1995): Mogućnost zagađivanja zemljišta i voda usled oksidacije pirita. Zbornik radova „Naša ekološka istina“ str. 91-94. Borsko jezero
- Galić, Z., Ivanišević, P., Orlović, S., Klašnja B., Vasić, V. (2000): Application of multivariate analysis in the assessment of soil productivity – ecological categories for the cultivation of black poplars, Zemljište i biljka, Vol. 49, No. 3, 149-156
- Galić Z., Ivanišević P., Orlović S., Klašnja B., Vasić V., Pekeč S. (2006): Proizvodnost tri klona crne topole u branjenom delu aluvijalne ravni srednjeg Podunavlja. Topola 177/78 p. 62-71
- Grupa autora (1971): Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga I, JGPZ, Beograd
- Grupa autora (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta, Priručnik za ispitivanje zemljišta, JDPZ, str. 278, Novi Sad
- Gast, M., Shaaf W., Scherzer J., Wilden R., Schneider B., Hutt R. (2001): Elements budget of pine stands on lignite and pyrite containing mine soils. Journal of Geochemical Exploration 73 p.63-74
- Huttl, R.F., Weber, E. (2001): Forest ecosystem development in postmining landscapes: a case study of the Lusatian lignite district. Naturwissenschaften 88, 322–329.
- ICOLD (2001): Tailings dams – risk of dangerous occurrences, lessons learnt from practical experiences. International Commission on Large Dams, Bulletin (United Nations Environment Programme) no. 121. 144 pp.
- Ivanišević, P., Galić, Z., Rončević, S., Orlović, S., Macanović, M. (1999): Osobine zemljišta u zaštitnim šumama uz odbrambene nasipe u Vojvodini, Topola 163/164: 31-40

- Lagerwerff, I.V. (1967): Heavy metal contamination of soils. Publ. Am. Ass Advemt. Sci. No 85, p. 343-346
- Marić, M. (2000): Rekultivacija zemljišta oštećenog piritnom jalovinom. Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet – Bor. Magistraski rad. str. 1-95
- Marković, N., Stevanović, D., Miladinović, M. (1987): Uticaj aerozagadjenja na kontaminaciju zemljišta u okolini Bora i način njihove rekultivacije. Agrohemija, No3, str. 233-241
- Martinović M., Filipović V. (1997): Rekultivacija starog flotacijskog jalovišta „Bor“. Zbornik radova „Naša ekološka istina“ str. 67-71, Donji Milanovac
- Milijić Z. (1997): Jalovišta rudnika bakra, njihov uticaj na životnu sredinu i metode rekultivacije. Zbornik radova „Naša ekološka istina“ str. 58-66, Donji Milanovac
- Mueller-Dombois, D. (2000): Rain forest establishment and succession in the Hawaiian Islands. Landscape and Urban Planning 51, 147–157.
- Pochon, J., Tardieu, P. (1962): Techniques d' analyse en microbiologie du sol, edit. de la Tourelle, Paris
- Schaaf W, Hüttl R (2005): Soil chemistry and tree nutrition of post-lignite-mining sites. J. Plant Nutr. Soil Sci. vol 168 p. 483-488
- Schaaf, W., Gerke, H. H., Einecke, M., Wecker, B., Hüttl, R. F. (2004): Lokale Ungleichgewichte und damit verbundene bodenchemische und -hydrologische Prozessdynamik als Merkmale des Stoffhaushalts gestörter Standorte. Cottbuser Schriften zu Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 2, 7–48.
- Walker, L. R., Willig, M. R. (1999): An introduction to terrestrial disturbance, in Walker, L. R. (ed.): Ecosystems of disturbed grounds. Ecosystems of the world 16, Elsevier, Amsterdam, pp. 1–16.
- Škorić, A., Filipovski G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Knjiga 13, Sarajevo.
- Walker, L.R., Willig, M.R. (1999): An introduction to terrestrial disturbances. In: Walker, L.R. (Ed.), Ecosystems of disturbed ground, Ecosystems of the World vol. 16. Elsevier, Amsterdam, pp. 1 – 16.
- White, P.S., Pickett, S.T.A. (1985): Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: Pickett, S.T.A., White, P.S. (Eds.), The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, New York, pp. 3 –16
- Živanov. N., Ivanišević. P. (1986): Zemljišta za uzgoj topola i vrba. In Monograph “Poplars and willows in Yugoslavia. p.p 103 - 120. Novi Sad

Summary

RECLAMATION OF SOIL CONTAMINATED BY PYRITE TAILINGS IN THE BASIN TIMOK AND BOR RIVER

by

Galić Zoran, Orlović Saša, Vasić Verica, Ivanišević Petar, Klašnja Bojana

This paper presents the results of research into the possibility of reclamation of soils that is covered with pyrite tailings in the river valleys Timok and Bor river. Fertile agricultural land in an area of 3000 ha is covered with pyrite tailings dam due to damage on the landfill pyrite tailings in a copper mine "Bor" (Eastern Serbia). In these areas we examined the basic physical (particle size distribution, texture class) and chemical properties of pyrite tailings (reaction of the soil solution, humus, carbonates), and microbial activity.

Trials were established on the pyrite tailings performed with technical reclamation (I) and on pyrite tailings (II). Chemical properties of pyrite tailings indicate extremely unfavorable chemical properties. The reaction of the soil solution was 2.54 (pH). The overwhelming fraction of the soil profile was the fine sand fraction (over 90%), resulting in an unfavorable texture class, with unfavorable characteristics of water holding. On the part of the completed technical reclamation (I) was determined neutral reaction of the soil solution.

*The best results in terms of survival shows Siberian elm (*Ulmus pumila L.*), black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) and Scots pine (*Pinus sylvestris L.*).*

The results indicate that the establishing of plantation on pyrite tailings could control and prevent the migration of pyrite tailings. Further research will be focused on the study of the dynamics of development of the emerging ecosystem.

UDK: 577.112:630*

Pregledni rad *Review paper*

MOLEKULARNI MEHANIZMI ODGOVORA DRVENASTIH VRSTA BILJAKA NA ABIOTIČKI STRES

Trudić Branislav¹, Radović Svetlana², Galović Vladislava¹, Jovanović Živko³,
Stanisavljević Nemanja³

Izvod: Sve učestalije i intenzivnije promene faktora spoljašnje sredine deluju na biljke kao stres. Suočene sa ovim promenama biljke su razvile mehanizme tolerancije i adaptacije, koji im omogućavaju opstanak. Ovi mehanizmi funkcionišu na morfološkom, fiziološkom, biohemijском и molekularnom nivou, međusobno su povezani, regulisani i usklađeni u integrисани систем odgovora na promene u životnoj sredini. Mnogi ključни regulatorni i funkcionalni molekuli koji učestvuju u odgovoru na abiotički stres su identifikovani i time je otvorena mogućnost primene novih strategija u upravljanju stresom. Tema ovog rada su molekularni i biohemski mehanizmi odgovora drvenastih vrsta biljaka na različite tipove abiotičkog stresa, sa posebnim osvrtom na topole.

Ključне reči: abiotički stres, antioksidativni sistemi, male RNK, topola, transkripcioni faktori

MOLECULAR MECHANISMS OF WOODY PLANT SPECIES ABIOTIC STRESS RESPONSE

Abstract: More frequent and more intense changes in environmental factors act as a stress on the plants. Faced with these changes, plants have developed mechanisms of tolerance and adaptation, which enable them to survive. These mechanisms operate on the morphological, physiological, biochemical and molecular level, are interconnected, regulated and coordinated in an integrated system response to changes in the environment. Many key

¹Branislav Trudić, MSc, istraživač-pripravnik, dr Vladislava Galović, naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Srbija, btrudic@uns.ac.rs

² prof. dr Svetlana Radović, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu-Biološki fakultet, Studentski trg 16, Beograd

³ Živko Jovanović, istraživač-saradnik, Nemanja Stanisavljević, istraživač-saradnik, Univerzitet u Beogradu, Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Vojvode Stepe 444a, Beograd

regulatory and functional molecules involved in the response to abiotic stress are identified, thus opening the possibility for implementation of new strategies in the stress management. This paper outlines the molecular and biochemical mechanisms of response of woody plants to different types of abiotic stress, with special emphasis on poplars.

Key words: abiotic stress, antioxidative systems, small RNA, poplar, transcription factors

UVOD

Promene spoljašnje sredine, posebno u uslovima globalnih klimatskih promena, mogu delovati na živi svet kao stres. Najvažniji faktori spoljašnje sredine koji mogu predstavljati abiotički stres za biljke su nedostatak vode (suša), toplota, hladnoća, višak soli u zemljištu, teški metali(Galović et al., 2012a, 2012b), UV zračenje, povećana koncentracija CO₂, a za drvenaste biljke i vetar kao oblik mehaničkog stresa. Hipoksija je takođe važan abiotički stres koji može da ima značajne posledice, a posebno je bitan kod topola. Osim delovanja pojedinačnih nepovoljnih faktora, biljke se suočavaju sa združenim delovanjem više faktora, kao što su suša i toplota, zaslanjenost zemljišta i povećanje temperature (multipli stresovi). Abiotički stresovi su značajni uzroci gubitaka poljoprivredne proizvodnje i prirodne vegetacije, jer uzrokuju mnogobrojne morfološke, fiziološke, biohemijeske i molekularne promene koje utiču na rast biljaka i produktivnost. Poznavanje i "upravljanje" abiotičkim stresom je posebno važno za dugoročni rast i opstanak drvenastih vrsta biljaka. Prilagođavanje biljaka na stresove iz spoljašnje sredine posredovana je i usaglašena nizom vrlo složenih signalnih puteva. Stres-osetljivi mehanizmi regulišu različite ćelijske i molekularne događaje u biljkama i ekspresiju različitih stres-tolerantnih gena. Nedavno je napravljen veliki napredak u proučavanju ove složene kaskade molekula i gena u abiotičkim i biotičkim stresnim reakcijama (Osakabe et al., 2011).

Višegodišnje drvenaste biljke su najkompleksnija i najkrupnija drvenasta forma biljaka. Ovakve životne forme ulaze u najveću količinu produkovanih asimilata u provodno i mehaničko tkivo i na taj način ostvaruju specifičnu građu nadzemnih organa i omogućavaju adekvatan promet vode od podzemnih do nadzemnih struktura i kroz njih. Stabla ovih biljaka su često veoma razgranata, visoka i debela, ponekad izuzetnih i neobičnih dimenzija (Krstić et al., 2011).

Glavna karakteristika drvenaste forme biljaka je više-manje čvrsto stablo, omogućeno stvaranjem sekundarnog ćelijskog zida između biljnih ćelija. U ovakovom ćelijskom zidu nalaze se mnogobrojne paralelne niti celuloze, povezane molekulima hemiceluloze i pektina. Dodatnu čvrstinu zidu daju polifenolne supstance tipa lignina (grč. *lignos*-drvo). Sve biljke sa drvenastim stablom nisu drveće (Krstić et al., 2011).

Vrste roda *Populus* odabrane su kao model za istraživanja drvenastih vrsta u molekularnoj biologiji i biohemiji zbog svojih karakteristika kao što su brzi rast, relativno mali genom, razvijeni eksperimentalni protokoli za transformaciju i regeneraciju *in vitro*, postojanje fizičkih i genetičkih mapa (Trudić et al., 2012).

Navedene karakteristike omogućavaju primenu savremenih metoda molekularne biologije za istraživanja fundamentalnih procesa koji su ključni za rast, razviće, odgovor na stres i produktivnost drvenastih vrsta, uključujući i primenu tehnologije rekombinantne DNK (genetičkog inženjerstva).

Prvi sekvencirani genom jedne drvenaste vrste je genom *Populus trichocarpa*. Ova vrsta ima kompaktni genom od oko 500 Mbp organizovan u 19 hromozoma (Tuskan et al., 2006; Galović i Orlović, 2007). Ovaj genom je oko 50 puta manji od genoma bora, a oko 4 puta veći od genoma *Arabidopsis thaliana*, najznačajnijeg model organizma u molekularnoj biologiji biljaka. Iako drvenaste vrste imaju svoje specifičnosti, fundamentalni mehanizmi razvića i odgovora na abiotičke faktore zajednički su za sve biljne vrste.

REGULATORI ODGOVORA DRVENASTIH VRSTA BILJAKA NA ABIOTIČKI STRES

U odgovor biljaka na stres uključeni su brojni molekularni putevi i sistemi, između kojih postoji interakcije i uzajamna delovanja. Ovi složeni putevi čine kompleksnu mrežu regulatora od percepcije stresa, preko signalnih puteva, do odgovora u vidu ekspresije odgovarajućih gena, što može rezultovati pojmom tolerancije i aklimatizacije. Iako su ključni mehanizmi odgovora na stres zajednički za sve biljke, postoje specifičnosti pojedinačnih biljaka koje uslovjavaju i specifičnosti u reakciji na stres.

Informacije o senzorima abiotičkog stresa kod biljaka su veoma ograničene. Pokazano je kod arabidopsisa da AHK1/ATK1 membranska histidin kinaza može funkcionišati kao osmosenzor (Tran et al., 2007). Ključnu ulogu u toleranciji na soli i održavanju niske koncentracije Na^+ i homeostaze jona u ćeliji ima SOS signalni put (Salt Overly Sensitive pathway), najpre okarakterisan kod arabidopsisa. Ovaj signalni put ima tri osnovne komponente: SOS1 (Na^+/H^+ izmenjivač-antiport), SOS2 (protein kinaza) i SOS3 (protein koji vezuje kalcijum). Povećanje koncentracije Na^+ u ćeliji dovodi do povećanja koncentracije Ca^{2+} koji se vezuje za SOS3, a SOS3 se potom vezuje za SOS2 i aktivira ga, tako da kompleks SOS3/SOS2 fosforiliše i aktivira SOS1 na membrani. Nedavno je prepostavljeno da SOS1 može biti novi senzor za Na^+ (Fujii and Zhu, 2009). Komponente SOS signalnog puta okarakterisane su i kod *Populus trichocarpa* (PtSOS1, PtSOS2 i PtSOS3) i pokazano je da postoji funkcionalna konzerviranost ovog puta kod zeljastih i drvenastih vrsta (Tang, 2010). Takođe je pokazano da i MAP kinazna kaskada učestvuje u prenosu signala zaslanjenosti i hladnoće (Teige et al., 2004), a SNF1 kinaze –sucrose non-fermentation 1- (SnRK1, 2 i 3) u prenosu signala osmotskog stresa i apscisinske kiseline (u daljem tekstu: ABA).

Signalni molekuli, kao što su inozitol trifosfat (IP3), diacilglicerol, inozitol heksafosfat i ROS-ovi (eng. Reactive Oxygen Species) mogu dovesti do povećanja koncentracije Ca^{2+} , koji je veoma važan sekundarni glasnik u ćeliji. Abiotički i biotički stres dovode do produkcije ROS-ova, čija povećana koncentracija takođe predstavlja oblik stresa (oksidativni stres). Jedan od najranijih signala mnogih

abiotičkih stresova upravo su reaktivne kiseonične vrste (ROS) i reaktivne vrste azota (RNS), koji mogu modifikovati aktivnost enzima i regulisati ekspresiju gena, pa se smatraju veoma važnim sekundarnim glasnicima u prenosu signala stresa (Jammes et al., 2009). ROS-ovi kao signali stupaju u interakciju sa signalima hormona (Mittler et al., 2011). Potvrđena je i uloga ROS-ova u prenosu signala osmotskog stresa kod topole (Xiao et al., 2009). Mreža signalnih molekula i prenosilaca signala treba da omogući adekvatnu ekspresiju gena, kao uslov za uspešan odgovor na stres.

Transkripcioni faktori i odgovor na stres

Nakon detekcije abiotičkog stresa jedan od načina reagovanja biljke na njega je promena u ekspresiji odgovarajućih gena. Produkti aktivnosti ovih gena mogu se podeliti na dve grupe (Shinozaki et al., 2003): prvu grupu čine regulatori ekspresije gena i signalnih puteva (protein kinaze, fosfataze, transkripcioni faktori, enzimi metabolizma fosfolipida), a drugu funkcionalni molekuli koji su direktno uključeni u tolerantnost na stres kao što su različiti antioksidanti, šaperoni, osmoprotектanti itd.

Proučavanja transkripcione regulacije dehidratacije i zaslanjenosti dovela su do otkrića tzv. ABA-zavisnog i ABA-nezavisnog puta (Yamaguchi-Shinozaki i Shinozaki, 2006). Dehidratacija ćelije u uslovima ograničenog priliva vode, dovodi do povećanja endogenog sadržaja ABA u ćeliji, što uslovjava ekspresiju ciljnih gena koji kodiraju transkripcione faktore, signalne komponente, enzime i dr. (Yamaguchi-Shinozaki i Shinozaki, 2006). Geni koji odgovaraju na ABA, uglavnom su regulisani transkripcionim faktorima tipa bZIP (AREB/ABF), koji se vezuju za ABRE *cis*-elemente u promotorima (Fujita et al., 2005). Kod ABA-nezavisnog puta ciljni geni imaju u promotorima *cis*-sekvencu DRE/CRT za koju se vezuju transkripcioni faktori ERF/AP2 tipa, kao što su familije DREB1/CBF i DREB2. DREB1 tip transkripcionih faktora je uključen u odgovor na niske temperature, a DREB2 u odgovor na dehidrataciju i povišenu temperaturu u spoljašnjoj sredini (Maruyama et al., 2004; Sakuma et al., 2006). DREB transkripcioni faktori izolovani su, osim kod arabidopsisa, i kod mnogih drugih biljnih vrsta i okarakterisana je njihova ekspresija. Tako je kod graška pokazano da ekspresiju gena *DREB2A* indukuju suša, soli, ali i ABA nakon dužeg perioda delovanja (Jovanović et al., 2011a), što uz radove drugih autora na nekim drugim biljnim vrstama ukazuje na moguću interakciju ABA-zavisnog i ABA-nezavisnog puta. Nedavno je izolovan tip DREB2 transkripcionog faktora, nazvan PeDREB2, iz *Populus euphratica* (Chen et al., 2009). Ekspresija gena za ovaj transkripcioni faktor *PeDREB2* u transgenom duvanu popravlja tolerantnost na soli. Takođe je pokazano da geni *EguCBF* iz *Eucalyptus gunii* popravljaju tolerantnost na mraz kod transgenih linija (Navarro et al., 2011). Transkripcioni faktor DREB1C uključen je u ekspresiju gena koji odgovaraju na stres suše, soli i niske temperature. Ovaj gen, fuzionisan sa promotorom gena *rd29A* arabidopsisa (ovaj gen se indukuje abiotičkim stresovima i pod kontrolom je DREB transkripcionih faktora) ubačen je u

genom *Populus x euramericana* cv. Nanlin895, čime je dobijena transformisana topola otporna na sušu i soli, bez štetnih posledica na rast biljke (Yang et al., 2009). Ovim je pokazana mogućnost primene gena za transkripcione faktore DREB familija za dobijanje transgenih topola otpornih na abiotičke stresove.

Uz navedene transkripcione faktore i mnogi drugi su uključeni u regulaciju gena koji se eksprimiraju pod uticajem abiotičkog stresa. Kod *Populus*-a su okarakterisani transkripcioni faktori DREB2A, DREB2B, MYB, koji se indukuju osmotskim stresom, AREB1/ABF2, koji se indukuju apscisinskom kiselinom i NAC, koji se indukuje sušom, solima i apscisinskom kiselinom. Pokazano je da inducibilna ekspresija DREB2A i MYB transkripcionih faktora i konstitutivna ekspresija AREB/ABF2 pozitivno utiču na toleranciju *Populus deltoides* prema suši, bez štetnih posledica na rast i prinos biomase (Campbell, 2010). Transkripcioni faktori zapravo čine mrežu čija sinhronizovana i fino regulisana aktivnost formira transkripcionu kaskadu koja dovodi do adekvatnog odgovora na promene spoljašnje sredine. Tako je ekspresija gena *DREB1A/CBF3* regulisana na transkripcionom nivou transkripcionim faktorom tipa MYC (ICE1 - INDUCER OF CBF EXPRESSION 1), a ekspresija *DREB1C/CBF2* regulisana je transkripcionim faktorom CAMTA (calmodulin binding transcription activator), čime se uspostavlja veza sa signalnim putevima kalcijuma. ZAT12 transkripcioni faktor (pripada grupi proteina sa „cinkanim prstima“ – zinc finger protein) takođe je uključen u regulaciju ekspresije *DREB/CBF* gena (Hirayama i Shinozaki, 2010). Osmotski stres dovodi do *de novo* sinteze transkripcionih faktora MYB i MYC, koji zajedno indukuju ekspresiju gena čiji su produkti direktno uključeni u odgovor na stres.

Neki od transkripcionih faktora koji su uključeni u odgovor na stres regulisani su na posttranslacionom nivou putem posttranslacionih modifikacija i obično su uključeni u brze i rane odgovore na stres. Od posttranslacionih modifikacija najzastupljenije su fosforilacija, ubikvitinacija i sumoilacija. Transkripcioni faktori ABI5 i AREB/ABF koji odgovaraju na prisustvo ABA, regulisani su fosforilacijom serina i treonina pomoću odgovarajućih protein kinaza (Kobayashi et al., 2005). DREB2 transkripcioni faktori regulisani su ubikvitinacijom pomoću DRIP1 i DRIP2 E3 ligaza, što dovodi do proteolitičke razgradnje ovih transkripcionih faktora pomoću 26S proteazoma (Qin et al., 2008). Osim transkripcionih faktora, abiotički stres, kao što je zaslanjenost, dovodi do povećanja ubikvitinacije i drugih proteina, kao i do povećanja ekspresije samog ubikvitina (Jovanović et al., 2011b). Nasuprot ubikvitinaciji, sumoilacija dovodi do aktiviranja transkripcionih faktora: pokazano je da sumoilacija transkripcionog faktora ICE1 pomoću SUMO E3 ligaze, dovodi do aktiviranja DREB1A/CBF3 transkripcionog faktora (Miura et al., 2007).

AtTFZ1 pripada *Arabidopsis Tandem CCCH Zinc Finger* familiji gena sa sledećim motivom- Cx7-8Cx5Cx3H-x16-Cx5Cx4Cx3H i ovaj transkripcioni faktor može da se veže za DNK i RNK u *in vitro* uslovima i da se kreće između jedra i određenih regiona u citoplazmi. Smatra se da je njegova uloga krucijalna u mehanizmima otpornosti različitih biljnih vrsta prema suši i drugim abiotičkim stresovima. Da bi se uopšte utvrdilo da li AtTFZ1 utiče na ekspresiju gena na

različitim nivoima, naučnici su prvo ispitali da li AtTZF1 pokazuje ikakvu aktivnost transkripcionog faktora, vezivajući se za neki DNK region u protoplastnom sistemu kvasca i kukuruza. AtTZF1 fuzioni proteini nisu mogli da pokažu očekivanu transkripcionu aktivnost u tranzijentnom ekspresionom sistemu protoplasta kukuruza. Ovakav rezultat bi mogao jednostavno da se bazira na slabom prisustvu AtTZF1 fuzionih proteina u jedru tokom sprovođenja samog eseja (Wang et al., 2008).

Rezultati dobijeni iz delecione analize AtTZF1 gena su otkrili postojanje višestrukih *signal-a za izlaz iz jedra* (eng. Nuclear Exit Signals (NESs)), predstavljajući izazov u daljoj mutacionoj manipulaciji ovih mesta bez većih rizika po (mogućoj) funkciju AtTZF1 u jedru. U cilju lokalizovanja i targetovanja veće količine AtTZF1 u jedru, farmakološki pristup tretiranja protoplasta sa inhibitorom jedarnog eksporta-leptomycin-a B (LepB) je uveden u dalje analize. Posle primene LepB, većina GFP-GAL4-AtTZF1 proteina je postalo "zarobljeno" u jedru i time dalo osnovu za dalja istraživanja njegove tačne funkcije u ćeliji tj.jedru (Lin et al., 2011).

Različiti nivoi ekspresije nekoliko klastera ko-eksprimiranih gena za metabolizam ABA (abscisinske kiseline) i GA (giberelinske kiseline) su isto tako identifikovani u AtTZF1 over-ekspresionim sistemima (OE). Ovo sugerire da bi AtTZF1 mogao uticati na ABA i GA akumulaciju u izvesnim biljnim organizma u krucijalnim stadijumima biljnog života. Merenja koncentracije hormona nisu pokazali značajne razlike u nivoima ABA i GA između divljeg tipa i biljaka koje su pokazale overekspresiju AtTZF1 i ovo bi moglo da ukaže da AtTZF1 u stvari ima direktni efekat na fiziološki odgovor ova dva hormona u biljci (Wang et al., 2008).

Uloga malih RNK u odgovoru na stres

Male nekodirajuće RNK predstavljaju veoma važnu klasu regulatora ekspresije gena eukariota i učestvuju u procesima kao što su posttranskripciono utišavanje gena (PTGS – posttranscriptional gene silencing) i transkripciono utišavanje gena (TGS – transcriptional gene silencing). Fundamentalni procesi sinteze i funkcije malih nekodirajućih RNK zajednički su za sve eukariote, ali postoje i mnogi mehanizmi specifični za vrstu organizma. Na osnovu biogeneze, male RNK su podeljene na dve glavne klase: siRNK (short interfiring RNA) i miRNK (micro RNA) (Mallory i Vaucheret, 2006). Prva klasa nastaje obradom dugačke dvolančane RNK, dok miRNK nastaje obradom jednolančanog primarnog transkripta gena za miRNK, nakon čega dobija karakterističnu sekundarnu strukturu „drška-petlja“ (double-stranded stem-loop). Kod biljaka, ove RNK, veličine 21 do 24 nt, uključene su u sve aspekte života, kao što su regulacija rasta, razvića, metabolizma, odgovor na abiotičke i biotičke stresove. Male RNK negativno regulišu ekspresiju ciljnih gena, tako što iniciraju degradaciju iRNK sa kojom imaju komplementarne sekvene. Degradacija specifične iRNK je dominantan mehanizam inhibicije ekspresije kod biljaka. Osim degradacije iRNK, inhibitorno dejstvo male

RNK ostvaruju i inhibicijom translacije, a ovaj mehanizam je kod biljaka zastavljen u manjoj meri. Najvažniji ciljni geni, čiju ekspresiju regulišu male RNK su geni za transkripcione faktore, komponente signalnih puteva i F-boks proteine.

Izolovan je veliki broj familija miRNK iz arabiđopsa, pirinča i drugih biljnih vrsta. Pored velikog broja zajedničkih, konzervisanih miRNK, postoje i familije specifične za vrstu. Ove specifične familije uglavnom su uključene u specifične procese razvića. Barakat et al., (2007) izolovali su male RNK iz listova i pupoljaka topole i tom prilikom, uz već poznate biljne miRNK, identifikovali i 48 novih miRNK koje su specifične za *Populus*. Potencijalni ciljni geni ovih *Populus*-specifičnih miRNK uključeni su u razviće i otpornost na stres. Lu et al., (2005, 2008a, 2008b) izolovali su miRNK iz *P. trichocarpa*, čija je ekspresija promenjena pod uticajem niskih temperatura, toploće, soli, dehidratacije i mehaničkog stresa. Identifikovane su i miRNK topole koje se specifično eksprimiraju u odgovoru na UV-B zračenje (Jia et al., 2009a). Ove miRNK su konzervisane i zastupljene kod mnogih drugih biljnih vrsta, ne samo drvenastih, a takođe su uključene i u druge oblike stresa kod različitih biljnih vrsta. Ciljni geni ovih UV-B-specifičnih miRNK uključeni su u regulaciju energetskog metabolizma i produkciju ROS-ova. Jedna od najpoznatijih miRNK uključenih u odgovor na abiotički stres je miR398. Ova miRNK je konzervisana i zastupljena je kod arabiđopsa, pirinča, topole. Oksidativni stres kod arabiđopsa dovodi do smanjenja ekspresije i zastupljenosti miR398, što rezultuje povećanom ekspresijom ciljnih gena, kao što je gen za superoksid dismutazu, i povećanom otpornošću na stres. Interesantno je da ABA i soli indukuju ekspresiju miR398 kod topole (Jia et al., 2009b), što ukazuje na postojanje različitih signalnih mehanizama odgovora na stres kod zeljastih i drvenastih biljaka. Kod *Populus trichocarpa* u odgovoru na bakar identifikovane su konzervisane miR397, miR398 i miR408, ali i *Populus*-specifična miR1444, što govori o konzervisanosti i diverzitetu miRNK uključenih u odgovor na povećane koncentracije bakra (Lu et al., 2011).

Kao što je već rečeno, druga klasa malih RNK, siRNK, ne nastaje transkripcijom odgovarajućih gena kao miRNK, već predstavlja proizvod specifičnog procesa degradacije dvolančanih RNK. Abiotički stresovi dovode do akumulacije novih antisens-preklapajućih transkripata, kao i transkripata sa transpozonima i pseudogena, kao izvora siRNK, što govori o ulozi ovih molekula u odgovoru na stres. Jedan od najilustrativnijih primera uloge nat-siRNK prikazan je u radu Borsani et al., (2005). Ova siRNK nastaje iz preklapajućih iRNK za Δ1-pirolin-5-karboksilat dehidrogenazu (P5CDH) i SRO5 (SIMILAR TO RCD ONE 5) i reguliše ekspresiju gena *P5CDH* i *SRO5*. Stres soli indukuje ekspresiju *SRO5* i produkciju siRNK, koja utiče na ekspresiju gena *P5CDH* i dovodi do akumulacije osmoprotectora prolina. Prema do sada dostupnim podacima, izgleda da regulatorni sistem *P5CDH-SRO5* funkcioniše samo kod arabiđopsa, a ne i kod drugih biljnih vrsta.

Fitohormoni i odgovor na stres

U nepovoljnim uslovima spoljašnje sredine (kao što su nedostatak vode, niske ili visoke temperature, visoke koncentracije soli i dr.), nivo apscisinske kiseline u biljkama se povećava. Smatra se da pad vodnog potencijala izaziva znatno povećanje propustljivosti membrane hloroplasta za ABA. Sintetisana i nagomilana ABA difunduje iz hloroplasta u citoplazmu mezofilnih ćelija i kreće se dalje kroz plazmodezme do ćelija zatvaračica, gde indukuje zatvaranje stoma (Krstić et al., 2011).

Do sada je u većem broju slučajeva utvrđena pozitivna korelacija između otpornosti biljaka prema suši i njihove sposobnosti za nakupljanje apscisinske kiseline. U novije vreme se ovom fitohormonu pridaje značajna pažnja pri selekciji biljaka na povećanu otpornost prema suši. ABA takođe ima značajnu ulogu u povećanju otpornosti prema niskim temperaturama kod biljaka, u zoni sa izraženim godišnjim dobima. Pozitivni efekti ABA na povećanje otpornosti prema izmrzavanju opisani su kod jabuke (*Pirus malus*) i javora (*Acer negundo*) (Krstić et al., 2011).

Receptori za ABA i komponente prenosa signala nedavno su identifikovani (Ma et al., 2009; Park et al., 2009). Osim ABA i drugi biljni hormoni imaju značajnu ulogu u koordinisanju odgovora na stresne faktore. To su pre svega hormoni etilen, jasmonska kiselina (JA) i salicilna kiselina (SA), za koje je pokazano da stupaju u interakciju sa signalnim putevima ABA. Etilen je uključen u odgovor na sušu, ozon, hipoksiju, toplotu, hladnoću, UV-B zračenje i povredu (Cramer et al., 2011). Poznata je interakcija između ABA i etilena u odgovoru na sušu (Yoo et al., 2009). Transkripcioni faktor MYC2 je tačka u kojoj se susreću signalni putevi ABA i JA, a ERF1 je tačka konvergencije puteva etilena i JA (Lorenzo i Solano, 2005). Aktuelna su istraživanja povezanosti i uključenosti i drugih hormona u integriran odgovor biljke na abiotičke stresove, kao i povezanosti signalnih puteva hormona i malih RNK i povezanosti odgovora na abiotičke i biotičke stresove. Tako je prepostavljena uloga MYB96 kao molekularne sprege između signala auksina i ABA, koja povezuje odgovor na sušu i formiranje bočnih korenova kod arabiđopse, kao vid adaptivne strategije (Seo, 2009).

Antioksidativni sistemi zaštite kod biljaka

Oksidativna oštećenja kod biljaka nastaju kada kapacitet antioksidativne zaštite i detoksifikacioni mehanizmi postanu slabiji u odnosu na prooksidativne procese. Kod biljaka u odbrani od oksidativnog stresa su veoma bitni neenzimatski nisko-molekulski antioksidanti, poput askorbinske kiseline (Asc), glutationa (GSH), tiola, α -tokoferola i protektivni pigmenti, kao što su karotenoidi (Rama et al., 1998; Inze et al., 1995; Tausz et al., 2003). Neenzimatski "skevinžeri" (hvatači) su esencijalni u ćelijskoj zaštiti od ROS-a, ali oni ne mogu da se u potpunosti izbore sa redukovanim oblicima kiseonika kao što su superoksid-radikal ili hidroperoksiđi (Chaudiere i Ferrari-Iliou, 1999).

U toku evolucije kod živih organizama razvili su se mnogobrojni mehanizmi enzimske antioksidativne zaštite. Oni se mogu podeliti na:

- *Primarne* – reaguju direktno sa prooksidativnim vrstama (katalaza i superoksid dismutaza),
- *Sekundarne* – regenerišu molekule antioksidanata malih molekulskih masa (askorbat dehidrogenaza i glutation reduktaza).

Najvažniji antioksidativni enzimi su: superoksid-dizmutaza (SOD: EC 1.15.1.1), katalaza (CAT: EC. 1.11.1.6), askorbat peroksidaza (APx: EC 1.11.1.11), monodehidroaskorbat reduktaza (MDAR: EC. 1.1.5.4), dehidroaskorbat reduktaza (DHAR: EC 1.8.5.1) i glutation-reduktaza (GR: EC 1.6.4.2).

Mehanizmi otpornosti drvenastih biljaka prema suši kao jednom od najvećih klimatskih faktora

Poikilohidrične biljke mogu podneti period suše tokom vegetacije smanjujući intenzitet rasta i svih fizioloških procesa na minimum, što je karakteristika mirovanja kod biljaka. Druge biljke, kao što su sukulente, temelje svoj način preživljavanja na sposobnosti tkiva da akumulira vlagu, pri čemu veliku ulogu ima vododržeća sposobnost tkiva, morfološke promene nadzemnih delova u smislu smanjivanja gubitaka transpiracijom i razvoj korena u dubinu, prema slojevima tla s više vode. Fiziološki mehanizmi odbrane od isušivanja temelje se na povećanju koncentracije osmotski aktivnih jona i molekula, tzv. osmoprotectora, koji sprečavaju dehydrataciju i denaturaciju proteina, odnosno održavaju koloidnu strukturu protoplazme. Kompatibilni osmolitici, dakle, održavaju ravnotežu vodnog potencijala unutar ćelije. Poznati molekuli koji pokazuju takvo delovanje su prolin, sorbitol, ektoin i glicin-betaein, te tzv. LEA proteini, od kojih su najpoznatiji dehydrini (DHN). Dehydrini predstavljaju grupu II (D-11 familija) LEA proteina, koji se indukuju vodnim deficitom i karakterišu se prisustvom jednog ili više motiva bogatih lizinom. Dehydrini su najpre okarakterisani kod zeljastih bijaka (Close, 1997), a potom i kod drvenastih. Liu i saradnici (2012) sistematski su okarakterisali sve dehydrine i odgovarajuće gene kod *Populus trichocarpa*. Dokazana je sinteza navedenih molekula i pri drugaćijim oblicima abiotičkog stresa, kao što je povećani salinitet u zemljištu. U novije vreme sve više dokaza upućuje na zaštitnu ulogu proolina u detoksifikaciji slobodnih kiseoničnih radikalima koji se javljaju kod oksidativnog stresa. Zaštitna uloga šećera i kalijuma, koji povećavaju osmotsku vrednost protoplazme i time povećavaju sadržaj vezane vode, značajna je i u otpornosti biljaka prema promrzavanju.

Biohemski aspekti otpornosti topola prema abiotičkom stresu

Topole (rod *Populus*) mogu akumulirati visoke koncentracije jona teških metala poput kadmijuma, nikla, cinka, bakra i olova u nadzemnim tkivima. Akumulacija jona kadmijuma u topolama je 30 puta veća u odnosu na druge drvenaste vrste, u čemu se ogleda njihova prednost u pošumljavanju izuzetno

zagađenih regiona (Katanić et al., 2006). Ove biljke poseduju efikasne mehanizme za premeštanje teških metala u nadzemna tkiva. Međutim, tačna lokalizacija teških metala, naročito cinka i kadmijuma u biljnim celijama još uvek je nepoznata u ovim vrstama (Migeon et al., 2010).

Bolu i Polle (2004) su analizirali hibride topole (*P. nigra x Alba*, INRA clon 717-1B4), dobijene mikropropagacijom, na oksidativni stres indukovani različitim koncentracijama NaCl. Došli su do zaključka da se, u uslovima visokog saliniteta, koncentracija MDA (malonil dialdehid, pokazatelj lipidne peroksidacije) počela povećavati u korenju nakon 7 dana izloženosti natrijum hloridu i bila je oko dva puta veća nego u kontrolama nakon tri nedelje. U niskim koncentracijama NaCl, u ispitivanim biljkama, aktivnost superoksid dismutaze (u daljem tekstu: SOD) se počela povećavati pred kraj eksperimenta. U visokim nivoima saliniteta, aktivnost SOD je odmah povećana, te povišen nivo bio bio stalno oko dve nedelje i pokazao rast nakon toga, što odgovara pojavi povećanja koncentracije malonildialdehida, degradaciji proteina i pojavi gubitka biomase. Međutim, vremenska zavisnost, tokom aktivnosti SOD u ovom istraživanju, pokazuje dve zasebne faze: prva faza je nagli porast SOD aktivnosti, kada oksidativna oštećenja nisu primetna, a druga faza je kada dolazi do povećanja MDA. Ti podaci pokazuju da, iako su korenovi u primarnom kontaktu sa NaCl, bolje se nose sa oksidativnim stresom nego izbojci.

Visoko i trajno antioksidativno delovanje tokom celog ispitivanog perioda zabeleženo je i u jedinkama vrste *Populus alba* L. U ovoj biljci dolazi do procesa intenziviranja lipidne peroksidacije i akumulacije slobodnog prolina, kako bi se zaštitilo lišće od oksidativnog oštećenja u sušnom periodu, naročito tokom jula meseca. *P. alba* je pokazao najviši antioksidativni kapacitet u julu mesecu, kada se pokazalo da je akumulacija antioksidativnih molekula indukovana stresogenim faktorom - sušom, najviši. Ovo je pokazatelj centralne uloge prolina u odgovoru na oksidativni stres u biljci bele topole (Štajner et al., 2011).

Uticaj taloženja jona teških metala u tlu, poreklom od bakrenih peći zatopljenje, analiziran je kroz lipidnu peroksidaciju i aktivnost antioksidativnih enzima u korenju dve vrste topole (*Populus nigra* L. i *Populus deltoides* Bartr. ex Marsch). Uzorkovana su zrela stabla, koja su rasla i razvijala se u stvarnom okruženju, veoma blizu bakrenih peći. U obe analizirane vrste, teški metali su stimulisali hiperprodukciju slobodnih radikalnih u korenju (što je dovelo i do akumulacije MDA, koji je meren), što je direktno uticalo na ubrzavanje starenja jedinki. U mladom, sitnom korenju, teški metali su smanjili aktivnost gvajakol-peroksidaze i poremetili proces lignifikacije. Nasuprot tome, aktivnosti askorbat peroksidaze i glutation reduktaze su ostale nepromenjene pod uticajem teških metala. U slučaju superoksid dismutaze, jasan porast aktivnosti enzima zabeležena je samo u *P. nigra* L. u uslovima suše, dok je aktivnost smanjena ili nepromenjena u uslovima zagadženja teškim metalima (Stobraw i Lorenc-Plucinska, 2007, 2008).

Kebert et al., (2011) su takođe vršili ispitivanje uticaja različitih vrsta i koncentracija kontaminanata na oksidativni stres nekoliko klonova topola. Oni su analizirali antioksidativni kapacitet klonova topola PE 19/66, B229 (*Populus deltoides*) i klon Pannonia (*Populus x euramericana*) u lišću, nakon tretmana teškim

metalima, herbicidima, dizel gorivima, kao i kombinacijom teških metala i dizel goriva u eksperimentalnom polju. Meren je ukupni antioksidativni kapacitet pomoću FRAP metode. Prema rezultatima, sva tri klona su pokazala povećani ukupni antioksidativni kapacitet u uslovima povećane količine zagađivača, u odnosu na kontrole.

U svojim eksperimentima, Nikolić et al., (2008) su utvrdili da je došlo do promene u antioksidativnoj odbrani i u korenju i lišću hibridne topole (*Populus nigra × maximowiczii × P.nigra var. Italica*), koja je testirana na dve koncentracije kadmijuma. Učinak na katalazu i SOD u listu bile su slične: na nižim koncentracijama kadmijuma njihove aktivnosti su povećane, a na većim koncentracijama su smanjene. Aktivnost SOD je smanjena u korenju i povećana u lišću tretiranih biljaka.

Rezultati istraživača iz Kine su pokazali da i drugi geografski faktori imaju uticaj na efikasnost odbrane vrsta *Populus* na oksidativni stres izazvan sušom. Oni su eksperimente vršili na vrstama *Populus kangdingensis* C. Wang et Tung i *Populus cathayana Rehderu*, poreklom iz različitih delova istočnih Himalaja, tj. ispitivani su tokom jednog vegetacionog perioda u stakleniku, kako bi se utvrdio uticaj progresivne stresne suše. Rezultati su pokazali da su adaptivni odgovori na ovu vrstu stresa različiti u ove dve vrste, poreklom sa različitih nadmorskih visina. Značajne promene u visinama stabla, razvoja listova, relativnom udelu vode (Relative Water Content - RWC), malonildialdehyda i vodonik peroksida su se pojavile ranije u *P. cathayana* nego u *P. kangdingensis*, dok su se promene u rastvorljivim proteinima i ugljenim hidratima, prolinu i antioksidativnim enzimima pojavile ranije u *P. kangdingensis*. *P. kangdingensis* je posedovao veće povećanje u sadržaju rastvorljivih proteina i šećera, ali znatno manje u sadržaju MDA i vodonik peroksida, u odnosu na *P. cathayana*, kada su im reznice bile izložene progresivnom sušnom stresu. Njihovi rezultati pokazuju da je *P. kangdingensis* poreklom sa više nadmorske visine otporniji na sušu nego što *P. cathayana* poreklom sa nižih nadmorskih visina (Yang i Miao, 2010).

Hea et al., (2011) su ispitivali uticaj velike količine Cd²⁺ koji se akumulira u korenju. Akumulacija Cd²⁺ je doveo do smanjenja asimilacije fotosintetskog ugljen-diokksida. Povećan nivo ROS je bio prisutan u svim tkivima, osim u kori. Za borbu protiv Cd²⁺-indukovanog superoksid-radikala i vodonik peroksida, pokazalo se da se jedinke *P. canescens* oslanjaju uglavnom na formiranje fenolnih jedinjenja, koji se najviše nakupljaju u kori, a najmanje u srži stabla. Ostali potencijalni "hvatači" slobodnih radikala, kao što su prolin, fenoli, vitamini i antioksidativni enzimi su pokazali tkivnu i vremensku specifičnost odgovora na Cd²⁺. Ovi rezultati pokazuju da su različiti delovi biljke različito sposobni da se bore protiv oksidativnog stresa indukovanih Cd²⁺, verovatno zbog različitog kapaciteta biljnih tkiva kod topola u proizvodnji zaštitnih fenolnih sekundarnih biomolekula.

Istraživanja koja su doprinela bližem razumevanju hemijskog diverziteta unutar roda *Populus* i dali doprinos karakterizaciji jedinjenja koja mogu direktno učestvovati u smanjenju oksidativnog stresa u biljci, sprovedeni su Dudonne et al., (2010). Oni su ispitivali antioksidativna svojstva sekundarnih biomolekula u vodenim

ekstraktima pupoljka crne topole (*Populus nigra*). Analize su pokazale visok sadržaj fenolnih jedinjenja i jaka antioksidativna svojstva, što je određeno ORAC testom.

Genetičko inženjerstvo i strategije upravljanja abiotičkim stresom

Sveobuhvatna analiza transkriptoma *Arabidopsis*-a i *Populus*-a olakšava da se identificuje povezanost odgovora metaboličkog sistema i uloga različitih gena među homolognim vrstama (Regier et al., 2009). Štaviše, analize transkriptoma mogu da doprinesu da se identificuju geni koji su uključeni u regeneraciju i otpornost vrsta *Populus* i time uspostave strategije za modifikaciju ključnih gena koji će ubrzati razvoj molekularne karakterizacije funkcije kodirajućeg dela genoma kod drugih drvenastih vrsta. Ove studije će takođe obezbediti mere za proizvodnju tzv. "super-drvenaste biljke", koja može posedovati više korisnih osobina, kao što je npr. otpornost na različite stresove iz neposredne okoline (Osakabe et al., 2011).

Biljni specifični GRAS/SCL transkripcioni faktori imaju različite uloge u razvoju odgovora biljke na stres (Galović et al., 2012a). SCL (ScareCrow-Like) gen *PeSCL7* iz topola je funkcionalno okarakterisan u *Arabidopsis thaliana*, naročito u pogledu njegove uloge u uslovima abiotičkih stresova. Analiza ovog gena u topolama otkrila je da postoji izrazita ekspresija *PeSCL7* gena u slučajevima suše i povećanog saliniteta, ali je isto tako potisnuta od strane giberelinske kiseline tokom regeneracije listova. Transgene *Arabidopsis* biljke koje imaju naglašenu ekspresiju *PeSCL7* su pokazale povećanu toleranciju na sušu i tretmane solima. Ovi rezultati ukazuju na to da *PeSCL7* kodira članove stres-odgovornih GRAS/SCL transkripcionih faktora koji mogu biti potencijalno korisni za genetičko inženjerstvo drveća tolerantnih na sušu i salinitet (Ma et al., 2010).

Topola transformisana genom za citosolni izozim glutamin sintetazu iz bora (GS1; pogledati NCBI: P52783) je pokazala veći stepen tolerantnosti na stres suše nego divlji tip topole. Na svim nivoima dostupnosti vode, transgeno drveće je imalo veći stepen fototsinteze i funkcionalnost stoma nego odgovarajuće kontrole. Sve linije koje sadrže GS1 su isto tako pokazale irreverzibilnu smanjenu efikasnost e- transfera na nivou antena u fotosistemu II, posle suše i tokom oporavka, ali povećani kapacitet za fotoasimilaciju transgenih topola je omogućio više uvida u foto-zaštitne mehanizme (FAO, UN, 2010).

Mlado drveće topola (*Populus deltoides*, *Dvina* i *Populus x canadensis*, I-214) je bilo uzgajano pod uslovima smanjene dostupnosti vode u zemljištu. Intenzitet stresa je praćen preko sledećih parametara: sadržaj vode u zemljištu, vodni potencijal u mladim listovima, relativni sadržaj vode u listovima, rast lišća, provodljivost lišća, maksimalna fotosinteza i maksimalno dnevno smanjenje izbojaka u visini. Posle 16 dana nakon potpunog povlačenja vode, region kambijuma je bio uzorkovan pomoću tehnike ljuštenja. Analiza transkriptata je bila sprovedena na izolovanoj RNK iz regiona kambija liofiliziranih izbojaka pomoću kvantitativnog RT-qPCR koristeći gene čija je ekspresija pokazana tokom aktiviranja dve signalne mreže usled stresa vodnog deficitta (Giovannelli et al., 2010). Rezultati su

pokazali da su pod ovim uslovima topole redukovale funkcije stoma, kako bi smanjile gubitak vode zatvaranjem stoma, što je povezano sa premeštanjem vodnih rezervi biljke iz izbojaka do lišća i primarnih meristema. Posle 16 dana odloženog navodnjavanja zemljišta, značajne promene su zabeležene između tretmana genotipova u smislu relativnog sadržaja vode u lišću, ukupni broj lišća, ukupna lisna površina i povećana dužina izbojaka. Hibrid topole I-214 je pokazao veću prilagodljivost na vodni stres nego hibrid topole Dvina. RT-qPCR analiza je pokazala razlike na nivou transkriptoma između klonova i gena uključenih u regulaciju različitih signalnih i metaboličkih mreža (Giovannelli et al., 2010).

ZAKLJUČAK

Sve učestalije i naglige promene uslova spoljašnje sredine nameću potrebu za gajenjem biljaka koje su tolerantne na različite abiotičke stresove. Pored stresova, kao što su suša, povišena temperatura, salinitet, teški metali, biljke se sve više suočavaju sa istovremenim delovanjem više nepovoljnih faktora. Zbog toga je od fundamentalnog značaja proučavanje fizioloških, biohemijskih i molekularnih mehanizama odgovora biljaka na abiotičke stresove, a posebno je važno razumevanje procesa regulacije na svim nivoima i usklađivanje odgovora.

Neki geni su jače izraženi, dok su drugi potisnuti u odgovoru na stres. Proteinski produkti stresno-indukovanih gena se često nakupljaju u nepovoljnim uslovima. Funkcije ovih proteina i mehanizmi koji regulišu njihovu ekspresiju su bili centralna istraživanja u fiziologiji stresa poslednjih nekoliko decenija prošlog i ovog veka. Većina istraživanja su bila usmerena na ulogu i dokazivanje ekspresije aktiviranih gena. Podaci ukazuju i na to da je nakupljanje produkata gena takođe uslovljeno i postranslacionim regulatornim mehanizmima, koji povećavaju količinu specifičnih iRNK, povećavaju translaciju, štite proteine ili menjaju njihovu aktivnost. Korišćenjem tehnika molekularne genetike istraživači su počeli da ispituju odgovor biljaka u vezi sa izlaganjem specifičnim stresovima.

Najbolje su proučeni mehanizmi tolerancije kod zeljastih biljaka, kao što je *Arabidopsis thaliana* i stečena saznanja se mogu primeniti i na drvenaste vrste biljaka, ali se zbog specifičnosti ovih biljaka vrše intenzivna proučavanja na vrstama roda *Populus* kao model biljkama. Akumuliranje znanja o funkcionalnim proteinima i protektivnim molekulima, o regulatorima odgovora, kao što su transkripcioni faktori, male RNK i fitohormoni, a posebno o njihovim interakcijama, pruža mogućnosti za primenu novih pristupa u borbi sa abiotičkim stresovima, kao što je genetičko inženjerstvo.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata III43007 integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014 i projekta osnovnih istraživanja 173005 za period 2011-2014, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Barakat A., Wall PK., Diloreto S., Depamphilis CW., Carlson JE. (2007): Conservation and divergence of microRNAs in *Populus*. BMC Genomics 8: 481-489
- Bolu W., H., Polle A. (2004): Growth and stress reactions in roots and shoots of a salt-sensitive poplar species (*Populus x canescens*), Tropical Ecology 45(1): 161-171, ISSN 0564-3295 International Society for Tropical Ecology
- Bonnet E., Van de Peer Y., Rouse P. (2006): The small RNA world of plants. New Phyt 171(3): 451-468
- Borsani O., Zhu J., Verslues PE., Zhu JK. (2005): Endogenous siRNAs derived from a pair of natural cis-antisense transcripts regulate salt tolerance in *Arabidopsis*. Cell 123: 1279-1291
- Campbell A. (2010): Drought response of *Populus* transformed with stress response transcription factors. Master's Thesis, University of Tennessee
- Chaudiere J., Ferrari-Iliou R. (1999): Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. Food Chem. Tox. 37, 949
- Chen J., Xia X., Yin W. (2009): Expression profiling and functional characterization of a DREB2-type gene from *Populus euphratica*. Biochem Biophys Res Commun 16: 483-487
- Close TJ. (1997): Dehydrins: a commonality in the response of plants to dehydration and low temperature. Physiol Plant 100: 291-296
- Cramer G., Urano K., Delrot S., Pezzotti M., Shinozaki K. (2011): Effects of abiotic stress on plants: a system biology perspective. BMC Plant Biol 11: 163-176
- Dudonne S., Poupart P., Coutiere P., Woillez M., Richard T., Merillon J., Vitrac X. (2011): Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Poplar Bud (*Populus nigra*) Extract: Individual Antioxidant Contribution of Phenolics and Transcriptional Effect on Skin Aging, J. Agric. Food Chem., 59, 4527–4536
- Forests and genetically modified trees, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2010
- Fujii H., Zhu JK. (2009): An autophosphorylation site of the protein kinase SOS2 is important for salt tolerance in *Arabidopsis*. Mol Plant 2: 183-190
- Fujita Y., Fujita M., Satoh R., Maruyama K., Parvez MM., Seki M., Hiratsu K., Ohme-Takagi M., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. (2005): AREB1 is a transcription activator of novel ABRE-dependent ABA signaling that enhances drought stress tolerance in *Arabidopsis*. Plant Cell 17(12): 3470-343488
- Galović V., Orlović S. (2007): Overview of DNA based studies of genetic variability in Poplars, Topola 179/180: 71-79

- Galović V., Fladung M., Szabados L., Orlović S., Trudić B. (2012a): Improving tolerance to drought and saline stresses of poplar clones using *GRAS/SCL TF*, a gene encoding a transcription factor, Book of abstracts: International scientific conference: "Forestry science and practice for the purpose of Sustainable development of forestry" Banja Luka, Republic of Srpska, BiH. pp.107
- Galović V., Szabados L., Orlović S., Fladung M., Trudić B., Pekeč S. (2012b): Platform for testing different stress inducible genes on poplars, Book of Abstracts: International scientific conference: "Forestry science and practice for the purpose of Sustainable development of forestry" Banja Luka, Republic of Srpska, BiH, pp.108
- Giovannelli A., Emiliani G., Traversi L. M., Chiarabaglio P.M., Pallara G., Racchi M. L. (2010): Effect of water deficit on wood formation of poplar clones: physiological and transcriptional analysis in cambial region, Italy, Fifth international Poplar Symposium, Poplars and Willows: from research models to multipurpose trees for bio-based society, Book of abstracts, Italy
- Hea J., Qina J., Longa L., Maa Y., Lib H., Lic K., Jiangc X., Liub T., Polle A., Lianga Z. and Zhi-Bin, Luoa (2011): Net cadmium flux and accumulation reveal tissue-specific oxidative stress and detoxification in *Populus×canescens*, *Physiologia Plantarum*
- Hirayama T., Shinozaki K. (2010): Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant J* 61: 1041-1052
- Hong-Shuang Ma, Dan Liang, Peng Shuai, Xin-Li Xia and Wei-Lun Yin (2010): The salt- and drought-inducible poplar GRAS protein SCL7 confers salt and drought tolerance in *Arabidopsis thaliana*, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 14, pp. 4011–4019
- Inze D., Van Montagu M. (1995): Oxidative stress in plants. *Curr. Opin. Biotech.* 6, 153
- Jammes F., Song C., Shin D., Munemasa S., Takeda K., Gu D., Cho D., Lee S., Giordo R., Sritubtim S., Leonhardt N., Ellis BE., Murata Y., Kwak JM. (2009): MAP kinases MPK9 and MPK12 are preferentially expressed in guard cells and positively regulate ROS-mediated ABA signaling. *Proc Natl Acad Sci USA* 106: 20520-20525
- Jia X., Ren L., Chen QJ., Li R., Tang G. (2009a): UV-B-responsive microRNAs in *Populus tremula*. *J Plant Physiol* 166: 2046-2057
- Jia X., Wang WX., Ren L., Chen QJ., Mendu V., Willcut B., Dinkins R., Tang X., Tang G. (2009b): Differential and dynamic regulation of miR398 in response to ABA and salt stress in *Populus tremula* and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol Biol* 71: 51-59
- Jovanović Ž., Stanisavljević Nj., Radović S., Mikić A., Maksimović V. (2011a): Expression profiling of DREB2A-type gene from pea (*Pisum sativum* L.). Model Legume Congress, Sainte Maxime, France, 15-19. 5. 2011. Book of Abstracts, pp.115

- Jovanović Ž., Maksimović V., Radović S. (2011b): Biochemical and molecular changes in buckwheat leaves during exposure to salt stress. *Arch Biol Sci* 63(1): 67-77
- Katanić M., Tomović Z., Pilipović A., Orlović S., Krstić B. (2006): Uticaj kadmijuma na rast izdanaka topola sekcije *Leuce* u kulturi tkiva, Topola, 177/178: 88-105
- Keber M., Trudić B., Stojnić S., Orlović S., Štajner D., Popović B., Galić Z. (2011): Estimation of antioxidant capacities of poplar clones involved in phytoremediation processes, STREPOW International Workshop, Book of proceedings, pp. 273-281
- Kobayashi Y., Murata M., Minami H., Yamamoto S., Kagaya Y., Hobo T., Yamamoto A., Hattori T. (2005): Abscisic acid-activated SNRK2 protein kinases function in the gene-regulation pathway of ABA signal transduction by phosphorylating ABA response element-binding factors. *Plant J* 44: 939-949
- Krstić B., Oljača R., Stanković D. (2011): Fiziologija drvenastih biljaka, Univerzitet u Banjoj Luci, Univerzitet u Novom Sadu
- Lin PC., Pomeranz MC., Jikumaru Y., Kang SG., Hah C., Fujioka S. (2011): The *Arabidopsis* tandem zinc finger protein AtTZF1 affects ABA- and GA-mediated growth, stress and gene expression responses. *Plant J*, 65:253-68.
- Liu C., Li CM., Liu BG., Ge SJ., Dong XM., Li W., Zhu HY., Wang BC., Yang CP. (2012): Genome-wide identification and characterization of a dehydrin gene family in poplar (*Populus trichocarpa*). *Plant Mol Biol Rep* 30: 848-859
- Lorenzo O., Solano R. (2005): Molecular players regulating the jasmonate signaling network. *Curr Opin Plant Biol* 8: 532-540
- Lu S., Sun YH., Chiang VL. (2008a): Stress-responsive microRNAs in *Populus*. *Plant J* 55: 131-151
- Lu S., Sun ZH., Shi R., Clark C., Li L., Chiang VL. (2005): Novel and mechanical stress -responsive MicroRNAs in *Populus trichocarpa* that are absent from *Arabidopsis*. *Plant Cell* 17: 2186-2203
- Lu S., Yang C., Chiang VL. (2011): Conservation and diversity of microRNAs-associated copper-regulatory networks in *Populus trichocarpa*. *J Integr Plant Biol* 53(11): 879-891
- Lu SF., Li LG., Yi XP., Joshi CP., Chiang VL. (2008b): Differential expression of three eucalyptus secondary cell wall-related cellulose synthase genes in response to tension stress. *J Exp Bot* 59: 681-695
- Ma Y., Szostkiewicz I., Korte A., Moes D., Yang Y., Christmann A., Grill E. (2009): Regulators of PP2C phosphatase activity function as abscisic acid sensors. *Science* 324: 1064-1068
- Mallory A., Vaucheret H. (2006): Functions of microRNAs and related small RNAs in plants. *Nature Genetics* 38: S31-S36
- Maruyama K., Sakuma Y., Kasuga M., Ito Y., Seki M., Goda H., Shimada Y., Yoshida S., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. (2004): Identification

- of cold-inducible downstream genes of the Arabidopsis DREB1A/CBF3 transcriptional factor using microarray systems. *Plant J* 38(6): 982-993
- Migeon A., Audinot J., Eybe T., Richaud P., Damien B., Migeonb H., Chalota M. (2010): Cadmium and zinc localization by SIMS in leaves of *Populus deltoides* (cv. Lena) grown in ametal polluted soil, *SIMS Proceedings Papers*
- Mittler R., Vanderauwera S., Suzuki N., Miller G., Tognetti VB., Vandepoele K., Gollery M., Shulaev V., Van BF. (2011): ROS signaling: the new wave?. *Trends Plant Sci* 16(6): 300-309
- Miura K., Jin JB., Hasegawa PM. (2007): Sumoylation, a post-translational regulatory process in plants. *Curr Opin Plant Biol* 10: 495-502
- Navarro M., Ayax C., Martinez Y., Laur J., El Kayal W., Marque C., Teulieres C. (2011): Two EguCBF1 genes overexpressed in Eucalyptus display a different impact on stress tolerance and plant development. *Plant Biotechnol J* 9: 50-63
- Nikolić N., Kojić D., Pilipović A., Pajević S., Krstić B., Borišev M., Orlović S. (2008): Responses of hybrid poplar to cadmium stress: photosynthetic characteristics, cadmium and proline accumulation, and antioxidant enzyme activity, *Acta biologica cracoviensia, Series Botanica* 50/2: 95–103
- Osakabe Y., Kajita S., Osakabe K. (2011): Genetic engineering of woody plants: current and future targets in a stressful environment, *Physiologia Plantarum*, 142: 105–117
- Park S., Fung P., Nishimura N. (2009): Abscisic acid inhibits type 2C protein phosphatases via the PYR/PYL family of START proteins. *Science* 324: 1068-1071
- Qin F., Sakuma Y., Tran LP. (2008): Arabidopsis DREB2A-interacting proteins function as RING E3 ligases and negatively regulate plant drought stress-responsive gene expression. *Plant Cell* 20: 1693-1707
- Rama Devi S., Prasa D. M. N. V. (1998): Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants. *Plant Sci.* 138, 157
- Regier N., Streb S., Cocozza C., Schaub M., Cherubini P., Zeeman S.C., Frey B. (2009): Drought tolerance of two black poplar (*Populus nigra* L.) Clones: contribution of carbohydrates and oxidative stress defense. *Plant, Cell and Environment* 32:1724–1736
- Sakuma Y., Maruyama K., Osakabe Y., Qin F., Seki M., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. (2006): Functional analysis of an Arabidopsis transcription factor, DREB2A, involved in drought –responsive gene expression. *Plant Cell* 18(5): 1292-1309
- Seo PJ., Fengning X., Meng Q., Ju-Yong P., Young NL., Sang-Gyu K., Yong-Hwan L., Woong JP., Chung-Mo P. (2009): The MYB96 transcription factor mediates abscisic acid signaling during drought stress response in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 151: 275-289

- Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K., Seki M. (2003): Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress responses. *Curr Opin Plant Biol* 6: 410-417
- Štajner D., Orlović S., Popović B., M., Keber M., Galić Z. (2011): Screening of drought oxidative stress tolerance in Serbian melliferous plant species, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(9), pp. 1609-1614
- Stobraw K., Lorenc-Plucińska G. (2007): Changes in antioxidant enzyme activity in the fine roots of black poplar (*Populus nigra L.*) and cottonwood (*Populus deltoides Bartr. ex Marsch*) in a heavy-metal-polluted environment, *Plant Soil*, 298:57-68
- Stobraw K., Lorenc-Plucińska G. (2008): Thresholds of heavy-metal toxicity in cuttings of European black poplar (*Populus nigra L.*) determined according to antioxidant status of fine roots and morphometrical disorders, *Science of the total environment*, 390:86-96
- Tang RJ., Liu H., Bao Y., Lv QD, Yang L., Zhang HX. (2010): The woody plant poplar has a functionally conserved salt overly sensitive pathway in response to salinity stress. *Plant Mol Biol* 74: 367-380
- Tausz M., Wonisch A., Grill D., Morales D., Jimenez M. S. (2003): Measuring antioxidants in tree species in the natural environment: from sampling to data evaluation. *J. Exp. Bot.* 54, 1505
- Teige M., Scheiki E., Eulgem T., Doczi R., Ichimura K., Shinozaki K., Dangl JL., Hirt H. (2004): The MKK2 pathway mediates cold and salt signaling in *Arabidopsis*. *Mol Cell* 15: 141-152
- Tran LP., Urao T., Qin F., Maruyama K., Kakimoto T., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. (2007): Functional analysis of AHK1/ATKH1 and cytokinin receptor histidine kinase in response to abscisic acid, drought, and salt stress in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci USA* 104: 20623-20628
- Trudić B., Galović V., Orlović S., Pekeć, S., Klaić B. (2012): Possibility for developing of poplar tolerant to drought in Republic of Serbia, Book of abstracts: 24th Session of the International Poplar Commission and 46th Executive Committee Meeting- " Improving Lives with Poplars and Willows ", Dehradun, India
- Tuskan et al. (2006): The Genome of Black Cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. And Gray), *Science*, 313, 1596-1604
- Xiao X., Yang F., Zhang S., Korpelainen H., Li C. (2009): Physiological and proteomic responses of two contrasting *Populus cathayana* populations to drought stress. *Physiol Plant* 136: 150-168
- Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. (2006): Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. *Annu Rev Plant Biol* 57: 781-803
- Yang CX., Li HG., Cheng QA., Chen Y. (2009): Transformation of drought and salt resistant gene (*DREB1C*) in *Populus x euramericana* cv. Nanlin 895. *Scientia Silvae Sinicae* 45(2): 17-21

- Yang F. and Miao L.F. (2010): Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. *Silva Fennica* 44(1): 23–37
- Yoo SD., Cho Y., Sheen J. (2009): Emerging connections in the ethylene signaling network. *Trends Plant Sci* 14(5): 270–279
- Wang D, Guo Y, Wu C, Yang G, Li Y, Zheng G. (2008): Genome-wide analysis of CCCH zinc finger family in *Arabidopsis* and rice. *BMC Genomics*, 9:44.

Summary

MOLECULAR MECHANISMS OF WOODY PLANT SPECIES ABIOTIC STRESS RESPONSE

by

Trudić Branislav, Radović Svetlana, Galović Vladislava, Jovanović Živko, Stanisavljević Nemanja

Abiotic stresses are major causes of loss of agricultural production and natural vegetation, because they cause many morphological, physiological, biochemical and molecular changes that affect plant growth and productivity. Knowledge about and "management" of abiotic stresses are especially important for long-term growth and survival of woody plant species World-wide. Adaptation of plants to stresses from the environment is mediated by a series of highly coordinated and complex signaling pathways. Stress-sensing mechanisms regulate different cellular and molecular events in plants and the expression of various stress-tolerant genes.

*Species of the genus *Populus* have been chosen as a model for the study of woody species in molecular biology and biochemistry because of its characteristics such as rapid growth, relatively small genome, developed experimental protocols for transformation and regeneration in vitro etc. Characteristics mentioned above make the use of modern methods of molecular biology to study the fundamental processes that are essential for growth, development, stress response and productivity of tree species, including the application of recombinant DNA technology (genetic engineering).*

*The first sequenced genome of a woody species is *Populus trichocarpa* genome. The genome is about 50 times smaller than the genome of pine, about 4 times larger than the genome of *Arabidopsis thaliana*, the most important model organism in plant molecular biology. Although woody species have their own specifics, the fundamental mechanisms of development and response to abiotic factors are in majority common to all plant species. After detection of abiotic stress, one way of plants reaction to it is a change in the expression of the corresponding genes. Products of the activities of these genes can be divided into two groups: the first group consists regulators of gene expression and signaling pathways (protein kinases, phosphatases, transcription factors, enzymes of metabolism of*

phospholipids), and others are functional molecules that are directly involved in tolerance to stress, such as various antioxidants, chaperones, osmotic protectants etc.

Some of the transcription factors involved in stress response are regulated at a posttranslational level through post translational modifications and are usually involved in the early and rapid responses to stress. The most common post translational modifications are phosphorylation, ubiquitination and sumoilation. Small non-coding RNAs are an important class of regulators of gene expression in eukaryotes and involved processes, such as post-transcriptional gene silencing and transcriptional gene silencing. Fundamental processes of synthesis and function of small non-coding RNA are common to all eukaryotes, but there are many mechanisms specific to the type of organism. Based on the biogenesis, small RNAs are divided into two main classes: siRNK (short interfiring RNA) and miRNA (micro RNA). In addition to the abscisic acid (ABA) and other plant hormones play an important role in coordinating the response to the stressful events. These are primarily hormones like ethylene, jasmonic acid (JA) and salicylic acid (SA) and have been shown to interact with the ABA signaling pathways. Ethylene is involved in the response to drought, ozone, hypoxia, heat, cold, UV-B radiation and injury.

Poplars can accumulate high concentrations of heavy metal ions such as cadmium, nickel, zinc, copper and lead in the aboveground tissues. Accumulation of cadmium ions in the poplar is 30 times higher than other woody species, which is reflected in their advantage in the highly polluted regions afforestation. However, the exact localization of heavy metals, especially zinc and cadmium in plant cells is still unknown in this species. In those and other related abiotic stress conditions, poplars showed acceptable antioxidative answer, suggesting being a recognized source of various antioxidant molecules-phenolics, vitamins, enzymes etc.

Comprehensive transcriptome analysis of Arabidopsis and Populus is easier to identify the connection between the metabolic response of the system and the role of homologous genes among different species. Moreover, transcriptome analysis can contribute to identify genes involved in resistance and regeneration of Populus species, thereby establishing strategies for the modification of key genes that will accelerate the development of molecular characterization of the functions of the genome coding for other tree species. These studies will also provide measures for the production of so-called "super-tree" which may have several useful features, such as resistance to various stresses in nearby environment.

UNUTARLOKUSNI POLIMORFIZAM *SORBUS SPP.* NA TERRITORIJI REPUBLIKE SRBIJE

Galović Vladislava¹, Orlović Saša¹, Trudić Branislav¹, Pekeč Saša¹, Vasić Sreten¹

Izvod: Genus *Sorbus* sa svim svojim predstavnicima je morfološki divergentan, te je moguće na osnovu fenotipskih karakteristika odrediti taksonomsku pripadnost jedinki unutar jedne populacije na određenom lokalitetu. Predstavnici roda su karakteristični za šumski biodiverzitet Republike Srbije, mada se mogu naći i kao soliterne jedinke na određenim staništima različitog stepena pošumljenosti. Oskoruša (*Sorbus domestica*), brekinja (*S. torminalis*), mukinja (*S. aria*) su predstavnici roda *Sorbus* koji se mogu naći na teritoriji južne, jugoistočne i centralne Srbije i koje imaju primenu u ljudskoj ishrani. Takođe su poznati po jedinstvenoj vrsti drveta za izradu alata, ogreva, nameštaja, instrumenata itd.

U radu je analiziran intralokusni polimorfizam uzorkovanih jedinki roda *Sorbus* sa 7 lokaliteta Republike Srbije- Bukovik I i II, Razni lokaliteti (teritorija koju određuju tačke- Bor, Čačak, Novi Pazar, Raška), Orovica, planina Kopaonik, Roška Banja i Žirave. Ova vrsta analize je bila neophodna da bi se utvrdio unutarpopulacionog diverziteta na nivou analiziranih lokusa (MSS1, MSS6, MSS9, MSS13 i MSS16) koji predstavljaju karakteristične polimorfne markere. Rezultati su pokazali da postoji visok stepen alelnog polimorfizma unutar MSS16 lokusa i da postoje signifikantne razlike između samih populacija (Bukovik I i II najmanja vrednost alelnog polimorfizma $P_{asr}=26$; uzorci uzeti sa raznih lokaliteta-najveća vrednost alelnog polimorfizma $P_{asr}=66$, 8). Dobijeni rezultati predstavljaju svojevrsnu platformu za razvijanje daljih molekularno-genetičkih analiza roda na teritoriji Srbije, radi očuvanja genofonda I prirodnog biodiverziteta roda *Sorbus*.

Ključne reči: aleli, lokusi, *Sorbus spp.*, polimorfizam, populacije

INTRA-LOCI POLYMORPHISM OF *SORBUS SPP.* ON THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SERBIA

Abstract: Genus *Sorbus*, with all its representatives, is morphologically divergent, and it is possible on the basis of phenotypic characteristics to determine the relative taxonomic background of individuals within a population in a particular locality. Representatives of the genus are characteristic of forest biodiversity of Serbia, although they can be found as solitary individuals in certain habitats of various degrees of forestation. The service tree

¹ Dr Galović Vladislava, naučni saradnik, dr Orlović Saša, naučni savetnik, dipl. biol. Trudić Branislav, istraživač saradnik, dr Pekeč Saša, naučni saradnik, dipl. ing. Vasić Sreten, tehnički saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

(*Sorbus domestica*), The wild service tree (*S. torminalis*), The whitebeam (*S. aria*) are the names of the representatives of the dominant species of genus *Sorbus* which can be find in the territory of southern, southeastern and central Serbia, and which are used in human nutrition, as well as a unique species wood for making different instruments, materials, fuel, furniture, tools, etc.

In our study we analyzed the intra-loci polymorphism in the genus *Sorbus* specimens sampled from 7 localities of the Republic of Serbia- Bukovik I and II, Various locations (the territory of which is determined by the point-Bor, Čačak, Novi Pazar, Raška), Orovica, Kopaonik mountain, Roška and Spa Žirave. This type of analysis was necessary to determine the initial stage intrapopulation diversity at the level of the analyzed loci (MSS1, MSS6, MSS9, MSS13 and MSS16), which are characteristic polymorphic markers. Our results showed that there is a high degree of allelic polymorphism within certain loci (MSS16) and that there are significant differences between the populations themselves (Bukovik and second lowest value of allelic polymorphism Pasr = 26; samples taken from various locations (Bor, Čačak, Novi Pazar, Raška) are of the largest value of allelic polymorphism Pasr = 66, 8). The results represent a platform for further development of molecular genetic analysis of the genus in Serbia, in order to preserve the gene pool and for breeding purposes.

Key words: alleles, loci, *Sorbus* spp., polymorphism, populations

UVOD

Rod *Sorbus* (ime: odnosi se na ukus plodova) (fam. *Rosaceae*) obuhvata preko 80 listopadnih vrsta drveća i žbunja severne hemisfere. Lišće im stoji naizmenično, prosto ili neparno perasto. Cvetovi su raspoređeni u gronjama. Prividni plod je raznih boja (J o v a n o v i č, 1991).

Predstavnici roda *Sorbus* su pionirske vrste, sa širokom ekološkom valencom. To su polusciofitne vrste, koje u mladosti dobro podnose prostore sa malo prirodnog osvetljenja, a kasnije tokom rasta i razvića, zahtevaju dosta svetla (slika 1.). Spadaju u termofilne do mezofilne vrste dosta otporne na sušu, hladnoću i kasne prolećne mrazove. U našim šumama su sporedne vrste, koja doprinosi biodiverzitetu, stabilnosti sastojine, pruža fizičku potporu glavnim vrstama drveća i doprinosi poboljšanju kvalitetu tla. Vrlo je osetljiva na kompeticiju ostalih vrsta u zajednici, te su za njen uspešan razvoj neophodne prikladne uzgojne mere. Stabla u seni rastu sporo, no u optimalnim svjetlosnim i drugim stanišnim uslovima, raste brže od hrasta. Doživi starost oko 100 godina, a prema nekim izvorima i preko 200 godina (Jovanović, 1991; Nelson-Jones et al., 2002, Demesure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004). Drvo dobijeno od *Sorbus* vrsta je sitnozrno, vrlo gusto i ima dobru otpornost na savijanje. Ova visoko cenjena karakteristika drveta se koristi u industriji nameštaja, izradi bilijarskih štapova, buradi u vinskoj industriji i izradi različitih muzičkih instrumenata. Takođe, drvo dobijeno iz stabala ovih vrsta je jedno od najvrednijih tvrdih drveta u Evropi i od 1990-ih, njihova eksploatacija je u izuzetnom porastu (Nelson-Jones et al., 2002; Demesure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).

U zapadnoj Evropi su prijavljene vrlo visoke cene koje postiže drvo *Sorbus spp.*, a kao posledica toga, dolazi do intezivnog iskorišćavanja sa malo brige o kvalitetnoj obnovi te plemenite vrste (Nelson-Jones et al., 2002; Demesure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).

Puni urod je svake dve godine ili tri puta u četiri godine, a u sastojini plodonose stabla koja imaju osvetljenu krošnju. *Sorbus spp.* ima jaku izbojnu snagu iz korena i u prečniku oko matičnog stabla se mogu naći biljke istoga genotipa. Takav način vegetativnog razmnožavanja čest je kod potisnutih, zasenjenih stabala (Nelson-Jones et al., 2002, Demesure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).



Slika 1. *Sorbus spp.*-izgled cele biljke (preuzeto sa: <http://sophy.u-3mrs.fr/photohtm/SI4996.HTM>, 31.10.2012.)

Picture 1. *Sorbus spp.*-the look of the whole plant (taken from: <http://sophy.u-3mrs.fr/photohtm/SI4996.HTM>, 31.10.2012.)

Predstavnici roda *Sorbus* koji su karakteristični za diverzitet Republike Srbije

Sorbus domestica L.- Oskoruša je submediteranska vrsta sa severnom granicom u južnoj Švajcarskoj, južnom Tirolu i južnoj Mađarskoj. Izraste u drvo visoko do 20 m i staro do 500 godina. Kod nas se javlja u pojasevima hrastova, npr. u šumama sladuna-cera. Često je gajena kao zimska voćka. Ima dosta jaku izdanačku snagu iz panja. Predstavlja vrstu svetlosti i dobrog, plodnog zemljišta (Jovanović, 1991).

Brekinja (tačan taksonomski naziv: *Sorbus torminalis* L. (Crantz)) je diploidna vrsta ($2n = 2x = 34$ TT (Bailey et al., 2008)). Ova vrsta se može ukrštati sa još najmanje dve druge vrste iz roda *Sorbus*: *Sorbus aria* (mukinja-kod nas se javlja obično na karbonatnim zemljиштima, na stenovitim terenima u pojasevima bukva-jela, ali i niže (Jovanović, 1991)) i *Sorbus aucuparia* ($2n = 2x = 34$ BB (Bailey et al., 2008)) (jarebika-ima izvesne morfološke sličnosti sa oskorušom, ali se ekološki bitno razlikuju i uspeva u visoko-planinskim predelima bukva-jela (Jovanović, 1991)). Hibridizacija sa *Sorbus aria* se posebno vrši tamo gde se staništa te dve vrste preklapaju. Većina tih hibrida su triploidi (*S. bristoliensis*: $2n = 3x = 51$ AAT (Bailey et al. (2008))) a neke od njih (uglavnom *Sorbus latifolia* vrsta) su tetraploidi ($2n = 4x = 68$ AATT (Bailey et al., 2008)). Tako nastali hibridi se reprodukuju putem apomiksisa. Ovu vrstu karakteriše i brzorastuće stablo, koje dostiže maksimalnu visinu oko 80.-100. godine, kada su 20-25 m visoka i sa deblima 50-70 cm u prečniku. Izuzetni primerci stabala mogu narasti do 30 m visine i biti 1 m u prečniku, kada su oko 200 godina stari (Demessure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004). Za ostale hromozomske formule i mape predstavnika roda *Sorbus*, preporučljivo je pogledati Bailey et al., (2008).

Brekinja daje hermafroditne cvetove i spada u retke vrste, koja se opravičuje insektima i drugim životinjama i od velikog je uzgojnog interesa (Demessure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004). Prirodna distribucija ove vrste je uglavnom u delovima južne Evrope, na području Balkana i Apenina, u istočnoj Španiji i južnoj Francuskoj. Na istoku su registrovane individue ove vrste na poluotoku Krima i u Maloj Aziji. Srednje-centralna distribucija je registrovana u južnoj Nemačkoj, donjoj Austriji i na jugu Slovačke (Rotach, 2003). Brekinja favorizuje duboko i plodno tlo, ali može tolerisati veliki broj tipova tla, od karbonatnog, preko suvih do privremeno plavljenih. Ove vrste se mogu prilagoditi različitim klimatskim uslovima, ali se najčešće javljaju u nizijskim delovima zemlje sa umereno kontinentalnom klimom. *Sorbus torminalis* (brekinja) je često ugrožena od strane drugih vrsta, npr. bukve. Kada je prekrivena stablima i krošnjama drugih visokorastućih vrsta, *Sorbus spp.* brzo slabi. Vrste koje spadaju u rod *Sorbus*, spadaju u post-pionirske vrste i one se mogu naći kako rastu kao manje komponente hrastovih i bukovih šuma. Lako i brzo kolonizuju šumske čistine i šume male gustine, zahvaljujući velikoj disperziji semena (Demessure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).



Slika 2. *Sorbus torminalis* L. vrsta u vreme cvetanja (preuzeto sa: <http://sophy.u-3mrs.fr/photohtm/SI4996.HTM>, 31.10.2012.)

Picture 2. *Sorbus torminalis* L. species in the time of flowering (taken from: <http://sophy.u-3mrs.fr/photohtm/SI4996.HTM>, 31.10.2012.)

Sve navedene vrste ovog roda se izuzetno cene u lovstvu, jer daju plodove različitih boja i hranjivog sastava i stoga privlače mnoge vrste ptica i sisara. Plodovi se takođe koriste za proizvodnju likera i drugih alkoholnih i konditorskih proizvoda, naročito u Nemačkoj, Austriji i Slovačkoj (Demasure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).

Genetička istraživanja roda *Sorbus*

Genetičke analize na regionalnim i višim geografskim nivoima su dale razne podatke o biodiverzitetu unutar populacija ovog roda, zahvaljujući upotrebi nuklearnih i molekularnih markera. Nivo razlika između populacija posmatran sa aspekta citoplazmatskih markera je bio iznenađujuće nizak u poređenju sa drugim evropskim širokolisnim vrstama. Za brekinju, protok gena među jedinkama u okvirima iste populacije je bio jednak zastupljen i preko polena i preko semena. Obrasci genetske raznolikosti na taj način ukazuju da je mnogo češće rasejavanje polena i semena na malim udaljenostima među stablima, kao što je i kod većine biljnih vrsta i da će rasejavanje na velike udaljenosti retko uticati na dugoročnu dinamiku genetske raznolikosti u ovim vrstama. To može biti opšti trend kod vrsta kod kojih se javlja kombinacija osobina kao što su dobra sposobnost rasejavanja i dinamika naseljavanja novih staništa. Studije na hloroplastnoj DNK (dezoksiribonukleinske kiseline) u evropskim razmerima su otkrile slabe filogeografske veze. Razlike u frekvencijama haplotipova, posmatrane između zapadnih i istočnih delova Evrope, može ukazivati na prisutnost različitih staništnih

uslova u Evropi u periodu zadnje glacijacije (Demasure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004; Demasure et al., 2000).

Sorbus vrste su osetljive na intenzivnu interspecijsku kompeticiju i na antropogeni ekološki faktor. Stoga postoji visok rizik od ugrožavanja diverziteta ovih vrsta u gustim, visokim šumama koje sadrže visok udeo dugotrajnih vrsta. Visok nivo interspecijske konkurenkcije bi mogla sprečiti proces regeneracije i dovesti do lokalnog izumiranja *Sorbus* vrsta. Kao i kod većine šumskog drveća, fragmentacija prirodnog staništa oskoruše može izazvati snažan pad genetske raznolikosti kroz smanjenje broja jedinki, čime bi se naglo redukovao i protok gena unutar populacija. Fragmentacija staništa može dovesti do uništenja šuma ili ako upravljanje šumama nije usmereno u korist *Sorbus* vrsta. Inače se šume sastavljene od pretežno *Sorbus* vrsta karakterišu niskom gustinom na jedinici staništa i ovo se može izbeći prikupljanjem i sadnjom alohtonih semena dobijenih iz ograničenog broja nepoznatih stabala *Sorbus* jedinki (Demasure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004, Demasure et al., 2000)

MATERIJAL I METODE

U tabeli 2. se može videti broj uzoraka uzetih sa svakog od lokaliteta. Našom genetičkom analizom je obuhvaćeno pet lokusa za koje se smatralo da mogu dati pouzdane podatke o genetičkom biodiverzitetu među jedinkama roda *Sorbus* uzetih sa različitim lokaliteta širom Srbije. Pretpostavka o pouzdanosti primenjenih markera je proistekla iz studije Oddou-Muratorio et al., koja je objavljena 2001. godine gde su autori izvestili o kloniranju i karakterizaciji 9 parova prajmera iz drvenaste vrste *Sorbus torminalis* i pokazali njihov pun potencijal za dalju upotrebu u 36 vrsta iz Rosaceae podfamilije- Maloideae, koja obuhvata važne voćkarice i ukrasne vrste. Ovi prajmeri su dizajnirani iz nukleotidne biblioteke konstruisane iz genomske DNK (dezoksiribonukleinske kiseline) *S. torminalis*. Od navedenih 9, odabранo je i analizirano 5 najpolimorfnih lokusa razvijenih za *S. torminalis*: MSS1, MSS6, MSS9, MSS13 i MSS16 (Tabela 1). Broj uzoraka predstavlja i broj jedinki koje su pronađene upravo na tim lokalitetima i time je pokriven većinski prirodni genofond sa svakog od lokaliteta.

Uzorkovane su mlade grančice sa lisnim pupoljcima. U laboratoriji Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu je rađena dalja obrada uzorka i izolacija genomske DNK iz linih popoljaka, koji su pre izolacije bili sušeni na 35 stepeni celzijusa preko noći. Dalje je suvi biljni materijal (0,5-1g po uzorku je uzeto) usitnjen na Retsch homogenizatoru u sterilnim Eppendorf tubicama, zapremine 1,5 ml. Izolacija genomske DNK je rađena standardnim protokolom za biljni materijal *Sorbus* jedinki po Oddou-Muratorio et al., (2001a). Čistoća i prinos izolovane genomske DNK je proverena spektrofotometrijski na Shimadzu Biospec Nano aparatu, na A=260nm i A=280 nm a vizuelno je potvrđen elektroforetski na 1% agaroznom gelu, u 0,5 × TBE puferu.

Tabela 1. Karakteristike pet *Sorbus torminalis* lokusnih prajmera, sa veličinom PCR produkta u baznim parovima sekvenciranog lokusnog prajmera i podacima aniling temperature i EMBL pristupnim brojem (Oddou-Muratorio et al., 2001)

Table 1. Characteristics of five *Sorbus torminalis* primer-loci, with PCR product size (bp) of the sequence, with also optimal annealing temperature (Ta) and EMBL accession number (No) (Oddou-Muratorio et al., 2001)

Lokus Locus	Sekvence prajmera Primer sequences	Veličina Size (bp)	Opseg veličine Size range	Temperatura anilinga Aniling temperature Ta (°C)	Pristupni broj u EMBL Accession number in EMBL
MSS1	ATGTTCGGTAGTCATCCCT GCTCAGATAGCCACTCCCC	162	150-174	59	AJ313035
MSS6	CGAAACTCAAAAACGAAATCAA ACGGGAGAGAAACTCAAGACC	258	252- 332	56	AJ313039
MSS9	AAGTTTCAAGCCATTTCATT CTTCACCATTTGTTGTGTGT	216	216-256	57	AJ313040
MSS13	TATGCGTCTTCCATTCCG GCGTTGACTCACTCAGATTG	250	252- 266	56	AJ313042
MSS16	CTCCCCCTGTGTGATGCC TTGCCCTCAAAGAATGCC	186	154-210	57	AJ313043

Protokol za pripremu PCR master mix-a i postavljanje reakcije je urađena po protokolu Oddou-Muratorio et al., 2001. Nakon što je utvrđeno postojanje lokusa u određenim uzorcima, 15 µl PCR produkta svakog uzorka je pripremljeno u sterilne mikrotitar ploče. Analiza alelne polimorfnosti je urađena na MultiNA Bioanalyzer-u na Institutu za nuklearna istraživanja, Vinča, Beograd.

REZULTATI I DISKUSIJA

Istraživanja sa aspekta populacione genetike na predstavnicima roda *Sorbus* počeo je tek nedavno. Do danas, dostupni rezultati se temelje na istraživanjima neutralnih molekularnih markera. Ova istraživanja su dala prve uvide u pravi biodiverzitet i srodnicike odnose među vrstama *Sorbus* roda. Do sada se pokazalo da je ukrštanje između divlje oskoruše *S. domestica* L. (kao otac-biljke) i *S. aria* L. (kao biljka-majka) najzastupljenije kako u prirodnim, tako i u veštačkim uslovima, za potrebe selekcionisanja i fundamentalnih istraživanja srodničkih odnosa. Do sada se

pokazalo da protok gena među vrstama ne bi trebao značajno da utiče na fenotipski diverzitet na nivou vrste divlje oskoruše. Stopa samooplodnje kod divlje oskoruše se procenjuje da je manja od 1% u prirodnim staništima prilikom nastajanja potomstva i predstavlja promenljivi faktor preko majke-stabla. Ovako vrlo nisku stopu samooplodnje delimično podržava hipoteza o delimičnoj genetičkoj inkompatibilnosti reproduktivnih ćelija u okviru vrste *Sorbus aucuparia* (Raspeâ et al., 2000). Obrasci mobilnosti polena divlje oskoruše pokazuju dva glavna trenda: prisutno je parenje između susednih stabala, zbog lokalnog raspršivanja polena na nivou stablo-stablo i trend oprasivanja na nivou velike udaljenosti među stablima (dokumentovani su slučajevi polinacije na udaljenosti čak i na 2,5 km) (Demesure et al., 2000).

Međutim, polinacija vетром najčešće nije dovoljna i stoga oprasivanje pomoću pčela i drugih socijalnih insekata je neophodno i u prirodnim staništima oskoruše je veoma često. Bumbari spadaju u vrstu socijalnih insekata koji su spremni da pređu i po nekoliko kilometara kako bi pronašli izvor hranjivog nektara sa *Sorbus* vrsta i ujedno oprasili jedinke (Demesure et al., 2000).

Uz pomoć mofoloških karakteristika utvrđeno je da analizirane jedinke pripadaju svakako rodu *Sorbus*, što je potvrđeno i literaturnim navodima (Jovanović, 1991). U tabeli 2. su predstavljeni rezultati fragmentne (alelne) polimorfne analize *Sorbus spp.* sa različitim staništa R Srbije- Bukovik I i II, Razni lokaliteti (Bor, Čačak, Novi Pazar i Raška), Orovica, planina Kopaonik, Roška Banja i Žirave. Na osnovu tabele 2. se mogu sagledati genetička srodnost ili udaljenost *Sorbus spp.* u okviru lokaliteta i između populacija. Iz tabele se direktno može videti različita distribucija alela po lokusima u okviru staništa, kao i na različito brojčano stanje alela u okviru lokusa. Prosečni broj lokusa po alelu može dati prvi dublji uvid u polimorfnost u okviru genskih lokusa na različitim staništima. Alelni polimorfizam je najveći u okviru jedinki uzorkovanih sa raznih lokaliteta na teritoriji Srbije ($P_{asr}=66,8$), a najmanji je registrovan na teritorijama Bukovik I i II (za oba je isti: $P_{asr}=26$). Rezultati za uzorce uzetih sa različitim lokalitetima može ukazati da što je populacija više fragmentirana, može doći do većeg ukrštanja i razmene genetičkog materijala, preko insekata, sisara i drugih životinja, pa i ljudi, što može i prouzrokovati visoku intralokusnu polimorfnost. Sa druge strane, treba uzeti u obzir i tzv. "efekat malih populacija" za koje je karakteristično da tokom filo- i ontogeneze genetički divergiraju i postanu nosioci novih, polimorfnijih lokusa sa većim brojem ili drugačijom nukleotidnom dužinom alela. Ove uzorce smo posmatrali kao delove jedinki koje pripadaju jednoj fragmentiranoj metapopulaciji, s obzirom da se nalaze na objedinjenom geografskom području- areal centralne Srbije- Bor kao najistočnija tačka, Čačak-najsevernija, Novi Pazar kao najjužnija, sa Raškim okrugom u sredini.

Lokalitet Žirave je takođe pokazao relativno nizak polimorfizam na nivou alela po lokusu i on iznosi $P_{asr}=36,2$. Ostali lokaliteti (Kopaonik, Orovica, Roška Banja) su pokazali srednju distribuciju polimorfnosti alela, s obzirom da su njihove vrednosti zastupljene između najmanje i najveće registrirane vrednosti.

Tabela 2. Unutarlokusna analiza polimorfizma alela posmatranih *Sorbus spp.* na teritoriji R Srbije**Table 2. Intra-loci polymorphic analysis of observed *Sorbus spp.* on territory of Republic of Serbia**

Br. Lokaliteta No. of locality	Naziv lokaliteta Name of locality	Broj uzoraka Number of samples	Lokus: MSS1 (162 bp)			Lokus: MSS6 (258 bp)			Lokus: MSS9 (216 bp)			Lokus: MSS13 (250 bp)			Lokus: MSS16 (186 bp)			Ukupan br. alela The sum of alleles	Br. alela po lokusu No. Number of alleles per locus
			Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range	Broj alela Number of alleles	Opseg Range			
1.	RS Bukovik I	8	30	151-251	26	242-333	47	216-343	5	250-398	22	159-252	130	20					
2.	RS Bukovik II	7	29	150-265	25	240-320	34	222-342	15	231-339	27	170-275	130	26					
3.	RS razni lokaliteti	31	66	117-272	64	235-528	80	211-395	28	239-299	96	147-305	334	66.8					
4.	RS Koponik	20	69	157-291	32	192-293	40	211-436	27	240-287	37	164-279	205	41					
5.	RS Lokalitet Orovici	15	31	159-253	43	195-397	46	219-365	12	241-286	46	141-267	178	35.6					
6.	RS Roška Banja	20	26	151-254	50	246-337	46	211-355	20	244-313	63	147-299	205	41					
7.	RS Lok. Žirave	18	28	150-217	31	248-296	39	179-277	26	213-391	57	154-277	181	36.2					
	Ukupan broj alela The sum of alleles		279		271		332		133		348								

Najveći broj dobijenih alela (koji je indikator unutarlokusne polimorfnosti) je pokazao lokus MSS16 ($n_{al}=348$), a najmanji je broj alela ($n_{al}=133$) je pokazao lokus MSS13. Da bi se tačno utvrdio razlog za ovakav zastupljenosti alela unutar analiziranih lokusa, neophodno je obaviti obimnija istraživanja kako bi se utvrdio uzrok ovakvoj dinamici protoka gena i alelnih formi unutar analiziranih populacija *Sorbus* roda.

Da bi se uspostavilo adekvatno očuvanje populacije ovih vrsta, seme za proizvodnju sadnog materijala moraju biti prikupljene od mnogih stabala sa udaljenosti više od 200 m između njih, radi povećanja genetičkog biodiverziteta i željene heterozigotnosti i kako bi se izbeglo ukrštanje u srodstvu. Sadnja ovih vrsta se mora pratiti u strogo kontrolisanim uslovima! Poželjno je da se konstruišu banke gena populacija sa različitim staništa, kako bi mogle male populacije da se šire. Udaljenost među bankama gena mora biti više od 10 km u radijsu, kako bi se izbegao nepoželjan protok gena (Demasure-Musch i Oddou-Muratorio, 2004).

ZAKLJUČAK

Sumiranjem svih rezultata dobijenih alelnom analizom jedinki *Sorbus spp.* sa teritorije Republike Srbije, potvrđen je nedvosmislen napredak u upotrebi molekularno-genetičkih analiza u genetičkoj determinaciji genofonda kod populacija isotanih na 7 lokaliteta u R Srbiji. *Sorbus* vrste su značajne, ne samo sa ekonomskog aspekta kao kvalitetan materijal u prerađivačkoj industriji, već i za mapiranje raspoloživih kvalitetnih resursa za reprodukciju i podmladivanje vrsta u izumiranju i pripremanje tačnih podataka baziranih na DNK (dezoksiribonukleinske kiseline) nivou za budući uspešan oplemenjivački rad. Sledeći korak u daljim analizama jeste određivanje tačne taksonomske pripadnosti jedinki unutar određenih populacija uzorkovanih na teritoriji Srbije pomoću različitih marker sistema- SSR (mikrosateliti), AFLP (polimorfizam dužine umnoženih fragmenata) ili RFLP (polimorfizam dužine restrikcionih fragmenata) itd. Konstruisanje taksonomskih i filogenetskih stabala bi dalo znatno precizniju sliku o evolutivnim odnosima

populacija roda *Sorbus* i označila tačan specijski diverzitet ovog roda. Bilo bi značajno nastaviti dalji rad u ovoj problematici, kako bi se razvila adekvatna strategija očuvanja ove industrijski i biološki vredne vrste u šumskom biodiverzitetu Republike Srbije.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta III 43002 "Biosenzing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integralno upravljanje ekosistemima", finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Bailey, JP, Kay, QON, McAllister, H., Rich, TCG. (2008): Chromosome numbers in *Sorbus L.* (Rosaceae) in the British Isles. Watsonia, 27, 69–72.
- Demasure, B., B. Le Guerroué, G. Lucchi, D. Prat and R.J. Petit. (2000): Genetic variability of a scattered temperate forest tree: *Sorbus torminalis* L. (Crantz). Annals of Forest Science, 57: 63–71.
- Demasure-Musch, B. and S. Oddou-Muratorio (2004): EUFORGEN, Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild service tree (*Sorbus torminalis*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 pages
- Jovanović, B. (1991): Dendrologija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, pp. 282-287
- Nelson-Jones, E.B., Briggs, D., Smith A.G. (2002): The origin of intermediate species of the genus *Sorbus*, Theoretical and Applied Genetics, 105: 953–963
- Oddou-Muratorio, S., Petit, R.J., Le Guerroué, B., Guesnet, D., Demasure, B. (2001a): Pollen-versus seed-mediated gene flow in a scattered woody species. Evolution, 55: 1123–1135.
- Oddou-Muratorio, S., Aligon, C., Decroocq, S., Plomion, C., Lamant, T. and Mush-Demasure, B. (2001): Microsatellite primers for *Sorbus torminalis* and related species, Molecular Ecology Notes, 1: 297-299
- Raspeâ, O., Findlay, C. and Jacquemart, A. L. (2000): *Sorbus aucuparia L.*, Journal of Ecology 88: 910-930
- Rotach, P. (2003): EUFORGEN, Technical Guidelines for genetic conservation and use for service tree (*Sorbus domestica*), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6 p.

Summary

INTRALOCI POLYMORPHISM OF SORBUS spp. ON THE TERRITORY OF REPUBLIC OF SERBIA

by

Galović, V., Orlović, S., Trudić, B., Pekeč, S., Vasić S.

Representatives of the genus Sorbus are pioneer species with wide ecological valence. These are semisciofilic species that are well tolerated in spaces with little natural light, but later in the growth and development require a lot of light. They belong to the thermophytic to mesophytic species which are quite resistant to drought, cold and late spring frosts. In Serbian forests, Sorbus spp. are secondary species, contributing to biodiversity, the stability of the stand, providing physical support for the main tree species and contributes to improving the quality of the soil. Sorbus spp. is very sensitive to the competition of other species in the forest community, and for their successful development they need necessary appropriate silvicultural measures.

*The wild service tree (exact taxonomic name: *Sorbus torminalis L. (Crantz)*) is a diploid species ($2n = 2x = 34$ TT). This species can interbreed with at least two other species of the genus Sorbus: *Sorbus aria* (Whitebeam- usually occurs on calcareous soils, on rocky terrain in a belt of beech-fir, and lower) and *Sorbus aucuparia* ($2n = 2x = 34$ BB), (European rowan-has some morphological similarities with the Service tree, but has a very different ecological properties and thrives in high mountain regions of beech-fir). Hybridization with *Sorbus aria* may be performed separately where the habitats of the two species overlap. Majority of these hybrids are triploids (*S. bristoliensis*: $2n = 3x = 51$ AAT) and some of them (mainly *Sorbus latifolia* species) are tetraploids ($2n = 4x = 68$ AATT).*

Sorbus species are susceptible to intense interspecific competition and anthropogenic environmental factor. Therefore, there is a high risk of compromising diversity of these species in the dense, tall forests that contain a high proportion of long-term species. The high level of interspecific competition could prevent the regeneration process and lead to local extinction of Sorbus spp. species. As with most forest trees, fragmentation of natural habitats of Service tree can cause a sharp drop in genetic diversity by reducing the number of individuals, which would sharply reduce and gene flow among populations. Habitat fragmentation can lead to the destruction of forests or forest management is not properly directed in favor of the Sorbus species.

In our study we analyzed the intra-loci polymorphism in the genus Sorbus specimens sampled from 7 localities of the Republic of Serbia- Bukovik I and II, Various locations (the territory of which is determined by the point-Bor, Čačak, Novi Pazar, Raška), Orovica, Kopaonik mountain, Roška and Spa Žirave. This type of analysis was necessary to determine the initial stage intrapopulation diversity at the level of the analyzed loci (MSS1, MSS6, MSS9, MSS13 and MSS16), which are characteristic polymorphic markers. Our results showed that there is a high degree of allelic polymorphism within certain loci (MSS16) and that there are significant differences between the populations themselves (Bukovik and second lowest value of allelic polymorphism Pasr = 26; samples taken from various locations (Bor, Čačak, Novi Pazar, Raška) are of the largest value of allelic polymorphism Pasr = 66, 8). The results represent a platform for further development of molecular genetic analysis of the genus in Serbia, in order to preserve the gene pool and for breeding purposes.



UDK: 582.632.2(497.113Fruška Gora)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

ZASTUPLJENOST INVAZIVNIH BILJNIH VRSTA U OBNOVLJENIM ŠUMAMA HRASTA KITNJAKA U NACIONALNOM PARKU "FRUŠKA GORΑ"

Vasić Verica¹, Pap Predrag¹, Galić Zoran¹, Vasić Sreten¹, Poljaković-Pajnik
Leopold¹, Drekić Milan¹

Izvod: Mnoge delatnosti u šumarstvu, kao što je totalna seča, uređivanje, pošumljavanje odnosno obnova šuma, imaju uticaja na promenu stanišnih uslova. Tom prilikom, narušavaju se edafski i hidrološki uslovi, kao i režim svetlosti a brojne biljne vrste u promjenjenim uslovima nalaze povoljne uslove za svoj razvoj. U takvim izmenjenim uslovima, dolazi do obrastanja podmladnih površina vrstama zeljaste vegetacije uglavnom nitrofilnim, ruderalnim i invazivnim biljnim vrstama. Prisustvo invazivnih biljaka i njihovo širenje predstavlja veliku opasnost po autohtonu floru. Analizom prizemne vegetacije u obnovljenoj šumi hrasta kitnjaka utvrđeno je ukupno 25 biljnih vrsta koje su razvrstane u 14 familija. Najveći broj vrsta pripadao je familiji *Asteraceae*. Na istraživanom lokalitetu najzastupljenije su bile višegodišnje zeljaste biljke hemikriptofite. Fitogeografskom analizom utvrđeno je da najveći broj biljaka (28%) pripada adventivnoj grupi flornih elemenata i da imaju invazivni karakter.

Ključne reči: prizeman vegetacija, hrast kitnjak

THE PRESENCE OF INVASIVE PLANT SPECIES IN THE REFORESTATION OF SESSILE OAK IN THE NATIONAL PARK "FRUŠKA GORA"

Abstract: Many activities in forestry, such as the total harvest, afforestation and regeneration of forests, have an impact on changing conditions of site. On that occasion, violate the edaphic and hydrological conditions and parameters of light and many plant species in the changed conditions are favourable conditions for its development. In these changed conditions, there is fouling the regeneration areas of herbaceous vegetation mainly nitrophil, ruderal and invasive plant species. The presence of invasive plants and their spread is a major danger to native flora. Analysis of ground vegetation in the reforestation of sessile oak registered 25 plant species were grouped into 14 families. Most species belong to the family *Asteraceae*. On the investigated locality more numerous were perennial herbaceous plants

¹ Dr Vasić Verica, istraživač saradnik, dr Pap Predrag, istraživač saradnik, dr Galić Zoran, viši naučni saradnik, dipl. ing. Vasić Sreten, tehnički saradnik, mr Poljaković-Pajnik Leopold, viši stručni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

hemicryptophytes. Phytogeographical analysis revealed that the greatest number of plants (28%) belongs to the group adventive floral elements and have an invasive character.

Key words: ground vegetation, sessile oak

1. UVOD

Pod invazivnim biljnim vrstama podrazumijevaju se sve one vrste biljaka, koje potiču iz drugih florno-zoogeografskih oblasti, a u procesu kompeticije potiskuju autohtoni genofond osvajajući raspoložive ekološke niše (www.fmoit.gov.ba). Prisustvo ovih biljaka i njihovo širenje predstavlja veliku opasnost po autohtonu floru, koja na ovaj način može biti direktno ugrožena i potisнута (Kovačević et al., 2008). Globalizacija tržišta, klimatske promene, povećanje trgovine, putovanja i turizma dovelo je do širenja vrsta izvan njihovih prirodnih areala (Meyerson i Mooney, 2007; Keller et al., 2011). Invazivne vrste najpre zauzimaju nestabilne ekosisteme (degradirane i devastirane površine, oranice, njive i slična staništa) a potom se šire na okolne ekosisteme, prouzrokujući homogenizaciju regionalne flore (Stevanović et al., 2009).

Iako šumski ekosistemi predstavljaju stanište za širok spektar organizama mala je verovatnoća da će u šumskim sastojinama doći do invazije neke biljne vrste. Usled slabog osvetljenja (Brothers i Spingarn, 1992) i u ograničanim stanišnim uslovima kao što je niska pH vrednosti zemljišta i nizak nivo hranljivih materija, invazivne biljke ne nalaze povoljne uslove za svoj razvoj (Grime, 1979). Takođe, jedan od faktora koji može da ograniči invaziju neke biljne vrste u šumskim sastojinama je prisustvo ne-vaskularnih biljaka. Mahovina može da stvori tampon zonu i spreči da semena invazivnih biljaka dospeju u zemljište, klijaju i niču (Villano, 2008). Međutim i pored navedenog, dešava se da su invazivne biljke prisutne u šumskim sastojinam ali njihovo prisustvo ne ugrožava zrele sastojine. Za razliku od šumskih sastojina, na površinama koje se obnavljaju invazivne biljne vrste mogu da predstavljaju pretnju produktivnosti i biodiverzitetu (D'Antonio, 1992; Belnap and Philips, 2001; Alvarez and Cushman, 2002).

Mnoge delatnosti u šumarstvu kao što je totalna seča, uređivanje, pošumljavanje odnosno obnova šuma, imaju uticaja na promenu stanišnih uslova. Tom prilikom, narušavaju se edafski i hidrološki uslovi, kao i režim svetlosti a brojne biljne vrste u promenjenim uslovima nalaze povoljne uslove za svoj razvoj. Promene koje se dešavaju veoma su brze naročito u prvim godinama posle seče šuma. U obnovljenim šumama povećan je intezitet svetlosti (Pattison et al., 1998; Levine i Feller, 2004), uticaj antropogenog faktora (Stevanović et al., 2009; Decker et al., 2012) kao i količina hranljivih materija u zemljištu prouzrokovana ubrzanim razlaganjem šumske stelje (Huebner i Tobin, 2006). U takvim izmenjenim uslovima, dolazi do obrastanja podmladnih površina vrstama zeljaste vegetacije uglavnom nitrofilnim, ruderalnim i invazivnim biljnim vrstama.

U ovim istraživanjima obavljena su ispitivanja sastava prizemne vegetacije u obnovljenim šumama hrasta kitnjaka ali je osnovni cilj bio da se utvrdi prisustvo invazivnih biljaka na istraživanom lokalitetu. Obavljena istraživanja su pružla informacije o zastupljenosti invazivnih vrsta u obnovljenim šumama hrasta kitnjaka

na Fruškoj gori kako bi se u buduće moglo pratiti njihovo stanje i preuzeti odgovarajuće mere suzbijanja.

2. MATERIJAL I METOD

Floristička istraživanja su sprovedena u tokom vegetacione sezone 2011 - 2012. godine. Istraživanja su obavljena u obnovljenoj šumi hrasta kitnjaka, lokalitet GJ 3801 odeljenje 12, a obuhvatila su sakupljanje, herbarizovanje i determinaciju biljnog materijala. Determinacija biljnih vrsta obavljena je prema sledećim literaturnim izvorima: Javorka-Csapody, (1958), Josifović, (1970-1977), Kojić i Janjić, (1994), Šumatić et al., (1999) i Bucalo et al., (2007). Životne forme određene su prema Raunkiaer-u (Raunkiaer, 1934) koje su date u "Vaskularne biljke Srbije" (Kojić et al., 1997) a pripadnost vrsta flornim elementima određena je prema Gajiću, (1980). Na osnovi sprovedenih istraživanja dat je pregled prisutnih biljnih vrsta i najzastupljenijih familija na istraživanim lokalitetima. Određena je procentualna zastupljenost invazivnih biljnih vrsta i ostalih grupa flornih elemenata. Skraćenice koje su korišćene u tabeli i grafikonu za životne forme su: T–terofita, Th–terofite/hemikriptofita, H–hemikriptofita, G–geofita, P–fanerofite, NP–nanofanerofita a skraćenice za pripadnost flornim elementima su: Evr.–evroazijska, Subse.–subsrednjeevropska, Cirk.–circumpolarna, Adv.–adventivna, Subvr.–subevroazijska, Subatl.–subm.–subatlansko-submediteranska, Subj. sib.–subjužnosibirski, Kosm.–kosmopolitska.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

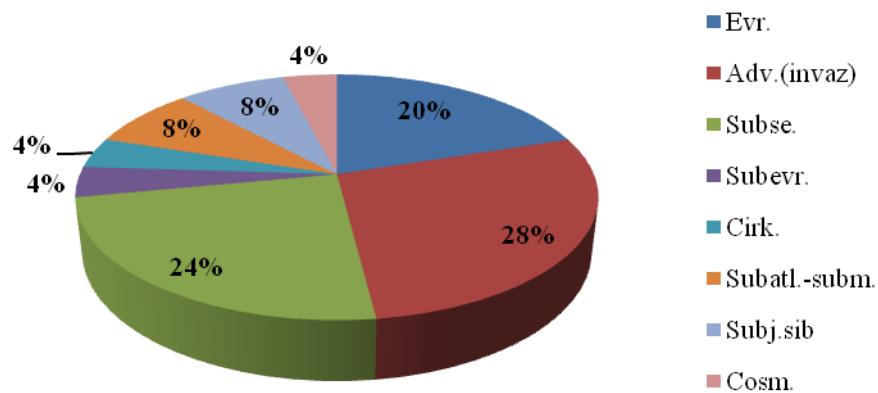
U radu su prikazani rezultati istraživanja prizemne vegetacije i zastupljenosti invazivnih biljnih vrsta u obnovljenim šumama hrasta kitnjaka na Fruškoj gori. U tabeli 1. su prikazane biljne vrste koje su evidentirane sa pripadajućim flornim elementima i životnim formama. Registrovano je ukupno 25 biljnih vrsta koje su razvrstane u 14 familija. Najveći broj vrsta pripadao je familiji *Asteraceae* koja je ujedno i najbrojnija familija flore Balkanskog poluostrva (Randelović et al., 2007; Stanković et al., 2007). Analizom biološkog spektra, utvrđeno je šest životnih formi. Dominantne su bile hemikriptofite koje su bile zastupljene sa 8 vrsta, potom terofite sa 5 vrsta, geofite sa 4 vrste, nanofanerofite sa 3 vrste a fanerofite i terofite/hamefite sa 2 vrste. Brojno prisustvo hemikriptofita, odnosno višegodišnjih zeljastih biljaka na istraživanom lokalitetu se podudara sa biološkim spektrom flore Srbije, Balkanskog poluostrva i umerenog klimatskog pojasa (Diklić, 1984). Iako su šumske površine koje se obnavljaju pod uticajem antropogenog faktora, taj uticaj je ipak znatno manji u odnosu na agroekosisteme. Hemikriptofite predstavljaju i najbrojniju životnu formu umerenog pojasa i našeg područja pa je sasvim razumljivo da dominiraju i na istraživanom lokalitetu.

Fitogeografskom analizom prizemne vegetacije na ovom lokalitetu je utvrđeno osam grupa flornih elemenata. Najzastupljenija je bila adventivna grupa sa

7 vrsta: *Asclepias syriaca* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Erigeron canadensis* L., *Solidago gigantea* Ait., *Stenactis annua* (L.) Ness., *Amorpha fruticosa* L. i *Phytolaca americana* L. Sve utvrđene adventivne vrste imaju karakter invazivnih što je u odnosu na ukupan broj evidentiranih biljaka 28% (slika 1). Drugo mesto pripadalo je subsrednjeevropskoj grupi (24%) a zatim evroazijskoj grupi sa 20%. Sledile su subevroazijska i subatlansko-submediteranska grupa sa 8% a potom cirkumpolarna, subjužnosibirska i kosmopolitska grupa sa 4%. Izraženo učešće adventivnih biljnih vrsta na istraživanom lokalitetu ukazuje na to da su obnovljene šume hrasta kitnjaka, pogodne za unošenje i širenje adventivnih odnosno invazivnih vrsta koje se lako prilagođavaju.

Tabela 1. Prizemna vegetacija u obnovljenim šumama hrasta kitnjaka
Table 1. Ground vegetation in the reforestation of sessile oak

Familija <i>Family</i>	Biljne vrste <i>Plant species</i>	Florni elementi <i>Floristic element</i>	Životna forma <i>Life form</i>
Aristolochiaceae	<i>Asarum europaeum</i> L.	Evr.	G
Asclepidaceae	<i>Asclepias syriaca</i> L.	Adv. (invaz)	G
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Adv. (invaz)	T
Asteraceae	<i>Bidens tripartitus</i> L.	Subse.	T
Asteraceae	<i>Sonchus arvensis</i> L.	Evr.	H
Asteraceae	<i>Erigeron canadensis</i> L.	Adv. (invaz)	T
Asteraceae	<i>Solidago gigantea</i> Ait.	Adv. (invaz)	H
Asteraceae	<i>Stenactis annua</i> (L.) Ness.	Adv. (invaz)	Th
Boraginaceae	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	Subse.	H
Boraginaceae	<i>Sympyton officinale</i> L.	Subse.	H
Fabaceae	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	Adv. (invaz)	NP
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i> L.	Cirk.	G
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Subevr.	H
Lamiaceae	<i>Lamium purpureum</i> L.	Subse.	Th
Liliaceae	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Subatl.-subm.	NP
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i> L.	Adv. (invaz)	H
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Evr.	H
Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	Cosm.	T
Poaceae	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.	Subevr.	T
Ranunculaceae	<i>Clematis vitalba</i> L.	Subatl.-subm.	P
Ranunculaceae	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	Subse.	G
Rosaceae	<i>Geum urbanum</i> L.	Evr.	H
Rosaceae	<i>Rubus caesius</i> L.	Subj.sib.	P
Rosaceae	<i>Rosa canina</i> L.	Subse.	NP
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	Evr.	H



Slika 1. Zastupljenost flornih elemenata na istraživanom lokalitetu
Figure 1. The presence of floristic elements on the investigated locality

Adventivnu floru predstavljaju one vrste koje su kao posledica ljudske delatnosti unešene na naše područje i tu su se manje ili više prilagodile. Pri tom se termin adventivne vrste odnosi na sve unešene vrste, bez obzira na način i vrijeme njihove introdukcije, kao i na stepen njihovog prilagođavanja i uspešnost neutralizacije (Kovačević et al., 2008). U zavisnosti od nivoa uspešnosti u introdukciji, adventivne vrste mogu postići tri različita nivoa. Ukoliko se nakon introdukcije privremeno održavaju u novoj sredini i ne obrazuju stabilnu populaciju to su efemerofoite. Međutim, ukoliko se održavaju, razmnožavaju, ostavljaju potomstvo ali nemaju ekspanzivni karakter to su naturalizovane biljne vrste. Ukoliko unete vrste imaju kompletan ciklus, plodno potomstvo i uspešno se šire na velikim prostranstvima to su invazivne vrste (Vrbničanin et al., 2004).

Reichard i White, (2001) i Pimentel et al., (2005) navode da je glavni put za unošenje invazivnih biljnih vrsta hortikulturna trgovina. Iako većina introdukovanih hortikulturnih biljaka nije ispoljila invazivni karakter, vrste *Asclepias syriaca* L., *Stenactis annua* (L.) Ness., *Amorpha fruticosa* L. unete su kao hortikulturne a potom su izmakle ljudskoj kontroli. Ove vrste imaju posebno negativne uticaje na ekosisteme higrofilnih šuma vrba, jove i topola. Neke invazivne vrste kao što su *Amorpha fruticosa* L. i *Erigeron canadensis* L. nisu tipične korovske vrste i češće se javljaju na ruderalnim staništima ali je primičen u posljednje vrijeme njihov ulazak u agrofitocenoze što predstavlja siguran put za brže širenje. Na sečinama šuma peripanonskog pojasa u velikom broju pojavljuje se *Phytolaca americana* L., nekada dekorativna biljka koja se upotrebljavala za bojenje vina (www.fmoit.gov.ba). Poznato je da je *Ambrosia artemisiifolia* L. pre dvadeset godina bila prisutna samo na ruderalnim staništima, a danas je prisutna skoro u svim usevima a intenzivno osvaja i staništa vlažnih i poplavnih šuma, ruderalna i urbana

staništa i šumske zasade. Smatra se da je ulaskom ambrozije u useve i zasade počelo njenog brže širenje, koje je danas teško kontrolisati (Kovačević et al., 2008).

Širenje i pritisak invazivnih vrsta izvan njihovih prirodnih areala, deluje negativno na floristički sastav i strukturu autohtonih zajednica, kao i na diverzitet nativne flore (Kowarik, 2003). Postoji više načina da se suzbiju invazivne vrsta (mehaničke, hemijske i biološke mere) ali su preventivne mere, mnogo jeftinije u odnosu na kasnije preduzete mere suzbijanja i iskorenjavanja (Rejmanek, 2000; Leung et al., 2002, Miller et al., 2006). Kontrola unošenja biljnih vrsta je siguran način da se izbegne eventualno širenje neke vrsta koja se kasnije teško suzbija. Postoji više opcija na raspolaganju kao što su zakonski akti, propisi, uredbe, kaznene mere za pravna i fizička lica (Keller et al., 2011). Međutim, očigledno je da se za mnoge vrste zakasnilo u korišćenju ovih opcija (Taylor i Hastings, 2004), te je potrebno preduzeti mehaničke, hemijske ili biološke mere suzbijanja.

4. ZAKLJUČAK

Na istraživanom lokalitetu utvrđeno je ukupno 25 biljnih vrsta koje su razvrstane u 14 familija. Najveći broj vrsta pripadao je familiji *Asteraceae*. Analizom biološkog spektra, najzastupljenije su bile višegodišnje zeljaste biljke hemikriptofite. Fitogeografskom analizom utvrđeno je da najveći broj biljaka (28%) pripada adventivnoj grupi flornih elemenata i da imaju invazivni karakter. Zastupljenost invazivnih vrsta u odnosu na ukupan broj vrsta koje su zabeležene na istraživanom lokalitetu ukazuje na to da su obnovljene šume hrasta kitnjaka pogodne za unošenje i širenje adventivnih odnosno invazivnih vrsta koje se lako prilagođavaju.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta "Biosenzing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integralno upravljanje ekosistemima" (43002) finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije u sklopu integrisanog i interdisciplinarnog istraživanja u periodu 2011 - 2014.

5. LITERATURA

- Alvarez, M. E., Cushman, J. H. (2002): Community-level consequences of a plant invasion: effects on three habitats in coastal California, *Ecological Applications*, Vol. 12, 1434–1444.
- Belnap, J., Philips, S. L. (2001): Soil biota in an ungrazed grassland: response to annual grass (*Bromus tectorum*) invasion, *Ecological Applications*, Vol.11, 1261–1275.

- Bucalo, V., Brujić, J., Travar, J., Milanović, Đ. (2007): Flora Nacionalnog parka Kozara, Šumarski fakultet Univerziteta u Banja Luci i ERSASF-Regionalni zavod za upravljanje šumama i agrikulturom Pokrajine Lombardija, Milano.
- D'Antonio, C. M. (1992): Biological invasions by exotic grasses, the grass/Wre cycle and global change, Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 23, 63–87.
- Decker, K. L., Allen, C. R., Acosta, L., Hellman, M. L., Jorgensen, C. F., Stutzman, R. J., Unstad, K. M., Williams, A., Yans, M. (2012): Land Use, Landscapes, and Biological Invasions. Invasive Plant Science and Management 5:1, 108-116.
- Diklić, N. (1984): Životne forme biljnih vrsta i biološki spektar flore SR Srbije, Vegetacija SR Srbije, SANU, Beograd, Vol.1, 291-316.
- Gajić, M. (1980): Pregled vrsta flore SR Srbije sa biljnogeografskim oznakama, Glasnik Šumarskog fakulteta, ser. A "Šumarstvo", Beograd, Vol. 54, 111-141.
- Grime , J.P. (1979): Plant Strategies and Vegetation Processes. Wiley, Chichester, pp. 222.
- Huebner, C. D., Tobin, P. C. (2006): Invasibility of mature and 15-year-old deciduous forests by exotic plants, Plant Ecology, Vol. 186, 57-68.
- Javorka, S., Caspody, V. (1958): Erdo mezzo viragai a Magiar flora szines kis atlasza, Mezogazdasagi kiado, Budapest.
- Josifović, M. (1970 – 1977): Flora SR Srbije, 1-9 SANU, Beograd.
- Keller, R. P., Geist, J., Jeschke, J. M., Kuhn, I. (2011): Invasive species in Europe: ecology, status, and policy, Environmental Sciences Europe, Vol.23, No.1, 23.
- Kojić, M., Janjić, V. (1994): Osnovi herbologije, Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Beograd.
- Kojić, M., Janjić, V. (1994): Osnovi herbologije, Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Beograd.
- Kojić, M., Popović, R., Karadžić, B. (1997): Vaskularne biljke Srbije kao indikatori staništa, Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Institut za biološka istraživanja Siniša Stanković, Belgrade.
- Kovačević, Z., Šumatić, N., Kojić, M., Petrović, D., Herceg, N. (2008): Adventivna korovska flora Bosne i Hercegovine, Acta herbologica, Vol. 17, No. 1, 89-93.
- Kowarik I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa, Ulmer, Stuttgart, 1-380.
- Levine, M. T., Feller, I. C. (2004): Effects of forest age and disturbance on population persistence in the understory herb, *Arisaema triphyllum* (Araceae). Plant Ecology, Vol.172, 73 – 82.
- Leung, B., Lodge, D.M., Finnoff, D., Shogren, J.F., Lewis, M.A. & Lamberti, G. (2002) An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk

- analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, **269**, 2407–2413.
- Meyerson, L. A., Harold A. Mooney, H. A. (2007): Invasive alien species in an era of globalization, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol.5, 199–208.
- Miller, C., Kettunen, M., Shine, C. (2006): Scope options for EU action on invasive alien species (IAS), Final report for the European Commission, Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium.
- Pattison, R. R., Goldstein, G., Ares, A. (1998): Growth, biomass allocation and photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species, *Oecologia*, Vol. 117, 449-459.
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. (2005): Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States, *Ecological Economics*, Vol.52, 273–288.
- Randelić, V., Jušković, M., Šarac, Z. (2007): Horološke i ekološke karakteristike stepskih elemenata flore na području istočne i jugoistočne Srbije, 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Poceedings, 83-99.
- Raunkiaer, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography, Clarendon, Oxford.
- Reichard, S. H., White, P. (2001): Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States, *Bioscience*, Vol. 51, 103–113.
- Rejmanek, M. (2000) Invasive plants: approaches and predictions, *Austral Ecology*, **25**, 497–506.
- Stanković, J., Zlatković, B., Randelić, V. (2007): Flora Crvenog Brega kod Gnjilana (Kosovo), 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Poceedings, 119-126.
- Stevanović, J., Stavretović, N., Petković-Obratov, D., Mijović, A. (2009): Invazivne biljne vrste na nekim sportsko-rekreativnim površinama Beograda, *Acta herbologica*, Vol. 18, No. 2, 115-125.
- Taylor, C. M., Hastings, A. (2004): Finding optimal control strategies for invasive species: a density-structured model for *Spartina alterniflora*, *Journal of Applied Ecology*, Vol.41, 1049 – 1057.
- Šumatić, N., Todorović, J., Komljenović, I., Marković, M. (1999): Atlas korova, Glas Srpski, Šumarski fakultet, Poljoprivredni fakultet, Banja Luka.
- Villano, K. L. (2008): Wildfire Burn Susceptibility to Non-Native Plant Invasions in Black Spruce Forests of Interior Alaska, Unpublished Master's Thesis, University of Alaska, Fairbanks, AK, pp. 101.
- Vrbničanin, S., Karadžić, B., Dajić-Stevanović, Z. (2004): Adventivne i invazivne korovske vrste na području Srbije, *Acta herbologica*, Vol.13, No.1, 1-12.
www.fmoit.gov.ba

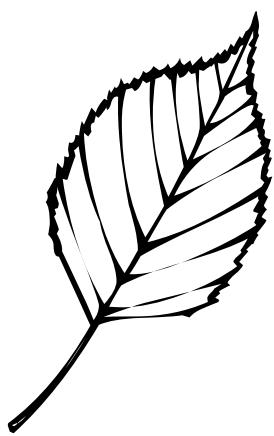
Summary

THE PRESENCE OF INVASIVE PLANT SPECIES IN THE REFORESTATION OF SESSILE OAK IN THE NATIONAL PARK "FRUŠKA GORA"

by

*Vasić Verica, Pap Predrag, Galić Zoran, Vasić Sreten, Poljaković Pajnik Leopold,
Drekić Milan*

This paper presents the results of research ground vegetation and presence of invasive plant species in the reforestation of sessile oak in the Fruška gora. Many activities in forestry, such as the total harvest, afforestation and regeneration of forests, have an impact on changing conditions of site. On that occasion, violate the edaphic and hydrological conditions and parameters of light and many plant species in the changed conditions are favourable conditions for its development. In these changed conditions, there is fouling the regeneration areas of herbaceous vegetation mainly nitrophil, ruderal and invasive plant species. The presence of invasive plants and their spread is a major danger to native flora. Registered 25 plant species were grouped into 14 families. Most species belong to the family Asteraceae. The analyses of biological spectrum, most prevalent were perennial herbaceous plants hemicryptophytes. Phytogeographical analysis revealed that the greatest number of plants (28%) belongs to the group adventive floral elements and have an invasive character. Presence of invasive species compared to the total number of species which recorded on the investigated locality indicated on their spread in forest ecosystems, especially in areas that are afforested and reforested.



PRIMENA NEKIH NEONIKOTINOIDA U SUZBIJANJU
Chrysomela populi L.

Drekić Milan¹, Poljaković – Pajnik Leopold¹, Vasić Verica¹, Matović Bratislav¹,
Kovačević Branislav¹

Izvod: Jedan od veoma značajnih insekata defolijatora koji se javlja kao štetočina topola i vrba u rasadnicima, ali i u plantažama u prvim godinama nakon njihovog osnivanja u Srbiji je velika topolina buba listara (*Chrysomela populi L.*). U radu su prikazani rezultati ispitivanja efikasnosti tri insekticida iz grupe neonikotinoida (Actara 25 WG, Calypso 480 SC i Confidor 200 SL) u suzbijanju ovog štetnog insekta. Istraživanja mogućnosti suzbijanja larvi izvršena su u jednogodišnjem zasadu topole, a ispitivanje efekata kontaktnog i utrobnog delovanja na imagu u kontrolisanim uslovima. Sva tri primenjena insekticida su ispoljila efikasno kontaktno delovanje na imagu. Najefikasnije utrobrono delovanje na imagu ispoljio je insekticid Calypso 480 SC, dok je primenom preparata Actara 25 WG postignuta statistički značajno niža efikasnost od 84,62 % kao i kod primene preparata Confidor 200 SL od 76,92 %. Ispitivani preparati su pokazali i visoku efikasnost u suzbijanju larvi *C. populi*.

Ključne reči: *C. populi*, suzbijanje, efikasnost, neonikotinoidi

THE USE OF SOME NEONICOTINOIDES IN CONTROL OF *Chrysomela populi L.*

Abstract: Poplar leaf beetle (*Chrysomela populi L.*) is one of the major insect defoliators occurring in poplar and willow nurseries, and plantations during the first years after their establishment in Serbia. Results of studying the efficacy of three insecticides from neonicotinoide group (Actara 25 WG, Calypso 480 SC and Confidor 200 SL) used to control this noxious insect are shown in this paper. Studies of the potential larvae control were done in a one-year old poplar stand, and testing with respect to the effects of contact and intestinal effects on imago was done in controlled conditions. All three applied insecticides showed efficient contact effect on imago. The most efficient intestinal effect on imago was observed when insecticide Calypso 480 SC was applied, while Actara 25 WG (84,62%) and Confidor 200 SL (76,92 %) showed significantly lower efficacy. Tested preparations have shown high efficacy regarding the control of larvae of *C. populi*.

Key words: *C. populi*, control, efficacy, neonicotinoids

¹ Dr Milan Drekić, istraživač saradnik, mr Leopold Poljaković Pajnik, viši stručni saradnik, dr Verica Vasić, istraživač saradnik, dr Bratislav Matović, istraživač saradnik, dr Branislav Kovačević, viši naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

1. UVOD

U rasadnicima i mladim plantažama topola i vrba u Srbiji česta su prenamnoženja velike topoline bube listare *Chrysomela populi* L. (Coleoptera, Chrysomelidae). Štete pričinjavaju larve i imaga, a prema Poljaković – Pajnik i sar., (1999) štete se manifestuju kroz gubitak prirasta, nedovoljno odrvenjavanje izbojaka, a dolazi i do sušenja biljaka u ekstremnim slučajevima. Kod pojave prenamnoženja neophodno je sprovodenje hemijskih mera suzbijanja. Veliki broj insekticida koji su korišćeni u praksi za suzbijanje *C. populi*, kao što su fenitroton, deltametrin, diflubenzuron, karbofuran (Jodal i sar., 1967; Jodal, 1985) nalaze se na listama "visoko toksičnih jedinjenja" i zabranjeni su za primenu u šumama koje poseduju sertifikat koji izdaje organizacija "Forest Stewardship Council" (Anonymous, 2007). S obzirom da najvećim brojem rasadnika i zasada mekih lišćara u Srbiji danas gazduju organizacije koje poseduju ovaj sertifikat one su u obavezi da se pridržavaju uputstava ove organizacije o primeni pesticida. Istraživanja Poljaković – Pajnik i sar., (2003) su ukazala na mogućnost uspešne primene insekticida Actara 25 WG za suzbijanje *C. populi*, pa se ovim istraživanjima pokušala proveriti mogućnost primene još dva insekticida iz grupe neonikotinoida (Confidor 200 SL i Calypso 480 SC) čija primena u sertifikovanim šumama nije zabranjena. U Srbiji je veoma mali broj insekticida registrovan za primenu u šumarstvu (Sekulić i sar., 2009) pa rezultati ovih istraživanja imaju za cilj da se ukaže na potencijalo uspešnu primenu ispitivanih insekticida u rasadnicima i zasadima topola te da se njihovi proizvođači i distributeri postaknu na njihovu registraciju za ovu namenu.

2. MATERIJAL I METODE

Za ispitivanje biološke efikasnosti insekticida na imaga i larve velike topoline bube listare primjenjeni su insekticidi iz grupe neonikotinoida: Calypso 480 SC (0,015%), Confidor 200 SL (0,03%) i preparat Actara 25 WG (0,02%).

Ispitivanje kontaktnog i utrobnog delovanja navedenih insekticida na imaga izvršeno je u kontrolisanim uslovima na temperaturi 23 ± 2 °C i pri trajanju osvetljenja od 16 časova. U ogledima su korišćena imaga prve generacije iz poljskih uslova (sa lokaliteta Kaćka šuma). Ogledi su postavljeni u četiri ponavljanja, a broj imaga po ponavljanju je bio 20. Imaga su držana u plastičnim kutijama dimenzija 10 x 15 x 20 cm čija je gornja strana pokrivena plastičnom mrežom. Ogledi za ispitivanje kontaktnog i utrobnog delovanja postavljeni su 07. 06. 2010.

Radi utvrđivanja kontaktnog delovanja insekticida na imaga primljena je metoda potapanja insekata u rastvor insekticida u trajanju od 5 sekundi (Indić, 1994). Insekti u ogledu za ispitivanje kontaktnog delovanja insekticida na imaga nisu hranjeni tokom ogleda.

U svrhu utvrđivanja utrobnog delovanja insekticida imaga su hranjena lišćem topole tretiranim navedenim insekticidima.

Ocena smrtnosti imaga u oba ogleda izvršena je 24, 48 i 72 časa posle postavljanja ogleda. Kao kriterijum za smrtnost uzeti su uginuli insekti. Podaci o smrtnosti su korigovani za smrtnost u kontroli (Schneider i Orelli, 1947). Izvršena je transformacija podataka u $\arcsin\sqrt{\text{procenat}}$. Značajnost razlika za efikasnost određena je analizom varijanse (ANOVA) i testom najmanje značajne razlike.

Za proveru biološke efikasnosti preparata za suzbijanje larvi *C. populi* postavljen je poljski ogled 18. 05. 2012. u jednogodišnjem zasadu euroameričke topole (*Populus x euramericana*, klon Pannonia) u Suseku. Ogled je postavljen u tri ponavljanja sa po 11 biljka topole po ponavljanju. Pre postavljanja ogleda brojnost larvi se kretala od 0 do 53 po jednoj biljci. Za tretiranje je korišćena ručna prskalica Hipol – 6. Ocena larvicidnog efekta je izvršena 2 i 10 dana nakon tretiranja. Efikasnost primenjenih insekticida je izračunata po Henderson- Tilton – ovaj formuli (Henderson i Tilton, 1955). Izvršena je transformacija podataka u $\arcsin\sqrt{\text{procenat}}$. Značajnost razlika za biološku efikasnost preparata određena je analizom varijanse (ANOVA) i testom najmanje značajne razlike.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati dobijeni ispitivanjem kontaktnog delovanja insekticida u laboratorijskim uslovima prikazani su u tabeli 1. Dobijeni podaci su ukazali na visoku smrtnost imaga usled kontaktnog delovanja primenjenih insekticida. Efikasnost se nakon 24 časa kretala od 93,59% kod insekticida Confidor 200 SL do 98,72% kod insekticida Actara 25 WG i Calypso 480 SC. Nakon 48 časova kod insekticida Calypso 480 SC postignuta je efikasnost od 100%, dok je kod ostala dva primenjena insekticida efikasnost bila na približno istom nivou kao i kod prethodne ocene. Kod treće ocene obavljene nakon 72 časa, efikasnost primenjenih insekticida je ostala nepromenjena. Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da su sva tri primenjena preparata imala podjednako dobro kontaktno delovanje na tretirana imaga pri čemu nisu ustanovljene statistički značajne razlike u njihovoj efikasnosti (Tabela 1).

Rezultati dobijeni ispitivanjem utrobnog delovanja insekticida na imaga velike topoline bube listare (Tabela 2) ukazali su da je nakon 24 časa od primene visoka smrtnost imaga postignuta aplikacijom insekticida Calypso 480 SC (97,44%). Druga dva primenjena insekticida uzrokovala su statistički značajno manju efikasnost od 42,31% (Actara 25 WG) odnosno 26,92% (Confidor 200 SL). Nakon 48 časova kod primene insekticida Calypso 480 SC konstatovana je 100% smrtnost hranjenih imaga, dok su druga dva insekticida i dalje imala statistički značajno manju efikasnost (65,38% Actara 25 WG, odnosno 60,26% Confidor 200SL). Prilikom poslednje izvršene ocene, koja je obavljena 72 časa od primene insekticida, efikasnost insekticida Actara 25 WG iznosila je 84,62%, a preparata Confidor 200 SL 76,92%. Ovakvi rezultati ukazuju na brže i efikasnije utrobno delovanje insekticida Calypso 480 SC na imaga u odnosu na druga dva primenjena preparata. Ovakvi rezultati su u skladu sa ranije izvršenim istraživanjima preparata Actara 25 WG (Poljaković – Pajnik et al., 2003) kojim je konstatovana relativno niska

efikasnost utrobnog delovanja ovog insekticida na imaga velike topoline bube listare od 46,35%. Ipak, nešto manja efikasnost preparata Actara 25 WG i Confidor 200 SL kod utrobnog delovanja na imaga ne isključuje mogućnost njihove primene za suzbijanje imaga jer su ispoljili efikasno kontaktno delovanje.

Tabela 1. Efikasnost kontaktnog delovanja na imaga
Table 1. Efficacy of contact effects for control of adult

Preparat i insekticid <i>Insecticide product and insecticide</i>	Primjenjena koncentracija <i>Application rate</i>	07.06. 2010. (24 h) <i>(24 hours)</i>	08.06. 2010. (48 h) <i>(48 hours)</i>	09.06. 2010. (72 h) <i>(72 hours)</i>
		E (%)	E (%)	E (%)
Actara 25 WG (thiamethoxam)	0,02%	98,72 a	98,70 a	98,68 a
Calypso 480 SC (thiaclorpid)	0,03%	98,72 a	100 a	100 a
Confidor 200SL (imidacloprid)	0,015%	93,59 a	93,51 a	93,42 a

Tabela 2. Efikasnost utrobnog delovanja na imaga
Table 2. Efficacy of intestinal effects for control of adult

Preparat i insekticid <i>Insecticide product and insecticide</i>	Primjenjena koncentracija <i>Application rate</i>	07.06. 2010. (24 h) <i>(24 hours)</i>	08.06. 2010. (48 h) <i>(48 hours)</i>	09.06. 2010. (72 h) <i>(72 hours)</i>
		E (%)	E (%)	E (%)
Actara 25 WG (thiamethoxam)	0,02%	42,31 b	65,38 b	84,62 b
Calypso 480 SC (thiaclorpid)	0,03%	97,44 a	100 a	100 a
Confidor (imidacloprid)	0,015%	26,92 b	60,26 b	76,92 b

Rezultati poljskog ogleda za utvrđivanje larvicidnog efekta ispitivanih insekticida prikazani su u tabelama 3 i 4.

Rezultati prikazani u tabeli 3. ukazuju na smanjenje broja larvi u tretmanima nakon primene insekticida. Kod ocene izvršene nakon dva dana broj larvi u kontroli se povećao, dok je kod ocene nakon deset dana od tretiranja bio smanjen, a što se može objasniti završetkom larvenog razvića kod dela larvi prve generacije. Dva dana nakon tretiranja utvrđen je stoprocentan mortalitet larvi za preparate Actara 25 WG i Calypso 480 SC, a neznatno niži za preparat Confidor 200 SL. Deset dana nakon tretiranja, efikasnost preparata Confidor 200 SL je bila značajno niža u poređenju sa ostala dva preparata (91,61%), ali i dalje na visokom

nivou. Može se zaključiti da je i Confidor 200 SL efikasan u suzbijanju larvi, ali da pokazuje nešto slabije izraženo rezidualno delovanje.

Tabela 3. Broj živih larvi pre i posle tretiranja
Tabela 3. Number of alive larvae before and after treatment

Preparat i insekticid <i>Insecticide product and insecticide</i>	Broj larvi pre tretiranja <i>Number of larvae before treatment</i> (Ms±Sd)	Broj larvi posle tretiranja <i>Number of larvae after treatment</i> (Ms±Sd)	
		2 dana <i>2 days</i>	10 dana <i>10 days</i>
Actara 25 WG (thiamethoxam)	95,0±12,0	0	0
Confidor 200 SL (imidacloprid)	77,7±5,3	0,7±0,5	3,7±1,7
Calypso 480 SC (thiacloprid)	99,7±3,7	0	0
Kontrola <i>Untreated</i>	95,7±18,1	99,7±31,4	71,33±7,4

Ms – srednja vrednost; Sd – standardna devijacija

Ms – mean value; Sd – standard deviation

Tabela 4. Efikasnost u suzbijanju larvi *C. populi*
Table 4. Efficacy in control of larvae of *C. populi*

Insekticid i preparat <i>Insecticide and insecticide product</i>	Primenjena koncentracija (%) <i>Application rate (%)</i>	Efikasnost <i>Efficacy (%)</i>	
		2 dana <i>2 days</i>	10 dana <i>10 days</i>
		%	%
Actara 25 WG (thiamethoxam)	0,02	100 a	100 a
Confidor 200SL (imidacloprid)	0,03	99,14 a	93,61 b
Calypso 480 SC (thiacloprid)	0,015	100 a	100 a

Visoka toksičnost tri primenjena neonikotinoida za larve preporučuje njihovu primenu za suzbijanje. Zbog činjenice da je sa primenjenim koncentracijama utvrđena vrlo visoka efikasnost preparata Actara 25 WG i Calypso 480 SC za larve u daljim istraživanjima bi trebalo proveriti njihovu efikasnost pri

nižim koncentracijama kako bi se utvrdila optimalna koncentracija za njihovu primenu u praksi.

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu sprovedenih istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

Rezultati ispitivanja kontaktnog delovanja insekticida na imaga su ukazali na visoku efikasnost primenjenih insekticida. Između ispitivanih insekticida nije bilo statistički značajnih razlika u pogledu efikasnosti.

Preparat Calypso 480 SC je nakon 48 časova od tretiranja ispoljio visoku efikasnost u pogledu utrobnog delovanja od 100% dok su insekticidi Actara 25 WG i Confidor 200 SL ostvarili značajno nižu efikasnost. Efikasnost od 84,62% za Actara 25 WG i 76,92% za Confidor 200 SL postignuta je tek nakon 72 časa.

Rezultati poljskog ogleda su ukazali na visoku efikasnost ispitivanih insekticida u suzbijanju larvi *C. populi*.

Ispitivani insekticidi, a posebno preparat Calypso 480 SC, su pokazali dobru efikasnost u suzbijanju imaga i larvi *C. populi* što ukazuje da se mogu preporučiti za suzbijanje ove štetočine.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta "Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011. – 2014. godine.

5. LITERATURA

- Anonymous, (2007): Forest Stewardship Council Pesticides Policy: Guidance on implementation. FSC, FSC – 30 –001 version 2 – 0 EN.
- Henderson, C.F., Tilton E.W. (1955): Tests with acaricides against the brow wheat mite, J. Econ. Entomology 48: 157 – 161.
- Indić, D., (1994): Efekti zajedničkog delovanja insekticida na krompirovu zlaticu *Leptinotarsa decemlineata* Say., Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Beograd.
- Jodal I., (1967): Zaštita topola. Jugoslavenski poljoprivredno šumarski centar, Beograd: 74-76.
- Jodal, I., (1985): Suzbijanje stetnih insekata – defolijatora topola preparatima na bazi diflubenzurona i carbofurana. Radovi, Institut za Topolarstvo, 16: 295–324.

-
- Poljaković – Pajnik, L., Orlović, S., Jodal, I. (1999): Istraživanje predilekcije *Chrysomela populi* L. (Col. Chrysomelidae) na ishranu lišćem nekih klonova crnih topola, Topola 163 – 164: 41 – 46.
- Poljaković – Pajnik, L., Drekić, M., Vasić, V. (2003): Istraživanje efikasnosti preparata Actara 25 WG za suzbijanje *Chrysomela populi* L., Topola 171 – 172: 81 – 89.
- Schneider Orel, O., (1947): Entomologisches practicum, Aufl., Arau.
- Sekulić, J., Savčić – Petrić, S. (2009): Pesticidi u prometu u Srbiji. Biljni lekar 2-3: 326 – 330.

Summary

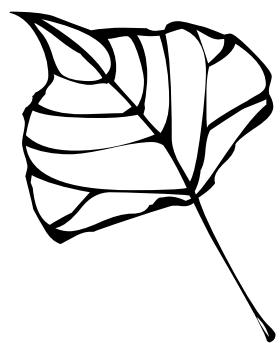
THE USE OF SOME NEONICOTINOIDS IN CONTROL OF *Chrysomela populi* L.

by

Drekić, M., Poljaković – Pajnik, L., Vasić, V., Matović, B., Kovačević, B.

*Poplar leaf beetle (*Chrysomela populi* L.) is one of the most significant pests in nurseries and poplar plantations in Serbia. In case of outbreaks the only efficient and economically justified control measure is the use of insecticides. Results of studying the efficacy of three insecticides from the neonicotinoide group in control of this important pest are shown in this paper. Insecticides Actara 25 WG (in concentration 0,02%, active meter is tiametoksam), Calypso 480 SC (in concentration 0,015%, active meter is tiakloprid) and Confidor 200 SL (in concentration 0,03%, active meter is imidacloprid) were applied as control measures. Laboratory trials for studying contact and intestinal effects of insecticides on imago were set up in the laboratory of the Institute of Lowland Forestry and Environment. Studies of the potential larvae control were done in a one-year old poplar stand.*

Very high contact efficacy on imago was observed when all three types of insecticides were used. The most efficient intestinal efficacy was achieved by Calypso 480 SC (100%, after 48 hours), while other two preparations showed significantly lower efficacy (Actar 25 WG - 84,62% and Confidor 200 SL - 76,92%, after 72 hours). Applied preparations showed high efficacy in poplar leaf beetle larvae control.



UPOTREBA INDEKSA SUŠE ZA EVALUACIJU UTICAJA PROMENE KLIME NA BUKOVE ŠUME U SRBIJI

Stojanović Dejan¹, Matović Bratislav¹, Orlović Saša¹, Kržić Aleksandra², Đurđević
Vladimir³, Galić Zoran¹, Vuković Ana⁴, Vučadinović Mirjam⁴

Izvod: Budućnost bukve kao najrasprostranjenije i najznačajnije drvenaste vrste je pitanje od izuzetnog značaja za šumarsku nauku u Srbiji. Projekcije Međuvladinog panela za promenu klime govore da se na ovim prostorima prosečna godišnja temperatura po A2 scenariju može povećati za čak 3,8 °C u 21. veku. Cilj ovog rada je bio da kvantifikuje promene aridnosti u Srbiji u proteklih 50 godina upotrebom indeksa suše. Dobijeni rezultati su pokazali da je period 1981-2010 bio sušniji u odnosu na period 1961-1990. U svrhu predviđanja uticaja predstojećih klimatskih promena na šume bukve u Srbiji predloženo je korišćenje klimatskih prognoza združenih sa indeksom suše.

Ključne reči: Bukva, klimatske promene, Srbija

THE USE OF FOREST ARIDITY INDEX FOR THE EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON BEECH FORESTS IN SERBIA

Abstract: The future of beech as the most widespread and most important tree species is an issue of great importance for the forestry in Serbia. The projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change show that in this region the average annual temperature for the A2 scenario could increase by as much as 3.8 degrees Celsius in the 21st century. The objective of this paper was to quantify changes in aridity in Serbia over the past 50 years by the aims of forest aridity index (FAI). Obtained results showed that the period 1981-2010 was drier in comparison with the period 1961-1990. In order to forecast the future impact of climate change on the beech forests in Serbia it was suggested using of climate projections together with forest aridity index.

Key words: Beech, climate changes, Serbia

¹ Dejan Stojanović, istraživač saradnik, mr Bratislav Matović, istraživač saradnik, prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik, dr Zoran Galić, viši naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu;

² Aleksandra Kržić, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd

³ Dr Vladimir Đurđević, docent, Institut za meteorologiju, Fakultet za fiziku, Univerzitet u Beogradu;

⁴ mr Ana Vuković, asistent, mr Mirjam Vučadinović, Asistent, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

1. UVOD

U Srbiji bukva (*Fagus sylvatica* L.) je danas najrasprostranjenija i najznačajnija drvenasta vrsta (Stojanović et al., 2005). Po podacima iz Nacionalne inventure šuma, čiste bukove šume pokrivaju 29,3% teritorije Srbije koja je pod šumom ili 660 400 ha (Banković et al., 2009). Bukove šume u Srbiji obuhvataju širok pojas nadmorskih visina od 100 do 300 m u zoni hrastova, do 1600m u zoni subalpske bukve u visoko-plavinskim regionima. Ekonomski najznačajnije su monodominantne bukove šume u zoni od 800 do 1200 metara (Tomić, 1992). Bukva se u Srbiji javlja u većem broju šumske zajednice pritom gradeći monodominantne, dvodominate, trodominantne i polidominantne šumske zajednice. Šume bukve nalazimo na različitim geološkim podlogama i na različitim razvojnim stadijumima zemljišta.

Projekcije urađene na osnovu scenarija promene koncentracije gasova staklene baštne, usvojene od strane Međuvladinog panela o klimatskim promenama (IPCC, 2007) govore da će na ovim prostorima u 21. veku doći do značajnih promena klime. Prognozira se da će prosečna godišnja temperatura po A2 scenariju porasti za čak 3,8 °C, da će leta biti duža i toplija sa većim temperaturnim ekstremima, kao i da će biti nešto manje padavina (Božanić i Gasperić, 2010). Srbija je potpisnica Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o promeni klime (UNFCCC, 1992) i Kjoto protokola, (1997), što je znak jasnog opredeljenja jedne države da se suoči sa izazovima koje klimatske promene sa sobom nose. Napor u tom smjeru je i sprovedeno istraživanje.

Cilj ovog istraživanja je bio da prikaže promenu klimatskih uslova u Srbiji u proteklih 50 godina na osnovu indeksa suše koji se pokazao kao dobar predikator distribucije bukve u odnosu na stepen aridnosti u Mađarskoj (Führer et al., 2011).

2. METODE

Za kvatifikaciju promene stepena aridnosti u Srbiji proteklih 50 godina upotrebljen je indeks suše (*Forest aridity index*) (Führer et al., 2011), koji povezuje temperaturu, padavine i distribuciju šuma pomoću formule (1):

$$FAI = 100 * T_{VII-VIII} / (P_{V-VII} + P_{VII-VIII}) \quad (1)$$

gde $T_{VII-VIII}$ predstavlja srednje mesečne temperature za jul i avgust, a $P_{V-VII} + P_{VII-VIII}$ zbir suma padavina za dva perioda maj, jun, jul i avgust.

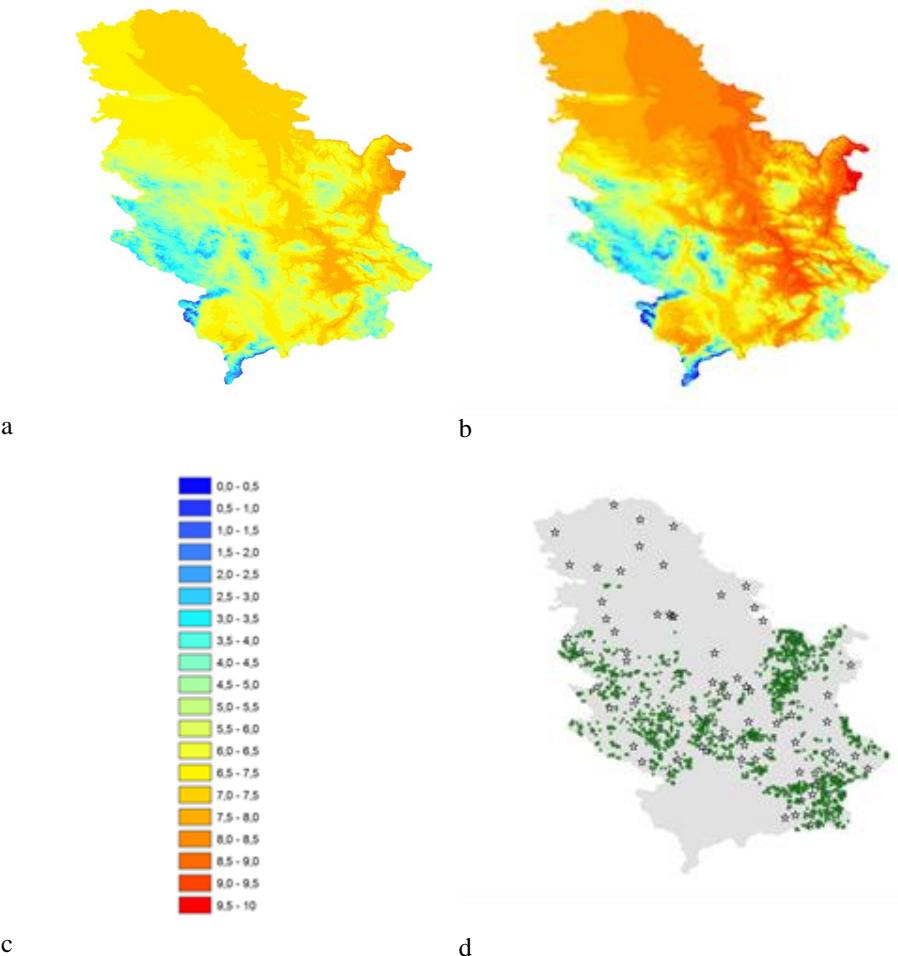
Klimatski podaci su dobijeni od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije i predstavljaju osmatranja u periodu 1961-2010 na 74 meteorološke stanice. Za dva klimatska perioda 1961-1990 i 1981-2010, izračunati su indeksi suše za svaku meteorološku stanicu i nakon toga je izvršena interpolacija metodom kriginga. Dobijene mape su preklapljene sa podacima distribucije bukve iz Nacionalne inventure šuma (Banković et al., 2009) pomoću ArcGIS 9.3.1 paketa. Izračunata je i grafički predstavljena distribucija bukve u različitim kategorijama aridnosti na osnovu indeksa suše.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Dobijeni podaci za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010 su izdeljeni u kategorije od 0,5 podeoka i predstavljeni mapama (Mapa 1.).

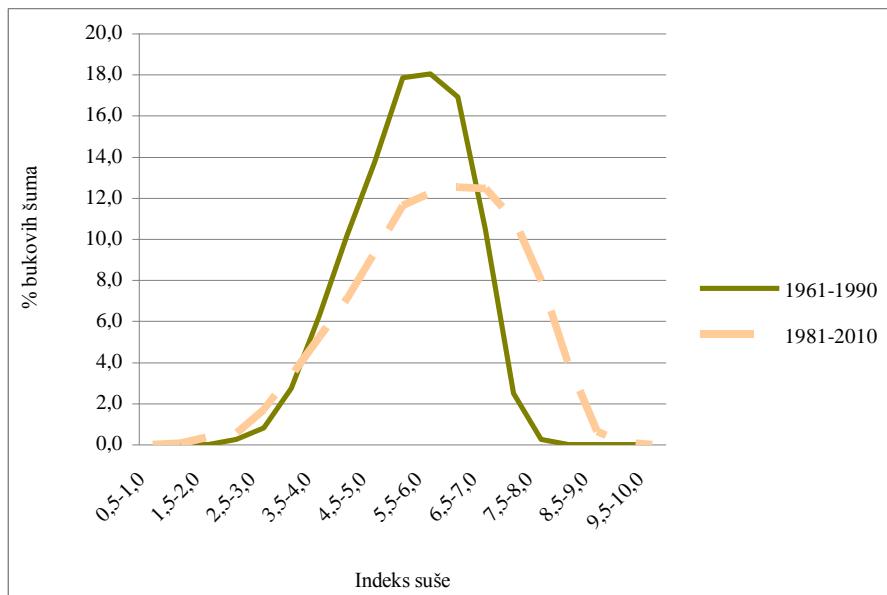
Mapa 1. Distribucija kategorija aridnosti, bukovih šuma i rasporeda meteoroloških stanica u Srbiji (a – period 1961-1999; b – period 1981-2010; c – legenda za indeks suše; d – distribucija bukovih šuma (zelene tačke) i rasporeda meteoroloških stanica (zvezdice))

Map 1 Distribution of forest aridity index categories and distribution of beech forests and meteorological stations in Serbia (a - period 1961-1999, b - period 1981-2010, c - legend for forest aridity index, d - distribution of beech forest (green dots) and distribution of meteorological stations (stars))



Na prikazanim mapama jasno se uočava porast inteziteta suše (veće vrednosti indeksa) na gotovo celoj teritoriji Srbije u periodu 1981-2010. Preklapanjem tri prikazane mape dobijena je distribucija bukovih šuma po različitim zonama indeksa suše (Grafikon 1.) za periode 1961-1990 i 1981-2010.

Grafikon 1. Grafički prikaz relativnog udela današnjih bukovih šuma (%) u različitim kategorijama indeksa suše za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010.
Graph 1 Graphical representation of the relative present share of beech forests (%) in different categories of forest aridity index for climate periods 1961-1990 and 1981-2010.



Iako su Führer et al., (2011) odredili referentne granice (bukva <4.75; grablužnjak 4.75 – 6.00; kitnjak i cer 6.00 – 7.25; šumo-stepa > 7.25), sa Grafikona 1. se jasno uočava da je granica bukve u periodu 1961-1990 na osmom podeoku, dok se za period 1981-2010 ta granica povećala i nalazi u blizini devetog podeoka (detaljnije u Tabeli 1.). Razlika referentnih vrednosti za Mađarsku i naših rezultata se može objasniti činjenicom da se bukva u Srbiji nalazi južnije nego Mađarskoj i da se adaptirala na topliju klimu. Argument u prilog postojanja bukve u klimi predodređenoj za hrast (po Führer et al., 2011) iznosi Foteli et al., (2009), koji navode podatak da su populacije bukve u južnom delu areala (Grčka) pokazale veći ekofiziološki kapacitet za adaptaciju na sušu. Iako je porast aridnosti u ovom regionu očigledna, značajniji mortalitet u bukovim šumama u Srbiji do sad nije zabeležen. Nasuprot tome, u Mađarskoj Lakatos i Molnár, (2009) beleže masovni mortalitet u bukovim šumama u sušnom periodu 2000-2004. Takođe, Raftoyannis i Radoglou, (2002) su uočili negativne promene u bujnosti bukve

za razliku od hrasta kitnjaka u prirodnim mešovitim sastojinama tokom sušnih leta u Grčkoj, što sugerise potencijalni način sukcijske bukovih šuma u budućnosti. Predstavljeni rezultati ne prikazuju drastičnu promenu u klimatskim uslovima u odnosu na sadašnju rasprostranjenost bukve u Srbiji, ali ukazuju na trend koji u perspektivi može imati značajniji uticaj na posmatrane šume. Kako će se promene klime odraziti na različite delove areala bukve u Srbiji, može se kvantifikovati i pomoći indeksu suše i klimatskih projekcija, što se nameće kao zadatak budućim studijama.

Tabela 1. Relativni udeo današnjih bukovih šuma (%) u različitim zonama indeksa suše za klimatske periode 1961-1990 i 1981-2010

Table 1 The relative share of current beech forests (%) in different categories of forest aridity index for climate periods 1961-1990 and 1981-2010

Indeks suše	Udeo bukve (%) u periodu 1961-1990	Udeo bukve (%) u periodu 1981-2010
0,5-1,0	0.0	0.0
1,0-1,5	0.0	0.1
1,5-2,0	0.0	0.4
2,0-2,5	0.2	0.5
2,5-3,0	0.8	1.7
3,0-3,5	2.7	3.4
3,5-4,0	6.3	5.2
4,0-4,5	10.2	7.1
4,5-5,0	13.7	9.3
5,0-5,5	17.8	11.6
5,5-6,0	18.0	12.2
6,0-6,5	16.9	12.5
6,5-7,0	10.5	12.5
7,0-7,5	2.5	11.0
7,5-8,0	0.2	7.9
8,0-8,5	0.0	3.9
8,5-9,0	0.0	0.6
9,0-9,5	0.0	0.1
9,5-10,0	0.0	0.0

4. ZAKLJUČAK

Trend porasta aridnosti u ovom regionu usled klimatskih promena nameće pitanja kako predvideti intezitet tih promena i kako se prilagoditi. U cilju

predviđanja promena u bukovim šumama u Srbiji biće neophodno sagledati pitanje iz različitih uglova. Raspoložive metode su simulacije odgovora bukova šuma pomoću procesnih ili modela zasnovanih na ekološkim nišama, a podržanih podacima iz klimatskih modela. Za buduću adaptaciju, biće neophodno pažljivo razmotriti različite strategije adaptivnog gazdovanja.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Božanić D., Gasperić M. (editori) (2010): Initial National communication of the Republic of Serbia under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Belgrade, 2010. www.unfccc.int/resource/docs/natc/srbnc1.pdf
- Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A., Szabados I. (2011): Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115 (3), 205-216.
- Fotelli M.N., Nahm M., Radoglou K., Rennenberg H., Halyvopoulos G., Matzarakis A. (2009): Seasonal and interannual ecophysiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) at its south-eastern distribution limit in Europe. *Forest Ecol. Manag.* 257, 1157-1164.
- Stojanović, Lj. (editor) (2005): Bukva u Srbiji. Udrženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet, Beograd.
- Tomić, Z. (1992): Šumske fitocenoze Srbije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change. 2007. http://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1
- Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N. (2009): Nacionalna inventura šuma Republike Srbije - Šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume, Beograd.
- The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Rio de Janeiro, 1992. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, 1997.
- Lakatos F., Molnar, M. (2009): Mass mortality of beech on Southwest Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 5, 75–82.
- Raftoyannis Y., Radoglou K., 2002. Physiological responses of beech and sessile oak in a natural mixed stand during dry summer. *Ann. Bot.* 89, 723-730.

Summary

***THE USE OF FOREST ARIDITY INDEX FOR THE EVALUATION OF CLIMATE
CHANGE IMPACT ON BEECH FORESTS IN SERBIA***

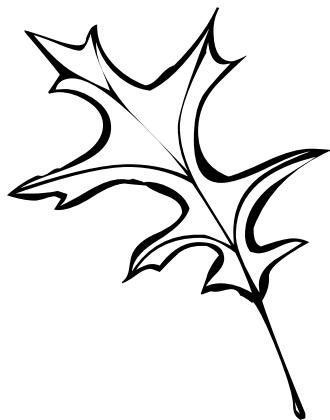
by

*Stojanović Dejan, Matović Bratislav, Orlović Saša, Kržić Aleksandra, Đurđević Vladimir,
Galić Zoran, Vuković Ana, Vučadinović Mirjam*

European beech in Serbia is the current most common and most important tree species. According to data from the National Forest Inventory, beech forests cover 29.3% of forested land in Serbia. The projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change show that in this region the average annual temperature could increase by as much as 3.8 degrees Celsius for the A2 scenario in the 21st century. Same projections suggest that climate extremes will be more frequent with larger amplitude.

The goal of this research was to quantify changes in aridity in Serbia over the past 50 years. Forest aridity index (FAI) was used for this purpose. Acquired results showed that the period 1981-2010 was considerably drier in comparison with the period 1961-1990.

Trend of aridity increase in the region due to climate change raise questions about how more arid conditions will influence European beech forests and how to adapt. In that purpose it was suggested usage of models based on growth processes and models which are based on ecological niches.



STANIŠNE I KLIMATSKE KARAKTERISTIKE U PROVENIJEJENIČNIM TESTOVIMA BUKVE NA FRUŠKOJ GORI I U DEBELOM LUGU

Stojnić Srđan¹, Orlović Saša¹, Galić Zoran¹, Vasić Verica¹, Vilotić Dragica², Knežević Milan², Šijačić-Nikolić Mirjana²

Izvod: Prvi provenijenični testovi bukve u Srbiji su osnovani u proleće 2007. godine u okviru COST akcije E52: „Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry“. Testovi su osnovani na dva lokaliteta: Fruška gora (severni deo Srbije) i Debeli Lug (istočni deo Srbije). S obzirom da se u prethodnim godinama, istraživanje varijabilnosti i adaptibilnosti provenijencija bukve vršilo parallelno u oba testa, nametnula se potreba da se detaljnije ispitaju klimatske i stanišne karakteristike lokaliteta, kako bi se stvorila jasnija slika o njihovom uticaju na istraživane osobine kod bukve. S toga je u radu dat detaljan, uporedni prikaz: a) klimatskih karakteristika lokaliteta, b) pedoloških karakteristika lokaliteta i c) stepen prisutnosti i pokrovnosti predstavnika korovske vegetacije. Od klimatskih parametara su prikazane godišnje i srednje mesečne vrednosti najvažnijih klimatskih elemenata: prosečna temperatura vazduha, suma padavina, pluviometrijski i hidrični bilans; klimatsko-geografske karakteristike – termodromski koeficijent po *Kerner*-u, *Lang*-ov kišni faktor, pluviometrijska ugroženost i indeks suše po *De Martonn*-u. Pripadnost istraživanih područja određenim klimatskim tipovima je određena po metodu *Thornthwaite-Mather*-a i *Lang*-a. Pedološke karakteristike lokaliteta su date kroz fizičke i hemijske osobine zemljišta. Fitocenološka snimanja su obavljena po metodu *Braun-Blaquet*. Životne forme biljaka određene su prema *Raunkiaer* - u. Rezultati istraživanja upućuju na zaključak da se lokaliteti Fruška gora i Debeli Lug u velikoj meri razlikuju u pogledu posmatranih karakteristika, a samim tim i pogodnosti za rast sadnica bukve.

Ključne reči: bukva, provenijenični test, klimatske karakteristike, pedološke karakteristike, korovska vegetacija.

ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS IN THE EUROPEAN BEECH PROVENANCE TRIALS AT FRUŠKA GORA MOUNTAIN AND DEBELI LUG

Abstract: The first provenance trials of European beech in Serbia were established in spring of 2007 in the framework of COST Action E52: „Evaluation of Beech Genetic Resources for

¹ Dipl.ing. Srđan Stojnić, istraživač saradnik; prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik; dr Zoran Galić, naučni savetnik; dr Verica Vasić, naučni saradnik; Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, e-mail: srdjan_stojnic@yahoo.com

² Prof. dr Dragica Vilotić, redovni profesor; prof. dr Milan Knežević, redovni profesor; prof. dr Mirjana Šijačić-Nikolić, redovni profesor. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11000 Beograd.

Sustainable Forestry". Trials are placed on two localities: Fruška Gora Mountain (northern part of Serbia) and Debeli Lug (eastern part of Serbia). In the previous years, several studies regarding variability and adaptability of different European beech provenances were conducted in these sites. In order to understand the complex effect of site characteristics on provenance performances, it was needed examination of environmental characteristics of given localities. Therefore, the aim of this study is detail, comparative analysis of: a) climate characteristics of sites, b) pedological characteristics of sites and c) degree of presence and cover value of weed flora. Annual and mean monthly values of major climate elements, significant for the development of vegetation are presented: mean temperature, sum of precipitations, pluviometric and hydric balance, climate-geographical characteristics – thermodrome coefficient after Kerner, Lang's rain factor, pluviometric hazard and drought index after De Martonn. Climate type was determined using Thornthwaite-Mather and Lang's method. Pedological characteristics are given through the physical and chemical properties of soil. Phytocenological observations were performed using Braun-Blaquet method. Life form of plants was determined after Raunkiaer. Results revealed significant differences in environmental characteristics between sites Fruška Gora Mt and Debeli Lug, which could lead to different performances of provenances depending on site of planting.

Keywords: European beech, provenance trial, climat characteristics, pedological characteristics, weed flora.

1. UVOD

Bukva je najzastupljenija vrsta drveća u Srbiji. Prema podacima iz Nacionalne inventure šuma, (2009), čiste bukove šume se prostiru na površini od 660,400 ha, što predstavlja 29.3% ukupno obrasle površine šumom. Cvjetićanin, (2003) navodi da je bukva u Srbiji vrlo rasprostranjena u horizontalnom i vertikalnom rasporedu i da s obzirom na veliku prostornu zastupljenost, gradi čiste i mešovite šumske zajednice počevši od pojasa hrastova, pa sve do subalpijskog pojasa vegetacije.

Bukove sastojine se obrazuju na svim vrstama zemljišta, u različitim klimatskim podnebljima, tako da se ne može govoriti o uniformnim karakteristikama zemljišta u bukovim šumama (Standováří Kenderes, 2003). Bukva raste na izrazito kiselim do ekstremno bazičnim zemljištima, zauzima sve ekspozicije, i u orografskom smislu se javlja u svim vegetacijskim pojasevima, od planinskog do subalpijskog (Tinajstić, 2003). Pule, (1995) navodi da je bukva generalno indiferentna prema zemljišnom supstratu, mada najbolje uspeva na bogatim zemljištima, a da izbegava peskovita, vlažna i siromašna zemljišta. Prema Kneževiću, (2003), bukove zajednice u Srbiji se javljaju na 10 tipova zemljišta, koja su obrazovana na različitim petrografskim supstratima i karakterišu se različitim proizvodnim potencijalima.

Posmatrano sa aspekta optimalnih klimatskih uslova za rast, bukva se na Balkanu javlja uglavnom u delovima sa umerenom kontinentalnom klimom (Spanosi Gaitanis, 2010). Peters, (1997) navodi da u južnoj Evropi, bukva toleriše srednju godišnju temperaturu vazduha do 14°C, pod uslovom da postoji dovoljno vode u zemljištu. Prema podacima koje u monografiji: "Bukva u Srbiji" daju Krstić i Cvjetićanin, (2005) prosečna godišnja temperatura vazduha u pojusu bukovih šuma u Srbiji se kreće između 4.2 – 8.3°C.

S obzirom da su provenijenični testovi bukve osnovani na "otvorenim" poljima i sa velikim međurednim prostorom (razmak sadnje je iznosio 2 m između redova i 1 m između biljaka u redu), ovi testovi, u ranim fazama razvoja, predstavljaju pogodno mesto za razvoj floristički bogate i raznovrsne korovske vegetacije. Štetan uticaj korovske vegetacije na sadnice drvenastih vrsta se ogleda kroz stvaranje konkurenkcije, oduzimanje hranljivih materija i vode iz zemljišta, kao i stvaranje zasene mladim biljkama, što vodi ka fiziološkom slabljenju sadnica, smanjenju prirasta, pa čak i njihovom sušenju (Vasić et al., 2005; Vasić i Konstantinović, 2008). Tako na primer, prisutna travna vegetacija uzrokuje smanjenje vlage u zemljištu čime negativno utiče na rast i preživljavanje sadnica u prvim godinama, što posebno dolazi do izražaja za vreme sušnih godina (Zimda, 2007). Istraživanje uticaja korovske vegetacije na prirast i razmenu gasova kod dvogodišnjih sadnice hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*) je pokazalo da je prisutna korovska vegetacija redukovala asimilaciju ugljenika i rast sadnica lužnjaka, kao i da je nadzemna konkurenca za svetlošću uticala na redukciju fotosintetičkog kapaciteta, transpiracije i ukupne biomase kod sadnica (Jensen et al., 2011).

Prvi provenijenični testovi bukve u Srbiji su osnovani u proleće 2007. godine u okviru COST akcije E52: "Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry". Testovi su osnovani na dva lokaliteta: Fruška gora (severni deo Srbije) i Debeli Lug (istočni deo Srbije). Ekološki uslovi koji preovladavaju na određenoj lokaciji uslovjavaju izvesne razlike u rastu između provenijencija. Bobinac (2005), divergenciju u visinskom rastu kod sadnica bukve, prevashodno pripisuje sredinskim faktorima, koji primarno opredeljuju rast i utiču na formiranje različitih tipova rasta. Iz tog razloga se preporučuje da se eksperimentalni zasadi podižu na više od jednog mesta, u vidu eksperimentalne serije. Kang (1993), diskutujući o nedostacima osnivanja testova na samo jednom lokalitetu, kao argument navodi mogućnost odbacivanja pojedinih neperspektivnih genotipova u ranoj fazi programa oplemenjivanja, iako odbačeni genotipovi mogu imati potpuno drugačije osobine (potencijal) u drugim stanišnim uslovima ili kasnijim godinama istraživanja. Takođe, testiranje provenijencija na samo jednom lokalitetu pruža ograničene informacije o potencijalu provenijencija, s obzirom na nemogućnost testiranja interakcije "provenijencija x lokalitet". Testiranjem provenijencija u različitim stanišnim uslovima mogu se identifikovati provenijencije koje se karakterišu specifičnom adaptabilnošću, kao i one koje se karakterišu opštom adaptibilnošću (Kang, 2003).

Brojna istraživanja su pokazala da na preživljavanje i rast sadnica bukve utiče niz stanišnih i klimatskih faktora, kao što su temperatura vazduha (Saxe i Kershaw, 2005), kvalitet i kvantitet svetlosti (Löf, et al. 2005), dostupnost vode u zemljištu (Fender, et al. 2011), plodnost zemljišta (Minton i Pinzauti, 1996), forma humusa (Harely, 1949), konkurentnost sa drugim biljnim vrstama (Nakashizuka, 1987; Peters et al., 1992), itd. Kako bi se stvorila jasnija slika o pogodnosti lokaliteta Fruška gora i Debeli Lug za rast sadnica bukve, u radu je dat uporedni prikaz: a) klimatskih karakteristika lokaliteta, značajnih za razvoj vegetacije, b) pedoloških karakteristika lokaliteta (fizičke i hemijske osobine zemljišta) i c) stepena prisutnosti i pokrovnosti korovske

vegetacije. Dobijeni podaci bi trebali da predstavljaju polaznu osnovu u razumevanju uticaja stanišnih i klimatskih karakteristika lokaliteta, ne samo na preživljavanje i rast sadnica bukve, nego i na različite fiziološke, morfološke i anatomske osobine kod provenijencija.

2. MATERIJAL I METOD RADA

2.1. Lokaliteti istraživanja

Provenjenični test na Fruškoj gori osnovan je na teritoriji Javnog preduzeća "Nacionalni park Fruška gora". Nalazi se u G.J. 3804 "Popovica-Majdan-Zmajevac", odeljenje 29, odsek f. Karakteriše ga severozapadna ekspozicija, nadmorska visina 366-375 m i nagib od oko 30°. GPS koordinate ogledne površine su: N 45°10', E 19°47'.



Slika 1. Lokaliteti na kojima su osnovani provenjenični testovi bukve u Srbiji.
Figure 1. Locations of European beech provenance trials in Serbia.

Provenjenični test u Debelom Lugu nalazi se u okviru Nastavne baze Šumarskog fakulteta "Majdanpečka Domena", lokalitet "Pripor-felješana", KO "Debeli Lug", parcela 824. Nalazi se na nadmorskoj visini od 742 m, istočne je

ekspozicije i ujednačenog nagiba. GPS koordinate ogledne površine su: N 44°19', E 21°52'. Na slici 1 je prikazan prostorni položaj provenjeničnih testova bukve, na karti Republike Srbije.

2.2. Klimatske karakteristike lokaliteta Fruška gora i Debeli Lug

Za prikazivanje klimatskih prilika područja istraživanja korišćeni su podaci sa klimatoloških stanica na Iriškom vencu (za period od 1961 – 1990. godine) i Debeldom Lugu (za period 1952 – 1980. godine). Prikazane su godišnje i srednje mesečne vrednosti najvažnijih klimatskih elemenata, značajnih za razvoj vegetacije: temperaturni uslovi, pluviometrijski i hidrični bilans, klimatsko-geografski pokazatelji: termodromski koeficijent po *Kerner* – u, kontinentalnost područja, *Lang* - ov kišni faktor koji daje osnovnu klimatsko-vegetacijsku klasifikaciju, pluviometrijska ugroženost i indeks suše po *De Martonn* – u, koji određuje tip oticanja vode i potrebu za navodnjavanjem, kao i klimatski tip po metodu *Thornthwaite-Mather-a* i *Lang-a*

Primenjivan je isti postupak rada, koji su u svojim istraživanjima koristili: Babić i Milovanović, (2003) i Babić, (2008).

2.3. Pedološke karakteristike lokaliteta Fruška gora i Debeli Lug

Proučene fizičke i hemijske osobine su određene po standardnim metodama opisanim u priručnicima: "Metode fizičkih proučavanja zemljišta" i "Hemijske metode proučavanja zemljišta" (JDPZ, 1971; JDPZ, 1977). Granulometrijski sastav zemljišta (%) je određen po međunarodnoj B-pipet metodi sa pripremom u natrijevom pirofosfatu, sa izdvajanjem četiri frakcije (Bosnjak, et al. 1997). Za razvrstavanje čestica granulometrijskog sastava korišćena je klasifikacija Atteberg - a. Sadržaj humusa (%) određen je po metodu *Tjurin* – a, u modifikaciji *Simakov* - a (1957) (Škorić i Sertić, 1966). Sadržaj azota (N), ugljenika (C) i odnos C/N (%) su određeni na CHN analizatoru: "Vario El III", proizvođača "Elementar".

Kapacitet adsorpcije katjona je određen računski prema formuli:

$$T = S + H$$

gde je:

S – suma adsorbovanih katjona,
H – hidrolitička kiselost.

Stepen zasićenosti bazama je određen prema formuli:

$$V = S T^{-1}$$

gde je:

S – suma adsorbovanih katjona,
T – kapacitet adsorpcije katjona.

2.4. Ocena stepena prisutnosti i pokrovnosti korovske vegetacije

Istraživanja korovske flore u provenijeničnim testovima bukve obuhvatila su sakupljanje, herbarizovanje i determinaciju biljnog materijala. Determinacija korovskih vrsta obavljena je prema J a v o r k a i C s a p o d y (1958), J o s i f o v ić , (1970-1977), K o j ić i J a n j ić , (1994), B u c a l o , et al. (2007). Fitocenološka snimanja su obavljena po metodu *Braun-Blaquet* (1964). Životne forme biljaka određene su prema *Raunkiaer-* u (R a u n k i a e r , 1934), koje su date u knjizi "Vaskularne biljke Srbije" (Kojić et al., 1997). Skraćenice koje su korišćene u tabeli za životne forme su: T–terofita, H–hemikriptofita, G–geofita, P–fanerofite, NP–nanofanerofita.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Klimatske karakteristike

Srednja godišnja temperatura vazduha na Fruškoj gori, u posmatranom periodu, je iznosila 11.2°C. Najmanja prosečna mesečna temperatura vazduha je bila u januaru (-0.6°C), dok je najveća prosečna temperatura vazduha zabeležena tokom jula meseca (21.4°C). Srednja temperatura vazduha tokom vegetacionog perioda je 17.9°C. U Debelom Lugu, srednja godišnja temperatura vazduha iznosi 8.8°C. Najniža i najviša srednja mesečna temperatura vazduha su, kao i na Fruškoj gori, zabeležene tokom januara (-2.4°C), odnosno jula meseca (18.8°C). Srednja temperatura vazduha u Debelom Lugu, tokom vegetacionog perioda iznosi 15.3°C. Godišnja količina padavina, u istraživanom periodu, za Frušku goru iznosi 795 mm vodenog taloga. Srednja visina padavina u toku godine je sa izraženim maksimumom u junu mesecu (103 mm), dok su minimumi količine padavina (od 47 do 55 mm) u februaru i martu, u proljeće, i u septembru i u oktobru, u jesenjem periodu. Godišnja količina padavina, u istraživanom periodu, na području Debelog Luga iznosi 829 mm vodenog taloga. Srednja visina padavina u toku godine je sa dva izražena maksimuma. Prvi je u junu mesecu sa vrednošću od 82.3 mm, a drugi u novembru sa 75 mm. Minimumi su u februaru i septembru sa istom vrednošću od 51 mm.

3.1.1. Hidrični bilans po Thornthwaite-Mather-u

Izračunati elementi hidričnog bilansa (odnosa manjka i viška vode u zemljištu), za data područja, su prikazani u tabelama 1 i 2. Potencijalna evapotranspiracija (PE), tj. količina vode koja ispari pri datim energetsko-temperaturnim uslovima, u Debelom Lugu, na godišnjem nivou iznosi 620 mm, a u toku vegetacionog perioda 548 mm, odnosno oko 66% od ukupne količine. Stvarna evapotranspiracija (SE), pored energetsko-temperaturnih uslova, zavisi još i od količine padavina. Na godišnjem nivou iznosi 588 mm, a u vegetacionom periodu 515 mm, odnosno 83% od potencijalne (maksimalno moguće).

Tabela 1. Hidrični bilans po *Thornthwaite-Mather-u* za područje Debelog Luga.
Table 1. Hydric balance after Thornthwaite-Mather for Debeli Lug.

Mesec <i>Month</i>	T (°C)*	i	PE	P	R _{ipv}	SE	M	V
I	-2.4	0.0	0	57	100	0	0	57
II	0.1	0.0	0	51	100	0	0	51
III	3.1	0.48	14	56	100	14	0	42
IV	8.9	2.39	46	71	100	46	0	25
V	13.8	4.65	87	102	100	87	0	15
VI	17.5	6.66	109	103	94	109	0	0
VII	18.8	7.43	123	76	46	123	0	0
VIII	18.0	6.95	109	52	0	98	11	0
IX	14.5	5.01	73	51	0	51	22	0
X	9.2	2.52	42	64	22	42	0	0
XI	4.4	0.82	16	75	81	16	0	0
XII	-0.1	0.0	0	71	100	0	0	52
Godina <i>Year</i>	8.8	36.93	620	829		588	33	241
Veg.per. <i>Growing season</i>	15.3		548	455		515	33	40

Indeks humidnosti = 38.9213; Indeks aridnosti = 5.29709; Klimatski indeks = 35.7431

Humidity index = 38.9213; Aridity index = 5.29709; Climate index = 35.7431

* Oznake: T – prosečna temperatura vazduha; i – mesečni kalorični indeks; PE – potencijalna evapotranspiracija; P – količina padavina (mm); R_{ipv} – rezerva vode u zemljištu; SE – stvarna evapotranspiracija; M – manjak (nedostatak) vode u zemljištu; V – višak vode u zemljištu.

* Labels: T – average air temperature; i – average caloric index; PE – potential evapotranspiration; P – sum of precipitations (mm); R_{ipv} – soil water reserve; SE – real evapotranspiration; M – soil water deficit; V – soil water surplus

Manjak, odnosno nedostatak vode u zemljištu (M), javlja se od avgusta do septembra (samo u sušnom delu godine) – u toku vegetacionog perioda, sa ukupnom vrednošću od 33 mm. Najizraženiji manjak vlage ima septembar sa 22 mm. Na drugoj strani, višak vode u zemljištu (V) se javlja u hladnjem delu godine – od decembra do maja meseca sa maksimumom u januaru (57 mm) i na godišnjem nivou iznosi 241 mm.

Kada je reč o Fruškoj gori, potencijalna evapotranspiracija na godišnjem nivou iznosi 720 mm, od čega 617 mm (77.6%) otpada na vegetacioni period. Stvarna evapotranspiracija na godišnjem nivou iznosi 628 mm, a u vegetacionom periodu 538 mm, odnosno 76% od potencijalne. Nedostatak vode u zemljištu se javlja od avgusta do oktobra sa ukupnom vrednošću od 82 mm. Najizraženiji manjak vlage ima avgust sa 46 mm. Višak vode u zemljištu se javlja se u hladnjem delu godine (decembar – maj), i na godišnjem nivou iznosi 167 mm.

Tabela 2. Hidrični bilans po *Thornthwaite-Mather-u* za područje Fruške gore.
 Table 2. Hydric balance after *Thornthwaite-Mather* for *Fruška Gora Mt.*

Mesec Month	T (°C)*	i	PE	P	R _{ipv}	SE	M	V
I	-0.6	0.0	0	61	100	0	0	61
II	1.2	0.12	2	55	100	2	0	53
III	5.4	1.12	19	55	100	19	0	36
IV	11.6	3.58	54	64	100	54	0	10
V	16.0	5.82	94	81	87	94	0	0
VI	19.5	7.85	118	103	71	118	0	0
VII	21.4	9.04	139	81	13	139	0	0
VIII	21.2	8.91	127	68	0	81	46	0
IX	17.6	6.72	84	51	0	51	33	0
X	12.2	3.86	49	47	0	47	2	0
XI	6.5	1.49	18	63	45	18	0	0
XII	1.9	0.23	4	66	100	4	0	7
Godina Year	11.2	48.73	710	795		628	82	167
Veg.per. Growing season	17.9		617	448		538	79	10

Indeks humidnosti = 23.5217; Indeks aridnosti = 11.4932; Klimatski indeks = 16.6257

Humidity index = 23.5217; Aridity index = 11.4932; Climate index = 16.6257

* Oznake: T – prosečna temperatura vazduha; i – mesečni kalorični indeks; PE – potencijalna evapotranspiracija; P – količina padavina (mm); R_{ipv} – rezerva vode u zemljištu; SE – stvarna evapotranspiracija; M – manjak (nedostatak) vode u zemljištu; V – višak vode u zemljištu.

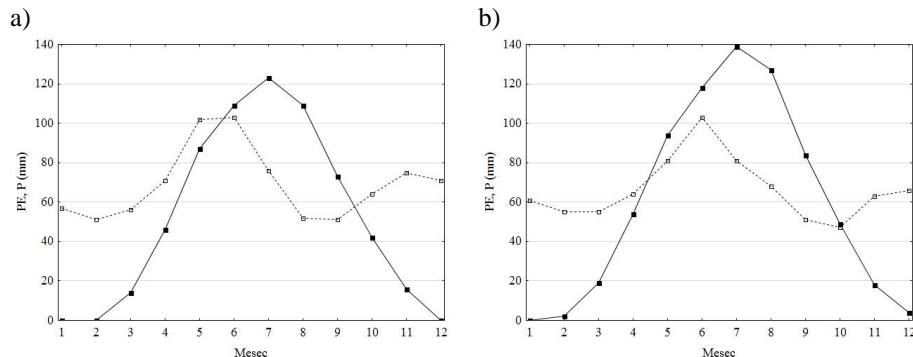
* Labels: T – average air temperature; i – average caloric index; PE – potential evapotranspiration; P – sum of precipitations (mm); R_{ipv} – soil water reserve; SE – real evapotranspiration; M – soil water deficit; V – soil water surplus

Prema rezultatima prikazanim u tabelama 1 i 2 može se videti da je u toku godine potencijalna evapotranspiracija veća od stvarne, osim u hladnjem, zimskom periodu kada su vrednosti PE i SE približno jednake.

Klimatski indeks (Ik): Klimatski indeks dođen na osnovu izračunatih vrednosti indeksa aridnosti (Ia) i humidnosti (Ih) prikazan je u tabelama 1 i 2. Prema veličini godišnjeg klimatskog indeksa na području Debelog Luga dominira *humidna blaga klima – tipa B₁*, dok na području Iriškog venca dominira *subhumidna blaža klima – tipa C₂*.

Grafikon 1. Klimadijagram po Thornthwaite-Mather-u za: a) Debeli Lug, b) Frušku goru.

Diagram 1. Climate-diagram after Thornthwaite-Mather for: a) Debeli Lug, b) Fruška Gora Mt.



Legenda: (■) – potencijalna evapotranspiracija (PE); (□) – količina padavina (P).

Legend: (■) – potential evapotranspiration (PE); (□) – sum of precipitations (P).

3.1.2. Klimatsko – geografske karakteristike

Klimatsko-geografske karakteristike determinišu međusobnu zavisnost geografskog položaja istraživanog područja i njegovih klimatskih karakteristika (Kolić, 1988). Za prikazivanje ovih međusobnih dejstava, mogu da posluže koeficijent po Kerner-u i indeks suše po De Martonne-u. Vrednosti izračunatih najvažnijih klimatsko-geografskih karakteristika prikazane su u tabeli 3. Stepen kontinentalnosti (KK), izražava uticaj karakteristika kopna na klimu. U analiziranim područjima, na osnovu vrednosti ovog elementa, konstatovano je da se radi o umereno kontinentalnoj klimi.

Tip oticanja vode i potreba za navodnjavanjem, na osnovu indeksa suše (Is) po De Martonne-u, pokazuje da na celom području Debelog Luga vlada *egzoreizam*, što znači da je to izrazito šumsko područje. U Debeldom Lugu je utvrđeno obilno oticanje vode, dok je na području Fruške gore utvrđeno stalno oticanje vode, ali ne obilno.

Tabela 3. Klimatsko-geografske karakteristike lokaliteta Debeli Lug i Fruška gora.
 Table 3. Climate-geographical characteristics of localities Debeli Lug and Fruška gora.

Područje Area	H (m)	Kontinentalnost područja Continentiality of area			Indeks suše po De Martonne-u Drought index after De Martonne
		KK (%)	Klimatski tip Climate type	Is	
Umerena kontinentalna klima <i>Temperate continental climate</i>					
Debeli Lug	300	1.4		44.1	Obilno <i>Abundant</i>
Umerena kontinentalna klima <i>Temperate continental climate</i>					
Fruška gora	420	2.7		33.9	Stalno oticanje vode, ali ne obilno <i>Constant water runoff, but not abundant</i>

3.1.3. Klasifikacija klime

Za potrebe klasifikacije klime na Fruškoj gori i u Debelom Lugu su korišćene klasifikacije klime po *Lang*-u i po *Thornthwaite-Mather*-u. *Lang*-ova bioklimatska klasifikacija, prikazana na osnovu godišnjih vrednosti kišnog faktora – (KF), ukazuje da su analizirana područje u oblasti *niske šume*, i da vlada humidna klima (tabela 5), što ukazuje da se šume ovde nalaze u svom klimatsko-fiziološkom (biološkom) optimumu. Klasifikacija klime po *Thornthwaite-Mather*-u, izvršena je na osnovu prikazanih vrednosti izračunatog hidričnog bilansa. Na području Debelog Luga vlada humidna blaga klima, tipa B_1 , dok na području Fruške gore vlada subhumidna vlažna klima, tipa C_2 .

Tabela 5. Klasifikacija klime.
 Table 5. Climate classification.

Područje Area	H (m)	Po Lang-u After Lang		Po Thornthwaite-Mather-u After Thornthwaite-Mather		
		KF	Klimatski tip Climate type	Ik	Klimatski tip Climate type	
Debeli Lug	300	94	Humidna klima <i>Humid climate</i>	35.7	B_1	Humidna blaga klima <i>Mild humid climate</i>
Fruška gora	420	71	Humidna klima <i>Humid climate</i>	16.6	C_2	Subhumidna blaža klima <i>Sub-humid milder climate</i>

3.2. Pedološke karakteristike

Na oba lokaliteta su determinisana zemljišta iz klase kambičnih zemljišta A-(B)-C. U Debelom Lugu je na osnovu klasifikacije zemljišta Jugoslavije (Škorić et al., 1985) determinisan tip smeđeg zemljišta na krečnjaku, dok je na Fruškoj gori

determinisano kiselo smeđe zemljište. Smeđe zemljište na krečnjaku se odlikuje teksturnim sastavom glinovita ilovača do glina, u odnosu na kiselo smeđe zemljište, gde je preovlađujuća teksturna klasa peskovita ilovača (tabela 3). Teksturna klasa glinovita ilovača do glina, na smeđem zemljištu na krečnjaku je posledica visokog sadržaja frakcije praha+gline, što može dovesti do nepovoljnih vodno-vazdušnih osobina usled mogućeg nedostatka vazduha u zemljištu.

Tabela 3. Granulometrijski sastav i teksturna klasa zemljišta.
Table 3. Particle size composition and textural class of soil sample.

Lokalitet <i>Site</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	Granulometrijski sastav (%) Particle size composition (%)							Teksturna klasa <i>Textural class</i>
		> 0.2		0.2 – 0.02	0.02 – 0.002	< 0.002	Ukupno <i>Total</i>	Ukupno <i>Total</i>	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Debeli Lug	0-10	15.0	18.2	34.6	37.3	33.1	66.9	66.9	Glina <i>Clay</i>
	10-40	15.3	14.7	29.7	40.4	30.0	70.1	70.1	Glinovita ilovača <i>Clayish loam</i>
Fruška gora	0-10	21.3	38.5	26.4	13.8	59.8	40.2	40.2	Peskovita ilovača <i>Sandy loam</i>
	10-40	21.1	31.7	28.0	19.2	52.8	47.2	47.2	Peskovita ilovača <i>Sandy loam</i>

Hemiske osobine zemljišta su se najviše razlikovale po reakciji zemljišnog rastvora i stepenu zasićenosti bazama (tabela 4). Reakcija zemljišnog rastvora je bila niža na Fruškoj gori, dok su zasićenost zemljišta bazama, kao i sadržaj fosfora i kalijuma, bili veći u Debelom Lugu. Sadržaj humusa, ugljenika i azota su u proseku bili ujednačeni, ali se primećuje da je odnos C/N bio veći na Fruškoj gori, što upućuje na sporije raspadanje organske materije, u poređenju sa Debelim Lugom.

Tabela 4. Hemiske osobine zemljišta.
Table 4. Chemical characteristics of soil.

Lokalitet <i>Site</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	pH u H ₂ O <i>pH in H₂O</i>	T-S	S	T	V	Humus	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			cmol kg ⁻¹				%				mg/100g	
Debeli Lug	0-10	6.05	16.74	19.80	36.54	53.59	5.55	3.22	0.35	9.36	12.40	54.00
	10-40	6.09	19.69	16.80	32.16	51.90	4.00	2.32	0.40	9.39	12.35	21.25
Fruška gora	0-10	5.87	22.77	5.50	28.27	19.45	4.32	2.51	0.18	13.79	9.11	7.33
	10-40	4.88	14.90	5.26	20.10	25.87	3.98	2.31	0.15	15.40	10.42	8.41

Fizičke i hemijske osobine zemljišta u velikoj meri određuju stepen preživljavanja i produktivnost sadnica bukve. Sulkowska et al., (2011), pozivajući se na rezultate istraživanja koje su objavili drugi autori navodi da bi u

uslovima Danske sadržaj frakcije gline (prečnika 0.02 mm) trebao da bude minimalno 8%, kako bi se obezbedio dobar rast sadnica bukve (G a d e k a r , 1975), odnosno da bi sadržaj gline od 18% bio neophodan za optimalan rast sadnica na staništima sa većom koncentracijom kalcijuma (C h o d z i c k i , 1934). Kada su u pitanju hemijske osobine zemljišta, L j u n g s t r ö m i S t j e r n q u i s t , (1993) navode da kisela zemljišta negativno utiču na preživljavanje i rast sadnica bukve. H a r l e y (1949) je utvrdio da sadnice bukve mnogo bolje rastu na zemljištima bogatim kalcijum, magnezijumom i kalijumom, nego braon i podzolastim zemljištima bez krečnjačke geološke podloge. Sadržaj humusa u zemljištu je takođe veoma značajan za rast biljaka. P o n g e i F e r d y , (1997) su utvrdili da je razvoj sadnica bukve u velikoj meri kontrolisan mikrostanišnim uslovima, pri čemu je tip humusa u najvećoj meri uticao na njihovu veličinu. Sulkowska et al., (2011) navode da su za bukvu najpovoljnija zemljišta sa mul tipom humusa, dok zemljišta koja se karakterišu sirovim humusom utiču inhibitorno na razvoj korenovog sistema.

3.3. Stepen prisutnosti i pokrovnosti korovske vegetacije

Korovska vegetacija je sposobna da nadvlada sadnice drveća pre svega formirajući gust korenov sistem u površinskim slojevima zemljišta (Coll et al., 2003), čija građa mu, uz to, omogućava da efikasno koristi zemljišne resurse (voda i hranljive materije) (Fitter et al., 1991). Istraživanje je pokazalo da je u Debeldom Lugu postojao znatno izraženiji specijski diverzitet korovske vegetacije nego na Fruškoj gori. U Debeldom Lugu je registrovana 21 korovska vrsta (tabela 5), dok je na Fruškoj gori registrovano svega 8 (tabela 6).

Na oba lokaliteta, najveći stepen prisutnosti i pokrovnosti konstatovan je kod kupine (*Rubus caesius* L.). Istraživanje koje su u uslovima umerene suše sproveli Fotelli et al., (2005) pokazalo je da negativan uticaj kupine (*Rubus fruticosus* L.) na fiziološke procese kod sadnica bukve zavisi od intenziteta svetlosti i temperature vazduhe. Na Fruškoj gori, u poređenju sa kupinom, sve ostale vrste su bile zastupljene u znatno manjem stepenu, dok su se u Debeldom Lugu većim stepenom prisutnosti i pokrovnosti karakterisale ježevica (*Dactylis glomerata* L.) i šumska jagoda (*Fragaria vesca* L.). Posmatrano kroz životnu formu biljaka, na oba lokaliteta domiraju hemikriptofite. Od ukupnog broja registrovanih korovskih vrsta na lokalitetima, ove biljke su bile zastupljene sa 50% na Fruškoj gori, odnosno sa oko 71%, u Debeldom Lugu.

Tabela 5. Korovska flora u provenjeničnom testu bukve u Debelom Lugu
 Table 5. Weed flora in the beech provenance trials at the locality Debeli Lug.

Familija Family	Biljne vrste Plant species	St. prisutnosti /Pok. vrednost Degree of presence/Cover value	Životna forma Life form
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i> L.	3.2	H
Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i> L.	3.2	H
Asteraceae	<i>Stenactis annua</i> (L.) Ness.	3.2	H
Asteraceae	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	+	G
Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	2.2	H
Asteraceae	<i>Centaurea cyanus</i> L.	1.1	T
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> Weber.	+	H
Caprifoliaceae	<i>Sambucus ebulus</i> L.	3.2	H
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> L.	2.1	H
Lamiaceae	<i>Salvia sclarea</i> L.	2.2	H
Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	2.2	H
Fabaceae	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	2.1	H
Poaceae	<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	1.1	T
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L.	3.3	H
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	1.1	G
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	+	H
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	3.2	H
Rosaceae	<i>Fragaria vesca</i> L.	3.3	H
Rosaceae	<i>Rubus caesius</i> L.	4.4	P
Rosaceae	<i>Rosa canina</i> L.	+	NP
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	2.1	H

Tabela 6. Korovska flora u provenjeničnom testu bukve na Fruškoj gori.
 Table 6. Weed flora in the beech provenance trials at the locality Fruška gora.

Familija Family	Biljne vrste Plant species	St. prisutnosti/Pok. vrednost Degree of presence/Cover value	Životna forma Life form
Asteraceae	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	+	G
Brassicaceae	<i>Lepidium campestre</i> (L.) R. Br.	+	T
Lamiaceae	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	+	H
Poaceae	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	2.1	H
Ranunculaceae	<i>Clematis vitalba</i> L.	1.1	P
Rosaceae	<i>Rubus caesius</i> L.	4.4	P
Solanaceae	<i>Physalis alkekengi</i> L.	+	H
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	1.1	H

Razlog znatno većeg diverziteta korovske vegetacije u Debelom Lugu, treba verovatno tražiti u stanišnim uslovima koji vladaju na samim lokalitetima na kojima su provenjenični testovi osnovani. Diskutujući vezu između edafskih uslova i zastupljenosti korovske vegetacije, Zimda et al., (2007) navodi da brojnost korovske vegetacije u prvom redu zavisi od strukture zemljište, njegovog kapaciteta da zadržava vodu i količine hranljivih materija, a u manjoj meri od samog tipa zemljišta. Takođe, topla i vlažna zemljišta pogoduju klijanju semenu i rastu korovskih biljaka. U prilog ovoj konstataciji idu rezultati pedoloških istraživanja iz provenjeničnih testova, koji su predmet istraživanja, s obzirom da se zemljište na kome je osnovan provenjenični test u Debeldom Lugu odlikuje većim sadržajem humusa, azota (N), ugljenika (C), kao i povoljnijim odnosom C/N. Takođe, za razliku od Debelog Luga, gde je test osnovan na ravnom terenom, i u potpunosti izložen suncu, test na Fruškoj gori je osnovan na terenu koji se karakteriše velikim nagibom (30°), kao i severnom, hladnjom ekspozicijom. Bitno je napomenuti i da na Fruškoj gori postoji izražen rubni efekat okolnih, starijih sastojina, koje modifikuju mikroklimu u samom ogledu. Taj uticaj se najviše ogleda tokom vegetacionog perioda, s obzirom da su sadnice bukve, odnosno čitav test, u jutarnjim časovima, u senci koju stvaraju krošnje stabala okolnih sastojina.

4. ZAKLJUČAK

Lokaliteti na kojima se provenjenični testovi osnivaju treba da imaju klimatske i edafske uslove koji pokrivaju tipičan spektar lokaliteta u regionu budućeg pošumljavanja. Da bi se izbegli ozbiljni neuspesi u pošumljavanjima, samo one provenijencije sa dobrim osobinama u nekoliko provenjeničnih testova treba da budu preporučene za sadnju, s obzirom da se provenijencije sa superiornim performansama smatraju ekološki stabilnim.

Osim genetski uslovljenog potencijala rasta kod provenijencija, stanišne karakteristike mogu u većoj ili manjoj meri uticati na ovaj potencijal, s obzirom da provenijencije različito reaguju na uslove sredine. Takođe, česti su primeri da ekološki faktori utiču na rangiranje provenijencija na različitim staništima, usled čega se dešava da određene provenijencije koje na jednom lokalitetu pokazuju brz rast, na drugom spadaju u grupu spororastućih.

Rezultati istraživanja klimatskih i stanišnih karakteristika lokaliteta, na kojima su provenjenični testovi bukve u Srbiji osnovani, pokazuju da se lokaliteti u znatnoj meri razlikuju u pogledu proučavanih karakteristika, a samim tim i pogodnosti za rast sadnica bukve. Ove razlike se manifestuju kroz: (a) orografske i klimatske činioce (lokalitet Fruška gora se, u poređenju sa lokalitetom Debeli Lug, karakteriše nižom nadmorskom visinom, većim nagibom, manjom godišnjom sumom padavina i višom prosečnom temperaturom vazduha), (b) pedološke karakteristike lokaliteta (radi se o zemljištima formiranim na različitim supstratima, odnosno o različitim tipovima kambičnih zemljišta što rezultira različitim fizičkim i hemijskim osobinama zemljišta) i (c) stepen prisutnosti i pokrovnosti korovske vegetacije, (značajno veći specijski diverzitet na lokalitetu Debeli Lug).

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

5. LITERATURA

- Babić, V., Milovanović, D. (2003): Klimatske karakteristike u planinskoj šumi bukve na Brezovici. Šumarstvo 55(1-2), 125-132.
- Babić, V. (2008): Klimatske karakteristike Sremskog šumskog područja. Šumarstvo 60(4), 99-108.
- Bobinac, M. (2005): Divergencije u visinskom rastu podmlatka bukve na staništu acidofilne šume bukve (*Luzulo-Fagetum submontanum* Raj. 1956) B. Jov. 1979. 8th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions. Niš, Serbia and Montenegro. p. 121-128.
- Bošnjak, Đ., Hadžić, V., Babović, D., Kostić, N., Burlica, Č., Đorović, M., Pejković, M., Mihajlović, T.D., Stojanović, S., Vasić, G., Stričević, R., Gajić, B., Popović, V., Šekularac, G., Nešić, Lj., Belić, M., Đorđević, A., Pejić, B., Maksimović Livija, Karagić, D., Lalić, B., Arsenić, I. (1997): Metode istraživanja i određivanja svojstava zemljišta. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta Komisija za fiziku zemljišta, Novi Sad, str. 278.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie, 3. Auflage, Springer-Verlag, Wien.
- Bucalo, V., Brujić, J., Travar, J., Milanović, Đ. (2007): Flora Nacionalnog parka Kozara. Šumarski fakultet Univerziteta u Banja Luci i ERSAF-Regionalni zavod za upravljanje šumama i agrikulturom Pokrajine Lombardija, Milano.
- Chodzicki, E. (1934): Domieszka buka w sosniach jako czynnik edaficzny na piaszczystych popioloziemiach i buroziemach dyluwialnych. Skład Główny: Kasa im Mianowskiego, Warszawa.
- Coll, L., Balandier, P., Picon-Cochard, C., Prévosto, B., Curt, T. (2003): Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different light and vegetation composition conditions. Annals of Forest Science 60(7), 593-600.
- Cvjetićanin, R. (2003): Fitocenoze bukve u Srbiji. Šumarstvo 55(1-2), 107-112.
- Fender, A., Mantilla-Contreras, J., Leuschner, C. (2011): Multiple environmental control of leaf area and its significance for productivity in beech saplings. Trees 25, 847-857.
- Fitter, A.H., Stickland, T.R., Harvey, M.L., Wilson, G.W. (1991): Architectural analysis of plant root systems. I. Architectural correlates of exploitation efficiency. New Phytologist 118, 375–382.
- Fotelli, M.N., Rudolph, P., Rennenberg, H., Geßler, A. (2005): Irradiance and temperature affect the competitive interference of blackberry on the physiology of European beech seedlings. New Phytologist 165(2), 453-462.

- Gadekar, H. (1975): Ecological conditions limiting the distribution of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. near Schwarzenberg (Lucerne) Switzerland. Veroff Geobot nst Rubel 54, 3-98.
- Grupa autora (1977): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta. JDPZ. Novi Sad. s. 278.
- Javorka, S., Caspody, V. (1958): Erdo mezzo viragai a Magiar flora szines kis atlasza, Mezogazdasagi kiado, Budapest.
- Jensen, A.M., Lof, M., Gardiner, E.S. (2011): Effects of above- and below-ground competition from shrubs on photosynthesis, transpiration and growth in *Quercus robur* L. seedlings. Environmental and Experimental Botany 71, 367–375.
- Josifović, M. (1970 – 1977): Flora SR Srbije, 1-9 SANU, Beograd.
- Kang, M.S. (1993): Issues in GE interaction. In: Rao, V., Hanson, I.E., Rajanaidu, N. (eds.). Genotype-Environment Interaction Studies in Perennial Tree Crops. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, pp.67-73.
- Kang, M.S. (2002): Genotype–Environment Interaction: Progress and Prospects. In: Kang, M.S. (eds.). Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Louisiana State University, USA. pp. 221-243.
- Knežević, M. (2003): Zemljišta u bukovim šumama Srbije. Šumarstvo 55(1-2), 97-106.
- Kojić, M., Janjić, V. (1994): Osnovi herbologije, Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Beograd.
- Kojić, M., Popović, R., Karadžić, B. (1997): Vaskularne biljke Srbije kao indikatori staništa, Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Institut za biološka istraživanja Siniša Stanković, Beograd.
- Krstić, M., Cvjetićanin, R. (2005): Bioekološke karakteristike mezijске bukve (*Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott.). U: Stojanović, Lj. (ur). Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd. str.125-138.
- Ljungström, M., Stjernquist, I. (1993): Factors toxic to beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in acid soils. Plant and Soil 157, 19-29.
- Löf, M., Bolte, A., Welander, T., (2005): Interacting effects of irradiance and water stress on dry weight and biomass partitioning in *Fagus sylvatica* seedlings. Scandinavian Journal of Forest Research 20 (4), 322–328.
- Minotta, G., Pinzauti, S. (1996): Effects of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. Forest Ecology and Management 86, 61-71.
- Nacionalna inventura šuma Republike Srbije (2009): Ed. Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume. Beograd. str. 244.
- Nakashizuka, T. (1987): Regeneration dynamics of beech forests in Japan. Vegetatio 69, 169-175.
- Paule, L. (1995): Gene conservation in European beech (*Fagus sylvatica* L.). Forest genetics 2(3), 161-170.

- Peters, R., Nakashizuka, T., Ohkubo, T. (1992): Regeneration and development in beech-dwarf bamboo forest in Japan. *Forest Ecology and Management* 55, 35-50.
- Peters, R. (1997): Beech forests. Kluwer Academic Publishers, USA. p. 184.
- Ponge, J.F., Ferdy, J.B. (1997): Growth of *Fagus sylvatica* saplings in an old-growth forest as affected by soil and light conditions. *Journal of vegetation science* 8, 789-796.
- Raunkieær, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography, Clarendon, Oxford.
- Saxe, H., Kerstiens, G. (2005): Climate change reverses the competitive balance of ash and beech seedlings under simulated forest conditions. *Plant Biology* 7, 375–386.
- Spanos, K., Gaitanis, D. (2010): The beech forests in Greece – an overwiev. Proceedings of the Workshop and MC Meeting of the COST Action E52 "Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry", Thessaloniki, May 5-7, 2009. str. 6-20.
- Standovár, T., Kenderes, K. (2003): A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research* 1 (1-2), 19-46.
- Škorić, A., Sertić, V. (1966): Analiza organske materije (humusa) u zemljištu. Priručnik za ispitivanje zemljišta knjiga I – Hemiske metode ispitivanja zemljišta, JDPZ. str. 41-46.
- Trinajstić, I. (2003): Taksonomija, morfologija i rasprostranjenost obične bukve. U: Matić, S. (ur.). Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti. Zagreb. str. 33-56.
- Vasić, V., Drekić, M., Poljaković-Pajnik, L., Pekeč, S. (2005): Efikasnost i selektivnost herbicida u proizvodnji sadnica topola. *Topola* 175-176, 31-37.
- Vasić, V., Konstantinović, B. (2008): Suzbijanje korova u rasadnicima topola primenom herbicida. *Acta herbologica* 17(2), 145-154.
- Zimdahl, L.R. (2007): Fundamentals of Weed Science. Third edition. Elsevier/Academic Press, USA. p. 666.

Summary

ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS IN THE EUROPEAN BEECH PROVENANCE TRIALS AT FRUŠKA GORA MOUNTAIN AND DEBELI LUG

by

Srđan Stojnić, Saša Orlović, Zoran Galić, Verica Vasić, Dragica Vilotić, Milan Knežević,
Mirjana Šijačić-Nikolić

The first provenance trials of European beech in Serbia were established in spring of 2007 in the framework of COST Action E52: „Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry“. Trials are placed on two localities: Fruška Gora Mountain (northern part of Serbia) and Debeli Lug (eastern part of Serbia). Multienvironmental testing provides useful information such as „provenance x locality“ interaction. In this way it can be identified provenances with specific adaptation as well as those with broad adaptation, which will not be possible from testing in a single environment. In addition to genetically conditioned growth potential in provenances, environmental characteristics can affect this potential more or less, as provenances respond differently to different environmental conditions. Several studies demonstrated that seedlings survival and growth are significantly affected by environmental conditions of site, such as air temperature, quality and quantity of light, water availability, nutrition level, form of humus, competition with ground vegetation, etc. In order to understand the complex effect of site characteristics on provenance performances, it was needed examination of environmental characteristics of given localities. Therefore, the aim of this study was comparative analysis of: a) climate characteristics of sites, b) pedological characteristics of sites and c) degree of presence and cover value of weed flora. Annual and mean monthly values of major climate elements, significant for the development of vegetation are presented: mean temperature, sum of precipitations, pluviometric and hydric balance, climate-geographical characteristics – thermodrome coefficient after Kerner, Lang's rain factor, pluviometric hazard and drought index after De Martonn. Climate type was determined using Thornthwaite-Mather and Lang's method. Pedological characteristics are given through the physical and chemical properties of soil. Phytocenological observations were performed using Braun-Blaquet method. Life form of plants was determined after Raunkiaer. Results revealed significant differences in environmental characteristics between sites Fruška Gora Mt and Debeli Lug, which could lead to different performances of provenances depending on site of planting.

**VARIJABILNOST SVOJSTAVA TOLERANTNOSTI KLONOVA
BAGREMA PREMA PARECTOPA ROBINIELLA CLEMENS I
PHYLLONORYCTER ROBINIAE CLEMENS**

Poljaković-Pajnik Leopold¹, Drekić Milan¹, Kovačević Branislav¹, Verica Vasić¹

Izvod: U radu je proučavan značaj razlika između deset klonova bagrema (*Robinia pseudoacacia L.*) tokom dve godine merenja (2011. i 2012.) na tolerantnost prema *Parectopa robiniella Clemens* (bagremov miner lica lista) i *Phyllonorycter robiniae Clemens* (bagremov miner naličja lista) na osnovu intenziteta oštećenja lista. Intezitet oštećenja je praćen sa dva svojstva: broj mina po listu i udeo oštećenih listova. Oba svojstva su bila informativna, ali je uočen i značajan uticaj godine. Rezultati ovih istraživanja upućuju na značaj višegodišnjih ispitivanja tolerantnosti prema ovim štetočinama, kao i da se selekcijom mogu dobiti genotipovi koje ove ozbiljne štetočine ne preferiraju u značajnijoj meri.

Ključne reči: *Phyllonorycter robiniae*, *Parectopa robiniella*, predilekcija, bagrem, selekcija

**VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO PARECTOPA
ROBINIELLA CLEMENS AND PHYLLONORYCTER ROBINIAE CLEMENS IN
BLACK LOCUST CLONES**

Abstract: The influence of differences among ten black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) clones and two years of research (2011 and 2012) in tolerance to *Parectopa robiniella Clemens* (*Locust Digitate Leafminer*) and *Phyllonorycter robiniae Clemens* (*Robinia Leafminer*) based on the intensity of leaf damage was examined. The intensity was evaluated by two characteristics: number of mines per leaf and percentage of damaged leaves. The results of these trials emphasise the significance of multianual tolerance research, as well as the potential to select genotypes that are not considerably preferred by these pests and also suggest that the genotypes could be selected that are not considerably preferred by these significant pests.

Key words: *Phyllonorycter robiniae*, *Parectopa robiniella*, feeding preference, black locust, selection

1. UVOD

¹ Mr Poljaković-Pajnik Leopold, viši stručni saradnik, dr Drekić Milan, istraživač saradnik, dr Kovačević Branislav, viši naučni saradnik, dr Vasić Verica, istraživač saradnik, Institut za nizinski šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

Parectopa robiniella Clemens (bagremov miner lica lista) i *Phyllonorycter robiniiae* Clemens (bagremov miner naličja lista) predstavljaju redovne štetočine bagrema u zasadima i rasadnicima. Smanjujući fotosintetički aktivnu lisnu površinu mineri lista bagrema mogu da značajno smanje prirast, medonošenje i ometu pripremu biljke za period uspavanosti. Među svojstva koja su primarni zadatak selekcije i oplemenjivana (bujnost rasta, pravnost debla, cvetanje i medonošenje, tolerantnost prema abiotičkim i biotičkim faktorima i dr.) spadaju i tolerantnost prema štetočinama (Guzina et al., 1994). Više autora je ukazivalo na širenje i značaj pomenutih vrsta, pri čemu u poslednjih desetak godina je pogotovo interesantna *P. robiniella* (Mihajlović et al., 1994; Whitebread, 1989; Dimić et al., 1999; Maceljski i Mešić, 2001, Mihajlović, 2008; Fodor i Haruta, 2009; Lakatos et al., 2003).

Retevoi, (2010) ukazuje na značaj šteta koja oba insekta nanose u Rumuniji, smanjujući aktivnu lisnu masu tokom vegetacionog perioda i uzrokujući prevremeno opadanje lišća. Iako je napad druge generacije intenzivniji, isti autor navodi da je cvetanje kod napadnutih stabala bilo kasnije i to i do 45% slabijeg intenziteta.

Uočeno je da postoje razlike među genotipovima bagrema u intenzitetu napada ova dva insekta, što ukazuje na postojanje i različitog stepena predilekcije prema pojedinim genotipovima (Poljaković-Pajnik et al., 2011). Informacija o predilekciji i intenzitetu napada minera bi mogla da bude od značaja u postupku odabira najpovoljnijih klonova bagrema i po ovom svojstvu, posebno onih koji se već koriste ili će se predložiti za korišćenje u ozelenjavanju urbanih i ruralnih sredina i pošumljavanje. Poljaković-Pajnik et al., (2011) su uočili razlike među ispitivanim svojstvima u njihovoj moći da izvrše diskriminaciju genotipova bagrema i preporučili broj mina po listu i ideo napadnutih listova za dalji rad na optimizaciji postupka ocene i selekcije bagrema.

Cilj našeg rada je da se na osnovu dvogodišnjih rezultata ispita značaj uticaja razlika među genotipovima i ispitivanim godinama, kao i njihove interakcije na ispitivana svojstva tolerancije. Na osnovu ovih dobijenih informacija preduzela bi se kasnije detaljnija proučavanja u tom smislu.

2. MATERIJAL I METOD

Istraživanja su obavljena u matičnjaku genofonda bagrema na Oglednom dobru Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu tokom septembra 2011. i 2012. godine. Ocena intenziteta napada minera je izvršena pred kraj vegetacionog perioda. Ocenjivanje je obavljeno na po dva slučajno izabrana izbojka sa tri stabla na 7 klonova bagrema. Klonovi R-112, R-113, R-121, R-123, R-128, R-44, R-53, R-56, R-84, R-96 su u fazi ispitivanja i namenjeni su prvenstveno prizvodnji biomase i meda, ali i za pošumljavanje suvih staništa.

Na svakom listu, za oba minera, je određen broj mina i ocenjena površina pokrivena minama (0-20% - I stepen, 20-40% - II stepen, 40-60% - III stepen, 60-80% - IV stepen i 80-100% - V stepen). Većina oštećenih listova nije prelazila ocenu I. Zato je za oba minera praćen samo broj mina po listu (MUpr za *P. robiniella* i MUph za *P. robiniiae*) i ideo napadnutih listova u ukupnom broju listova (UNpr za *P. robiniella* i UNph za *P. robiniiae*). Navedene skraćenice imaju nastavak

1 za ocene u 2011. i 2 za ocene u 2012. Udeo napadnutih listova je transformisan arcsin transformacijom ($\arcsin \sqrt{X}$, X je vrednost u %), kako bi se dobila normalna distribucija frekvencija, neophodna za izvođenje statističkih testova.

U dvofaktorijsku analizu varijanse su ušle srednje vrednosti za biljku, a faktori su bili genotip i godina. Na osnovu značajnosti F-testa i doprinosa ukupnoj očekivanoj varijansi ispitivanih izvora variranja zaključivano je o značaju njihovog uticaja na variranje ispitivanih svojstva. Spearman-ov koeficijent korelacije ranga je korišćen radi sagledavanja odnosa između ispitivanih svojstava, kao i ocena između dve godine ispitivanja. O značaju razlika među genotipovima, zaključivano je na osnovu testa najmanje značajne razlike (NZR-test), za $\alpha=0,05$. Statistička obrada podataka je izvršena korišćenjem programskog paketa STATISTICA 10 (StatSoft Inc., 2011).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Prema dobijenim rezultatima svojstva koja opisuju broj mina po listu su značajno pod uticajem razlika među klonovima u svim slučajevima izuzev za broj mina po listu za vrstu *P. robinella*. U ovom slučaju je uočen značajan uticaj godine. Što se tiče udela napadnutih listova, kod obe vrste je pored značajnog uticaja genotipa uočen i značajan uticaj godine. Uticaj interakcije genotip x godina se nije ni u jednom slučaju pokazao značajnim. Već rezultati F-testa ukazuju na prednost udela napadnutih listova u praćenju tolerancije prema *P. robinella*. Mada je i kod ovog svojstva uticaj godine bio značajan, uticaj genotipa je bilo moguće izdvojiti. U slučaju vrste *P. robinilla* prednost bi se mogla dati broju mina po listu zbog slabog uticaja godine, a značajnog uticaja razlika među genotipovima.

Tabela. 1. Rezultati analize varijanse praćenih pokazatelja stepena napada ispitivanih bagremovih minera lista

Table 1. Results of analysis of variance for studied characters of the degree of the attack of examined black locust leaf miners

Svojstva Characters	F _A -test	F _B -test	F _{AXB} -test
Broj mina <i>P. robinella</i> po listu <i>Number of mines of P. robinella per leaf</i>	1,671	23,445**	1,392
Broj mina <i>P. robiniae</i> po listu <i>Number of mines of P. robiniae per leaf</i>	2,343*	1,633	0,895
Udeo listova napadnutih sa <i>P. robinella</i> <i>Partition of leaves damaged by P. robinella</i>	4,604**	7,841**	1,898
Udeo listova napadnutih sa <i>P. robiniae</i> <i>Partition of leaves damaged by P. robiniae</i>	2,798*	5,057*	1,719

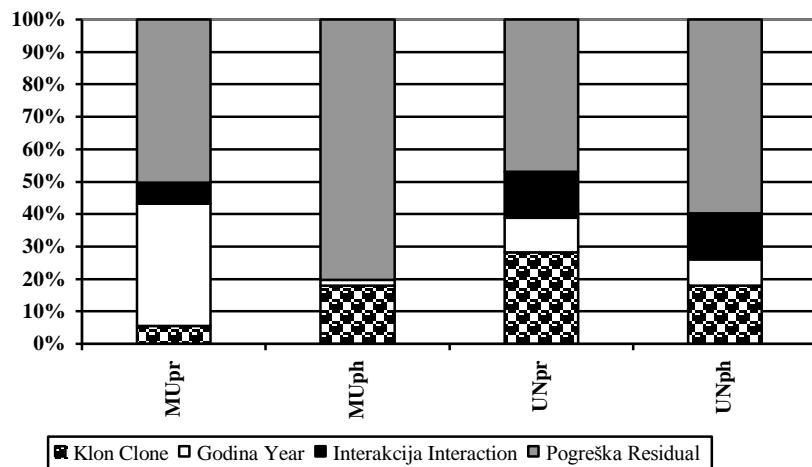
¹⁾ Broj stepeni slobode za klon: 9, za godine: 1, za interakciju klon x godine: 9, za pogrešku: 40, za total: 59

¹⁾ Degree of freedom for clone: 9, for year: 1, for interaction clone x year: 9, for residual: 40 and for total 59

Rezultati analize doprinosa ukupnom variranju uglavnom prate vrednosti F-vrednosti. Tako je u slučaju *P. robinella* najveći uticaj genotipa na ukupno variranje

ostvareno kod udela napadnutih listova (blizu 30%), dok je kod *P. robiniae* doprinos genotipa za oba posmatrana svojstva bio oko 20%. Uticaj godine je posebno snažan u slučaju broja mina po listu za *P. robiniella* (MUp) što dodatno potvrđuje konstataciju Poljaković-Pajnik et al., (2011) da ovo svojstvo nije pogodno za korišćenje u selekciji (Graf. 1). Sa druge strane, visok koeficijent korelacije ranga ovog svojstva sa učešćem listova oštećenih istim insektom u ukupnom broju listova, u totalu za obe godine ($R_s=0.930^{**}$) ukazuje da se informacija potrebna za selekciju genotipova sadržana u MUp u velikoj meri nalazi i kod UNpr, kod koga je, inače, uticaj genotipa značajan. Slično važi i za *P. robiniae* ($R_s=0.825^{**}$) (podaci nisu prikazani). U tom smislu, radi povećanja efikasnosti postupka trebalo bi razmisliti o korišćenju samo udela oštećenih listova.

Grafikon 1. Doprinos izvora variranja ukupnom variranju ispitivanih svojstva *)
Graph 1. Contribution of sources of variation to the total variation of examined characters



*) Oznake svojstava: MUp – Broj mina *P. robiniella* po listu, MUpH – Broj mina *P. robiniae* po listu, UNpr – Udeo napadnutih listova za *P. robiniella*, UNph – Udeo napadnutih listova za *P. robiniae*

*) Character labels: MUp – Number of mines of *P. robiniella* per leaf, MUpH – Number of mines of *P. robiniae* per leaf, UNpr – Partition of demaged leaves for *P. robiniella*, UNph – Partition of demaged leaves for *P. robiniae*

Spearmanov koeficinet korelacije ranga ukazuje na slabu vezu između ocena u jednoj i drugoj godini za sva ispitivana svojstva, mada je vrednost koeficijenta između dve posmatrane godine za broj mina *P. robiniae* po listu (MUpH1 i MUpH2) ($R_s=0.539^{ns}$) relativno visoka (Tab. 2). Ovakva situacija otežava evaluaciju tolerantnosti genotipova, ali govori i o značaju višegodišnjih istraživanja u ovoj oblasti. Interesantna je i značajna pozitivna korelacija između ocena svojstava za *P. robiniella* i ocene svojstava za *P. robiniae* u drugoj godini, što svakako zaslužuje dalju pažnju.

Prema rezultatima NZR-testa, godinu 2012. je karakterisao značajno jači napad *P. robiniella*. U slučaju vrste *P. robiniae* razlike prema broju mina po listu nije bilo među ispitivanim godinama, ali jeste prema učešću oštećenih listova, prema kome je napad 2011 bio jači (Tab. 3).

Tabela. 2. Spearman-ov koefficijent korelacijske ranga pokazatelja stepena napada ispitivanih bagremovih minera lista

Table 2. Spearman's rank correlation coefficient for examined characters of the degree of the attack of examined black locust leaf miners

	MUp ^{r1*}	MUp ^{r2}	MUp ^{h1}	MUp ^{h2}	UNpr ¹	UNpr ²	UNph ¹	UNph ²
MUp ^{r1}	1.000	0.273	0.406	0.661*	0.915**	0.661*	0.467	0.697*
MUp ^{r2}	0.273	1.000	0.515	0.794**	-0.006	0.842**	0.394	0.321
MUp ^{h1}	0.406	0.515	1.000	0.539	0.297	0.479	0.952**	0.079
MUp ^{h2}	0.661*	0.794**	0.539	1.000	0.467	0.927**	0.467	0.733*
UNpr ¹	0.915**	-0.006	0.297	0.467	1.000	0.442	0.370	0.648*
UNpr ²	0.661*	0.842**	0.479	0.927**	0.442	1.000	0.430	0.648*
UNph ¹	0.467	0.394	0.952**	0.467	0.370	0.430	1.000	0.127
UNph ²	0.697*	0.321	0.079	0.733*	0.648*	0.648*	0.127	1.000

* - Skraćenice čine tri dela: za prva dva slova: MU - broj mina po listu ili UN ideo oštećenih listova, za druga dva slova: pr - *P. robiniella* ili ph - *P. robiniae* i poslednje je oznaka godine ocene: 1 za 2011. ili 2 za 2012.

*) - Labels are formed from three parts: the first two letters: MU – number of mines per leaf or UN – partition of damaged leaves, next two letters are for the pest species: pr – *P. robiniella* or ph – *P. robiniae* and the last stands for the year of measurement: 1 for 2011. or 2 for 2012.

Iako variranje broja mina *P. robiniella* po listu nije bilo pod značajnim uticajem klonu u analizi varijanse, prema NZR testu dobijene su značajne razlike među nekim genotipovima. Najjači napad zabeležen je kod klonova R-121 i R-128, a najslabiji kod R-44, što je rezultat dominacije rezultata iz 2012. godine jakog napada. Interesantno je da se napad *P. robiniella* kod genotipa R-56 nije značajno razlikovao među godinama. To ukazuje da se nije samo promenila veličina populacije ovog insekta u 2012, nego se i promenila njena genetička struktura, na taj načina da je rasa koja je napadala R-56 ostala na istom nivou kao prethodne godine.

U slučaju *P. robiniae* genotip R-44 je takođe pokazao najviši stepen tolerancije, dok su se najosetljivijim pokazali klonovi R-84, R-128, R-121 i R-112. Genotip R-56 je pretrpeo slabija oštećenja, pri čemu se napadi u dve ispitivane godine nisu značajno razlikovali.

U 2012. godini ideo oštećenih listova je dostigao kod nekih klonova i oko 50% za *P. robiniella*, odnosno oko 40% za *P. robiniae*, što već ukazuje da bi ova dva insekta mogli da načine i veće štete. Iako to nije na nivou napada npr. i do 90% prilikom napada *Leucoptera sinuella* na klonovima crnih topola (Poljaković-Pajnik et al., 2005) pozitivan trend ukazuje da ovim insektima treba pokloniti pažnju i u narednom periodu.

Dobijeni rezultati potvrđuju nalaze Dimić et al., (1999) o značajnijim oštećenjima od strane *P. robiniae*, što ukazuje da ova relativno nova vrsta za entomofaunu Srbije treba da bude posebno praćena i u narednom periodu. Takođe se primećuje da se tolerantnost klonu R-44 (inače poreklom iz okoline Bačke Palanke)

jasno izdvaja od ostalih klonova. To ukazuje na prednosti ovog klena prilikom izbora roditelja u budućim oplemenjivačkim aktivnostima.

Tabela 3. Rezultati NZR testa broja mina ispitivanih minera po listu i učešće oštećenih listova kod ispitivanih genotipova bagrema

Table 3. Results of LSD test for number of examined miners' mines per leaf and partition of damaged leaves in examined genotypes of black locust

Genotip Genotype	Godina Year	Broj mina po listu Number of mines per leaf		Udeo napadnutih listova Partition of damaged leaf	
		<i>P. robinieilla</i>	<i>P. robiniae</i>	<i>P. robinieilla</i>	<i>P. robiniae</i>
R-112	2011	0,368 ^{de}	0,592 ^{ab}	24,709 ^{e fg}	41,128 ^{ab}
R-112	2012	1,597 ^{ab}	0,453 ^{abcd}	52,205 ^{abc}	23,279 ^{bcd}
R-113	2011	0,279 ^{de}	0,467 ^{abc}	25,415 ^{e fg}	33,113 ^{abc}
R-113	2012	0,458 ^{cde}	0,125 ^{de}	14,330 ^{gh}	10,070 ^{de}
R-121	2011	0,593 ^{cde}	0,404 ^{abcde}	32,473 ^{abcdefg}	24,450 ^{bcd}
R-121	2012	1,585 ^{ab}	0,496 ^{abc}	55,555 ^a	40,156 ^{ab}
R-123	2011	0,302 ^{de}	0,344 ^{abcde}	18,696 ^{fgh}	24,655 ^{bcd}
R-123	2012	0,811 ^{bcde}	0,297 ^{bcde}	24,927 ^{e fg}	25,522 ^{bcd}
R-128	2011	0,327 ^{de}	0,545 ^{ab}	24,077 ^{e fgh}	41,081 ^{ab}
R-128	2012	1,835 ^a	0,441 ^{abcd}	54,646 ^{ab}	25,555 ^{bcd}
R-44	2011	0,111 ^e	0,169 ^{cde}	7,195 ^h	14,326 ^{cde}
R-44	2012	0,472 ^{cde}	0,099 ^e	17,286 ^{fgh}	6,086 ^e
R-53	2011	0,158 ^{de}	0,261 ^{bcde}	13,603 ^{gh}	17,586 ^{cde}
R-53	2012	1,307 ^{abc}	0,269 ^{bcde}	28,056 ^{defg}	10,003 ^{de}
R-56	2011	0,691 ^{cde}	0,260 ^{bcde}	46,437 ^{abcde}	21,555 ^{bcd e}
R-56	2012	0,774 ^{bcde}	0,362 ^{abcde}	31,320 ^{bcdefg}	28,674 ^{abcd}
R-84	2011	0,766 ^{bcde}	0,674 ^a	36,222 ^{abcd ef}	49,505 ^a
R-84	2012	1,020 ^{abcd}	0,380 ^{abcde}	50,545 ^{abcd}	20,704 ^{bcd e}
R-96	2011	0,484 ^{cde}	0,278 ^{bcde}	31,127 ^{bcdefg}	21,126 ^{bcd e}
R-96	2012	0,828 ^{bcde}	0,393 ^{abcde}	28,628 ^{cdefg}	26,603 ^{abcd}
R-112		0,983 ^{ab}	0,522 ^a	37,964 ^a	31,868 ^a
R-113		0,368 ^{bc}	0,296 ^{abc}	19,574 ^{bc}	20,351 ^{abc}
R-121		1,089 ^a	0,450 ^{ab}	43,845 ^a	32,047 ^a
R-123		0,557 ^{abc}	0,320 ^{abc}	21,731 ^{bc}	25,087 ^{ab}
R-128		1,081 ^a	0,493 ^{ab}	38,796 ^a	33,086 ^a
R-44		0,292 ^c	0,134 ^c	11,769 ^c	9,819 ^c
R-53		0,733 ^{abc}	0,265 ^{bc}	20,348 ^{bc}	13,571 ^{bc}
R-56		0,733 ^{abc}	0,311 ^{abc}	38,742 ^a	25,030 ^{ab}
R-84		0,893 ^{abc}	0,527 ^a	43,313 ^a	34,369 ^a
R-96		0,656 ^{abc}	0,335 ^{abc}	29,870 ^{ab}	23,810 ^{ab}
	2011	0,408 ^b	0,399 ^a	25,136 ^b	28,249 ^a
	2012	1,069 ^a	0,332 ^a	34,974 ^a	20,695 ^b

^{*) Razlike između vrednosti koje su obeležene istim slovom nisu statistički značajane na nivou $\alpha=0,05$}

^{*) The differences among values marked with the same letter are not significant at the level $\alpha=0,05$}

Klon R-84, koga karakterišu izvanredne tehničke osobine, pogotovo u pogledu pravnosti debla, se pokazao osjetljivim. To se jasno ogleda u svim ispitivanim svojstvima.

Pored upotrebe hemijskih metoda suzbijanja i uticaja parazitoida (Mihajlović, 2008) selekcija tolerantnih genotipova i unapređenje semenskih sastojina se nameće kao značajan momenat unapređenja zaštite u rasadničkoj i plantažnoj proizvodnji bagrema. Osnova tolerantnosti je slabo poznata, ali se najčešće spominje predilekcija štetočine prema pojedinim genotipovima. Npr. rezultati istraživanja ovipozicije i prisustva *Leucoptera sinuella* na topolama i

vrbama od strane Hideki et al., (2002) ukazuju na vezu predilekcije insekta i postojanja više različitih stimulusa kod domaćina.

Na značaj izbora klena u cilju prevencije štete od minera *Leucoptera sinuella* (Poljaković-Pajnik et al., 2005) i *Chaitophorus leucomelas* (Ramirez et al., 2004) ukazano je i kod crnih topola. U uskoj vezi sa tim može se govoriti i o potencijalu nekog klona za pošumljavanje. Sa druge strane klonovi prema kojima miner pokazuje veći stepen predilekcije se mogu koristiti kao mamac biljke u rasadnicima i zasadima bagrema. Ovo je u skladu sa principima integralne zaštite šuma. Postojanje varijablinosti u atraktivnosti pojedinih genotipova za bagremove minere lista i u njihovoj toleranciji prema napadu idu u prilog osnivanju poliklonalnih zasada.

Analizom varijabilnosti ispitivanih svojstava jasno je da bi u budućim istraživanjima trebalo staviti akcenat na ideo napadnutih listova i kod jedne i kod druge vrste. Tim pre, što su dobijene visoke korelacije sa brojem mina. Ovaj jednostavan parametar bi omogućio brz pregled i ocenu tolerantnosti kod ispitivanih genotipova bagrema. Iako je prerano tvrditi da je ovaj nagli porast napada obe vrste izazvan klimatskim promenama, praćenje ove pojave bi trebalo nastaviti. Ponovljeni dobri rezultati klona R-44 ukazuju na njegovu prednost prilikom izbora roditelja u oplemenjivačkom procesu i prilikom formiranja semenskih plantaža.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних и interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

LITERATURA

- Dimić N., Graora D., Magud B., Peric P. (1999): Opis jedna nova vrsta minera lista (*Phyllonorycter robbiniella*) u entomofauni Jugoslavije. Biljni lekar 27(1): 34-37.
- Fodor E., Haruta O. (2009): Niche partition of two invasive insect species, *Parectopa robbiniella* (Lepidoptera; Gracillariidae) and *Phyllonorycter robbiniella* (Clem.) (Lepidoptera: Gracillariidae). Research Journal of Agricultural Science, 41 (2): 261-269
- Guzina V., Tomović Z., Ivanišević P., Orlović S. (1994): Pokazatelji rasta b agrema raznih provenijencija na Deliblatskoj peščari. Deliblatski pesak – Zbornik radova VI: 383-390.
- Hideki K., Takayuki O. (2002): Oviposition stimuli for host plant recognition and clutch size determination in a leaf-mining moth, Ecological Entomology, 27, 622-625
- Lakatos F., Kovács Z. Stauffer C. Kenis M., Tomov R., Davis D.R. (2003): The Genetic Background of Three Introduced Leaf Miner Moth Species -

- Parectopa robiniella* Clemens 1863, *Phyllonorycter robiniella* Clemens 1859 and *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic 1986. *Proceedings: IUFRO Kanazawa 2003 "Forest Insect Population Dynamics and Host Influences"*: 67-71.
- Maceljski, M., Mešić, A. (2001): *Phyllonorycter robiniella* Clemens a New Insect Pest in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 66 (4): 225-230.
- Mihajlović Lj. (2008): Šumarska entomologija. Šumarski fakultet u Beogradu; 877.
- Mihajlović Lj., Spasić R., Milošević G., Šestović M. (1994): Bagremov miner (*Parectopa robiniella* Clemens) (Lepidoptera, Gracillariidae) nova štetočina bagrema na Deliblatskoj peščari. *Deliblatski pesak – Zbornik radova VI*: 503-510.
- Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Vasić V., Avramović G. (2005): Istraživanja predilekcije *Leucoptera sinuella* Rti. (Lepidoptera: Leucopteridae) na ishranu lišćem različitih klonova crnih topola. *Topola* 175/176: 32-41
- Ramirez C., Zamudio F., Verdugo J.V., Nunez, M. (2004): Differential Susceptibility of Poplar Hybrids to the Aphid *Chaitophorus leucomelas* (Homoptera: Aphididae), *Forest Entomology*, 97(6): 1965-1971
- Retevoi Gh. R. (2010): The dynamics of the population of *Parectopa robiniella* and *Phyllonorycter robiniella* in the acacia woods. *The Annals of the University of Craiova, the series Biology, Horticulture, Food Produce Processing Technology, Environment Engineering XV (XLXI)*: 481-486.
- StatSoft Inc. (2011): STATISTICA (data analysis software system), version 10
- Whitebread S.E. (1989): *Phyllonorycter robiniella* (Clemens. 1859) in Europe (Lepidoptera, Gracilariidae). *Nota Lepidopterologica* 12: 344-353.

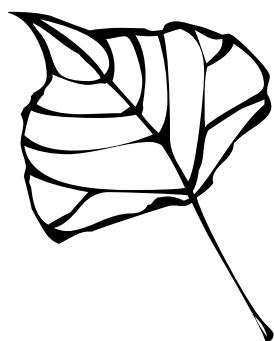
Summary

**VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO PARECTOPA
ROBINIELLA CLEMENS AND PHYLLONORYCTER ROBINIAE CLEMENS IN
BLACK LOCUST CLONES**

by

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Vasić V.

*The influence of differences among ten black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) clones and two years of research (2011 and 2012) in tolerance to *Parectopa robiniella Clemens* (*Locust Digitate Leafminer*) and *Phyllonorycter robiniae Clemens* (*Robinia Leafminer*) based on the intensity of leaf damage was examined. The intensity was evaluated by two characteristics: number of mines per leaf and percentage of damaged leaves. The number of mines per leaf was preferable characteristic for clone evaluation of tolerance to *Parectopa robiniella*, while better results in *Phyllonorycter robiniae* tolerance evaluation was achieved by percentage of damaged leaves. The highest degree of tolerance was found for the genotype R-44. Also, the attack in 2012 was significantly higher than in 2011. The results of these trials emphasize the significance of multiannual tolerance research, as well as the potential to select genotypes that are not considerably preferred by these pests and also suggest that the genotypes could be selected that are not considerably preferred by these significant pests.*



**VARIJABILNOST SVOJSTAVA TOLERANCIJE KLONOVA CRNIH
TOPOLA PREMA *Leucoptera sinuella* Rtti. (Lepidoptera: Leucopeteridae)**

Poljaković-Pajnik Leopold¹, Drekić Milan¹, Kovačević Branislav¹, Vasić Verica¹

Izvod: Ispitana je varijabilnost osam svojstava tolerantnosti prema mineru lista topole (*Leucoptera sinuella* Rtti.) za deset genotipova sekcije crnih topole (section *Aigeiros* Duby) u septembru 2007. i 2008. godine. Ispitana su sledeća svojstva: broj mina po listu (MN), broj zapredaka po listu (CN), procenat listova sa oštećenjima do 20% (PMA20), 40% (PMA40), 60% (PMA60), 80% (PMA80), ukupan precenat oštećenih listova (PM) i procenat listova sa zapredkom (PC). Značajan doprinos u selekciji bi mogla da daju svojstva: ideo oštećenih listova, ideo listova oštećenih do 20% površine i broj zapredaka po listu. Tolerantnošću se ističu genotipovi: S1-20, 1247 i 155/81. Dobijeni rezultati ukazuju na potrebu daljeg rada na unapređenju postupka selekcije i oplemenjivanja crnih topola s obzirom na značaj šteta koje nanosi miner lista topola.

Ključne reči: *Leucoptera sinuella*, selekcija, crne topole

**VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO *Leucoptera sinuella* Rtti.
(Lepidoptera: Leucopeteridae) IN BLACK POPLARS' CLONES**

Abstract: The variability of eight characteristics of tolerance to poplar leaf moth *Leucoptera sinuella* Rtti. for ten clones of black poplars (section *Aigeiros* Duby) in September of 2007 and 2008. Following characteristics are examined: number of mines per leaf (MN), number of cocoons per leaf (CN), percentage of leaves with damaged area up to: 20% (PMA20), 40% (PMA40), 60% (PMA60), 80% (PMA80), percentage of damaged leaves (PM) and percentage of leaves with cocoon (PC). Important contribution to selection could be obtained by S1-20, 1247 and 155/81. The results of these trials suggest the continuation of further research on improvement of the selection and breeding process in black poplars process considering the significance of damage that make poplar leaf moth.

Key words: *Leucoptera sinuella*, selection, black poplars

1. UVOD

Jedan od najefikasnijih načina kontrole štetočina kod crnih topola je oplemenjivanje na tolerantnost i selekcija tolerantnih genotipova. Jedan od redovno prisutnih štetočina kod crnih topola je i miner lista topole, koji može značajno da

¹ Mr Poljaković-Pajnik Leopold, viši stručni saradnik, dr Drekić Milan, istraživač saradnik, dr Kovačević Branislav, viši naučni saradnik, dr Vasić Verica, istraživač saradnik, Institut za nizinski šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

redukuje aktivnu fotosintetsku površinu oštećenjima, pa i prevremenim opadanjem lista (Poljaković-Pajnik et al., 2005). Prema istraživanjima Jodal et al., (2002) *Leucoptera sinuella* ima tri generacije od kojih je prva najbrojnija, a treća najmanje brojna, a u minama se razvija jedna ili više gusenica koje prolaze kroz četiri stepena razvoja. To omesta akumulaciju biomase i pripremu biljke za period uspavanosti. Predilekcija i uslovi razvoja larve tokom piljenja i kasnije ishrane su dva glavna momenta koji odlučuju o veličini štete koju štetni insekti mogu na nanesu biljci. Hideki i Takayuki, (2002) i Augustin et al., (1993a i 1993b) ukazuju da postoji razlika među genotipovima u njihovoj sposobnosti da privuku odnosno odbiju insekta, kao i da ometaju njegov razvoj na biljci. Kao rezultat dobija se razlika među genotipovima po značaju oštećenja koje trpe od strane štetočine, što su za minera topolinog lista i potvrdili Poljaković et al., (2005).

Informacija o predilekciji i intenzitetu napada minera bi mogla da bude od značaja u postupku odabira genotipova crnih topola. U tom smislu cilj ovog rada je bio da se na osnovu dvogodišnjih istraživanja ispita varijabilnost ispitivanih svojstava tolerantnosti prema minetu topolinog lista, kako bi se ocenio potencijal za njihovo korišćenje u daljim oplemenjivačkim postupcima.

2. MATERIJAL I METODE

Istraživanja predilekcije su obavljena u matičnjaku genofonda topola na oglednom dobru Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu tokom sepembra 2007. i 2008. godine. Ocenjivanje je obavljeno na po dva slučajno izabrana izbojka sa tri stabla na 10 genotipova iz sekcije *Aigeiros* Duby (Tab. 1). Genotipovi 32/76-6, 1247, 665, 124/81, S6-7, 129/81, 155/81 i S1-20 su u fazi ispitivanja, genotipovi Antonije i Pannonia su registrovane klonske sorte.

Na svakom listu je ocenjena površina pokrivena minama i određen udeo u ukupnom broju listova sa oštećenjima do 20% (PMA20), do 40% (PMA40), do 60% (PMA60), do 80% površine lista (PMA80) i udeo svih oštećenih listova (PM). Određen je i broj mina po listu (MN), broj zapredaka po listu (CN) i udeo listova sa zapredkom mineta topolinog lista (PC). Parametri koji opisuju učešće u ukupnom broju listova su transformisani arcsin transformacijom ($\text{arcsin } \sqrt{X}$, X je vrednost u %), kako bi se dobila normalna distribucija frekvencija, neophodna za izvođenje statističkih testova.

Primenjena je dvofaktorijalna analiza varijanse:

$$X_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + \varepsilon_{k(ij)},$$

gde je μ - srednja vrednost totala, a - efekat i-tog genotipa, b - efekat j-te godine unutar i-tog klena, a ε se odnosi na slučajna odstupanja. Na osnovu rezultata analize varijanse je određeno učešće očekivanih varijansi ispitivanih izvora variranja, na osnovu čega je ispitivana jačina uticaja ispitivanih izvora variranja na variranje posmatranog svojstva. Spearman-ov koeficijent korelacije ranga je korišćen radi ispitivanja veze među ispitivanim svojstvima, kao i među godinama. Odnosi među ispitivanim genotipovima su analizirani na osnovu testa najmanjih značajnih razlika (NZR-test).

Tabela 1. Taksonomska pripadnost istraživanih genotipova i zemlje porekla
Table 1. Clone taxonomy and country of origin

Klon <i>Clone</i>	Taksonomska pripadnost <i>Clone taxonomy</i>	Zemlja porekla <i>Country of origin</i>
32/76-6	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
1247	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
Antonije	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
665	<i>Populus deltoides</i>	Francuska France
124/81	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
S6-7	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
129/81	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
Pannonia	<i>Populus x euramericana</i>	Mađarska Hungary
155/81	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia
S1-20	<i>Populus deltoides</i>	Srbija Serbia

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Sagledavanje uticaja pojedinih izvora variranja, a posebno uticaja genotipa i interakcije faktora životne sredine sa genotipom je od suštinskog značaja u oceni pogodnosti svojstava za korišćenje u procesu selekcije i oplemenjivanja. Svojstva čije je variranje pod jakim uticajem genotipa su lakša za ocenu, a i selekcija može da se vrši preciznije.

Sva svojstva koja smo ispitivali su bila pod signifikantnim uticajem genotipa. Slično je i u slučaju uticaja razlika među godinama, dok uticaj interakcije genotip x godina nije bio značajan za PMA20 i PC. Već po F-vrednostima se vidi da je uticaj genotipa posebno bio izražen kod variranja PM i PMA80, a uticaj godine kod variranja PMA20, PMA40 i CN. Takođe je jasan porast F-vrednosti of PMA20 ka PM (Tab. 2).

Jasniji uvid u uticaj pojedinih ispitivanih izvora variranja je dobijen na osnovu doprinosa varijansi ispitivanih izvora variranja ukupnom variranju (Grafikon 1). Relativno jak uticaj genotipa je uočen kod MN, PMA60, PMA80 i PM, kod kojih je doprinos genotipa ukupnom variranju iznosio više od 40%. Međutim, prema dobijenim koeficijentima korelacije ranga, ova četiri svojstva su u bliskoj vezi, tj. informacija o razlikama među genotipovima koju daje jedno svojstvo u značajnoj meri je već opisana drugim svojstvom. Slično porastu F-vrednosti za genotip i doprinos genotipa ukupnom variranju raste od PMA20 ka PM, što upućuje da bi procedura ocene napada mogla da se pojednostavi ocenom učešća svih oštećenih listova u ukupnom broju listova. Tome doprinosi i činjenica da je PM u 2007. u značajnoj korelaciji sa 2008 (Tab. 3).

Tabela. 2. Rezultati analize varijanse za ispitivana svojstva tolerantnosti crnih topola prema *Leucoptera sinuella*Table 2. Results of analysis of variance for examined characteristics of the tolerance of black poplars to *Leucoptera sinuella*

Svojstva Characteristics	F-test F-test ¹⁾		
	Genotip (A) Genotype (A)	Godina (B) Year (B)	Interakcija A x B Interaction A x B
Broj mina po listu <i>Number of mines per leaf</i>	9.098 **	8.454 **	2.566 *
Broj zapredaka po listu <i>Number of cocoons per leaf</i>	6.624 **	14.852 **	2.968 **
Udeo listova sa do 20% oštećene površine <i>Percentage of leaves damaged by mines up to 20% of leaf area</i>	3.613 **	37.882 **	0.811
Udeo listova sa do 40% oštećene površine <i>Percentage of leaves damaged by mines up to 40% of leaf area</i>	7.363 **	19.570 **	2.699 *
Udeo listova sa do 60% oštećene površine <i>Percentage of leaves damaged by mines up to 60% of leaf area</i>	9.744 **	7.560 **	2.741 *
Udeo listova sa do 80% oštećene površine <i>Percentage of leaves damaged by mines up to 80% of leaf area</i>	11.085 **	4.918 *	2.751 *
Udeo listova oštećenih minama <i>Percentage of leaves damaged by mines</i>	11.103 **	4.708 *	2.725 *
Udeo listova sa zapredcima <i>Percentage of leaves with cocoons</i>	2.359 *	6.603 *	0.947

¹⁾ Broj stepeni slobode za genotip: 9, za godinu: 1, za interakciju genotip x godine: 9, za pogrešku: 40, za total: 59¹⁾ Degree of freedom for genotype: 9, for year: 1, for interaction genotype x year: 9, for residual: 40 and for total: 59

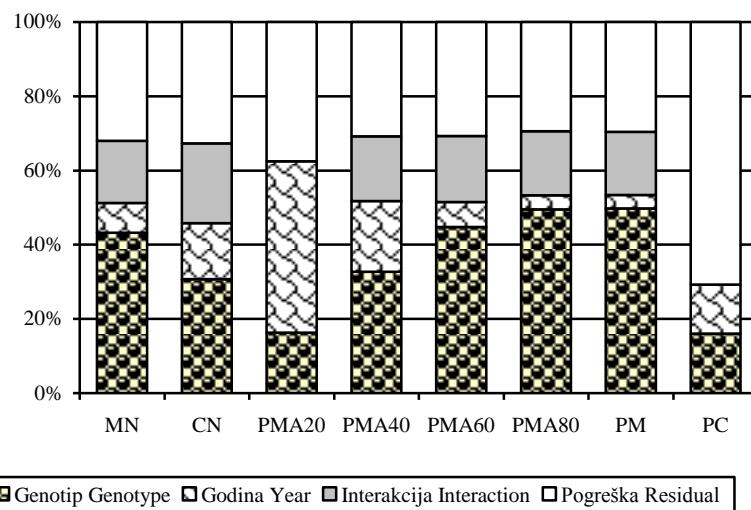
Najslabiji doprinos genotipa je utvrđen kod PMA20 i PC.

Uticaj godine je i prema doprinosu ukupnom variranju bio posebno izražen kod PMA20, a najslabiji kod PM. Jak uticaj godine otežava procenu tolerantnosti genotipova, te je teže izvršiti preciznu selekciju. Ipak, veza u rangiranju genotipova između dve godine, prema koeficijentu korelacije ranga je za PMA20 bila i značajna i visoka ($R_S=0,721^*$). Za razliku od ostalih svojstava udela oštećenih listova, koja su među sobom u visokoj korelaciji (preko 0,90), PMA je sa njima u relativno slabijoj korelaciji (blizu 0,75) što ukazuje da bi ovo svojstvo moglo da donese dodatnu informaciju. Izostanak interakcije genotip x godina čini ga veoma povoljnim za praćenje razlika u jačini napada između godina.

Izuvez kod PMA20 i PC gde nije detektovana, doprinos interakcije genotip x godina je bio ujednačen (15 – 20%). Ovaj parametar govori o razlikama u reakciji ispitivanih genotipova na napad u ispitivanim godinama, što može da bude uzrokovano raznom abiotičkim i biotičkim faktorima, kao i promenama u strukturi populacije insekta. Za preciznije zaključke bi bilo potrebno nastaviti istraživanja.

Grafikon 1. Doprinos očekivanih varijansi ispitivanih izvora variranja ukupnom varirianju analiziranih svojstava tolerantnosti crnih topola prema *Leucoptera sinuella*

Graph 1. Contribution of expected variances of examined sources of variation to the total variation of analyzed characteristics of tolerance of black poplars to Leucoptera sinuella



Svojstva broja zapredaka po listu i učešća listova sa zapredkom u ukupnom broju listova su bili pod relativno slabijim uticajem genotipa, i to posebno u slučaju PC. Veza PC sa svojstvima oštećenja lista je značajna, izuzev sa MPA20 i MN, dok korelacija merenja u 2007. i 2008. nije značajna. Sa druge strane, svojstvo CN karakteriše znatan doprinos genotipa ukupnom variranju (oko 30%), kao i to da njegova veza sa svojstvima učešća oštećenih listova nije značajna statistički. To govori da se radi o svojstvu koje bi moglo da da dodatne informacije o razlikama među genotipovima (Tab. 2).

Na osnovu analize varijabilnosti i koeficijenata korelacije ranga mogao bi se istaći značaj pre svega PM, a zatim i CN i PMA20.

Prema udelu listova oštećenih minama (PM) najslabiju toleranciju su pokazali klonovi Antonije, 129/81, 124/81 i Pannonia sa preko 70% oštećenih listova, koji je 2008. godine bio i oko 80%. Ovako jak napad štetočine svakako da nanosi ozbiljne gubitke u akumulaciji biomase i pripremama za period dormantnosti. Znatno veći stepen tolerancije je pokazao genotip S1-20 sa oko 37% napadnutih listova (Tab. 4).

U istraživanjima za 2001. godinu Poljaković-Pajnik et al., (2005) su istakli 129/81 kao genotip sa posebno slabom tolerantnošću prema *L. sinuella* sa blizu 90% oštećenih listova, dok je genotip Antonije (pre registracije 182/81) bio najslabije napadnut. Da bi se ispitao značaj ovakvih oštećenja, kao i jasnu promenu

odnosa populacije insekta prema genotipu Antonije potrebno je nastaviti istraživanja.

Tabela 3. Spearman-ovi koeficijenti korelacija ranga za ispitivana svojstva tolerantnosti crnih topola prema *Leucoptera sinuella*^{a)}

Table 3. Spearman rank correlation coefficients among examined characteristics of black poplars to *Leucoptera sinuella*

Spearman-ov koeficijent korelacija ranga Spearman's rank correlation coefficient									
za sredine godina ^{a)} for year averages		za sredine totala for total averages							
		MN ^{b)}	CN	PMA20	PMA40	PMA60	PMA80	PM	PC
MN	0,600	MN	-	0,782 *	0,648 *	0,842 *	0,903 *	0,903 *	0,903 * 0,588
CN	0,467	CN	0,782 *	-	0,152	0,527	0,576	0,576	0,576 0,673 *
PMA20	0,721 *	PMA20	0,648 * 0,152	-	0,770 *	0,745 *	0,745 * 0,745 *	0,745 * 0,248	
PMA40	0,406	PMA40	0,842 * 0,527	0,770 *	-	0,964 *	0,964 * 0,964 * 0,648 *		
PMA60	0,673 *	PMA60	0,903 * 0,576	0,745 *	0,964 *	-	1,000 * 1,000 * 0,661 *		
PMA80	0,661 *	PMA80	0,903 * 0,576	0,745 *	0,964 *	1,000 *	-	1,000 * 0,661 *	
PM	0,661 *	PM	0,903 * 0,576	0,745 *	0,964 *	1,000 *	1,000 *	-	0,661 *
PC	0,576	PC	0,588 0,673 *	0,248	0,648 *	0,661 *	0,661 * 0,661 *	-	

a) * - Koeficijent korelacijske razine značajne na nivou $\alpha=0,05$

* - Rank correlation coefficients significant at the level of $\alpha=0,05$

b) Oznake svojstava: MN – Broj mina po listu, CN – Broj zapredaka po listu, Udeo oštećenih listova: PMA20 - do 20% površine, PMA40 - do 40% površine, PMA60 - do 60% površine, PMA80 - do 80% površine, PM – Udeo oštećenih listova, PC – Udeo listova sa zapredkom

Tables of characteristics: MN – Number of mines per leaf, CN – Number of cocoones per leaf, Broj zapredaka po listu, Udeo oštećenih listova: PMA20 - do 20% površine, PMA40 - do 40% površine, PMA60 - do 60% površine, PMA80 - do 80% površine, PM – Udeo oštećenih listova, PC – Udeo listova sa zapredkom

Brojem mina su se posebno isticali genotipovi Antonije, 124/81 i 129/81 (preko 2 mine po listu), dok je S1-20 imao 0,7 mina po listu. Najveći broj zapredaka je imao genotip Pannonia, a najmanji 155/81.

Na osnovu dobijenih rezultata najbolju tolerantnost je pokazao genotip S1-20, uz koga bi mogli da se istaknu i 1247 i 155/81.

Godina 2008. je bila godina jačeg napada, prema svojstvima oštećenja lista minama, ali je u 2007. zapreden značajno veći broj zapredaka, i to na značajno većem % listova. Ovakav odnos udela oštećenih listova i udela listova sa zapredcima bi mogao da bude doveden u vezu sa izraženijim napadom parazita u godinama jačeg napada minera.

Značajne razlike među genotipovima crne topole u toleratnosti prema *Leucoptera sinuella* su u saglasnosti sa nalazima Poljaković-Pajnik et al., (2005) i Hideki i Takayuki, (2002). Hideki i Takayuki, (2002) su našli vezu preferencije ovog insekta sa postojanjem više različitih stimulusa kod različitih vrsta topola i vrba, na osnovu ovipozicije i prisustva *Leucoptera sinuella*.

Tabela 4. Rezultati NZR testa za ispitivana svojstva
Table 4. Results of LSD test for examined characteristics

Genotip <i>Genotype</i>	Godina <i>Year</i>	MN ^{b)} ^{a)}	CN	PMA20	PMA40	PMA60	PMA80	PM	PC
32/76-6	2007	1,19 eigh	0,12 cdefg	28,92 efgh	41,24 abed	47,78 bde	48,61 fghi	49,44 ghijj	2,84 ef
32/76-6	2008	1,63 bcdef	0,15 efgh	42,54 abed	61,72 bedef	63,14 bdef	63,14 bcdef	63,14 bcd	5,55 bdef
124/81	2007	1,80 bcde	0,47 ab	32,38 cdefg	53,74 cdefg	64,09 bdef	66,27 abde	66,27 abcde	15,72 abc
124/81	2008	2,57 ab	0,16 defgh	57,12 a	77,94 a	77,94 ab	77,94 ab	78,63 ab	9,37 abde
1247	2007	0,74 h	0,07 gh	26,64 efg	34,66 abc	36,31 i	36,31 i	36,31 j	3,75 def
1247	2008	1,30 defgh	0,12 efgh	44,43 abc	56,14 cdefg	58,89 defg	58,89 defg	58,89 efghi	3,73 def
129/81	2007	1,85 bcde	0,44 ab	40,82 bcd	65,16 abed	75,02 abc	77,45 ab	77,45 abc	19,15 a
129/81	2008	2,19 abc	0,14 efgh	43,47 abc	72,93 ab	74,89 abc	74,89 abcd	74,89 abcde	11,70 abcde
155/81	2007	1,23 efgh	0,09 fgh	32,57 cdefg	56,13 cdefg	61,49 cdef	62,46 bcdef	62,46 cdefgh	9,15 abde
155/81	2008	0,95 gh	0,07 gh	42,38 bcd	54,42 cdefg	54,42 efgh	54,42 efgh	54,42 fghij	3,21 def
Antonije	2007	2,52 ab	0,28 bcde	36,44 bcde	62,37 bcd	73,96 abcd	78,05 ab	78,83 ab	8,22 abde
Antonije	2008	2,76 a	0,12 efgh	50,09 ab	71,45 ab	79,60 a	80,98 a	80,98 a	8,26 abde
665	2007	0,97 gh	0,12 efgh	22,77 fg	37,62 hi	40,29 hi	40,29 hi	40,29 jj	4,95 cdef
665	2008	2,07 abcd	0,28 cde	41,76 bcd	67,23 abc	69,91 abcde	69,91 abce	69,91 abcdef	3,17 def
Pannonia	2007	1,07 fgh	0,57 a	19,85 g	50,66 defgh	62,07 cdef	68,42 abde	68,42 abcd	17,88 ab
Pannonia	2008	2,31 abc	0,34 bcd	35,03 cdef	55,71 cdefg	70,57 abcde	75,39 abc	75,39 abcd	8,23 abde
S1-20	2007	0,68 h	0,20 defg	22,74 fg	40,66 ghi	42,37 ghi	42,37 ghi	42,37 ijj	13,19 abde
S1-20	2008	0,72 h	0,02 h	31,60 cdefg	32,51 i	32,51 i	32,51 i	32,51 j	0,69 f
S6-7	2007	1,80 bcdef	0,26 cdef	24,95 efg	46,82 efghi	57,83 efg	59,38 cdefg	59,38 defghi	13,33 abed
S6-7	2008	1,02 gh	0,13 efgh	32,94 cdef	46,06 fghi	48,81 fghi	48,81 fghi	48,81 hijj	8,27 abde
32/76-6		1,41 de	0,13 c	35,58 abc	51,51 b	55,52 bc	55,94 b	56,35 b	4,09 c
124/81		2,18 ab	0,31 b	44,58 a	66,39 a	71,27 a	72,30 a	72,67 a	12,37 ab
1247		1,01 ef	0,10 c	35,28 abc	45,29 bc	47,54 cd	47,54 bc	47,54 bc	3,74 c
129/81		2,01 abc	0,29 b	42,14 a	69,12 a	74,96 a	76,18 a	76,18 a	15,24 a
155/81		1,08 ef	0,08 c	37,41 ab	55,28 b	57,98 bc	58,47 b	58,47 b	5,82 bc
Antonije		2,64 a	0,20 bc	43,20 a	66,99 a	76,84 a	79,53 a	79,92 a	8,24 abc
665		1,49 cde	0,20 bc	31,89 bc	52,54 b	55,35 bc	55,35 b	55,35 b	4,01 c
Pannonia		1,66 bcd	0,45 a	27,10 c	53,19 b	66,38 ab	71,98 a	71,98 a	12,66 ab
S1-20		0,70 f	0,11 c	27,05 c	36,54 c	37,38 d	37,38 c	37,38 c	5,08 bc
S6-7		1,39 de	0,19 bc	28,86 bc	46,44 bc	53,34 c	54,12 b	54,12 b	10,67 abc
	2007	1,35 b	0,26 a	28,61 b	48,90 b	56,34 b	58,32 b	58,50 b	10,07 a
	2008	1,71 a	0,15 b	42,06 a	59,89 a	63,50 a	64,19 a	64,27 a	5,69 b

^{a)} * - Razlike izmedu vrednosti istog izvora variranja koje imaju isto slovo nisu značajne na nivou $\alpha=0,05$

* - Intervals among values of the same source of variation that have the same letter are not significant at the level of $\alpha=0,05$

^{b)} Oznake svojstava: MN – Broj mina po listu, CN – Broj zapredaka po listu, Udeo oštećenih listova: PMA20 - do 20% površine, PMA40 - do 40% površine, PMA60 - do 60% površine, PMA80 - do 80% površine, PM – Udeo oštećenih listova, PC – Udeo listova sa zapredkom

Tables of characteristics: MN – Number of mines per leaf, CN – Number of cocoones per leaf, Percentage of leaves with damaged area up to: PMA20 - 20%, PMA40 - 40%, PMA60 - 60%, PMA80 - 80%, PM – Percentage of damaged leaves, PC – Percentage of leaves with cocoon

Dobijeni rezultati su u skladu i sa istraživanjem Poljaković-Pajnik et al., (1999), koji je ispitivao i utvrdio predilekciju *Chrysomela populi* na ishranu lišćem nekih klonova crnih topola i prema čijim istraživanjima postoje statistički značaje razlike u predilekciji, odnosno izboru domaćina za ishranu.

U svojim istraživanja Augustin et al., (1993, 1993a) je konstatovao varijabilitet u preferenciji *Chrysomela populi* i *Chrysomela tremulae* prema različitim klonovima bele topole. Ramirez et al., (2004) je ispitujući otpornost različitih hibrida topola u Čileu na napad *Chaitophorus leucomelas* (*Homoptera: Aphididae*) takođe utvrdio razlike među ispitivanim hibridima.

Prema dobijenim rezultatima jasno je da izbor genotipova može znatno da utiče na smanjenje štete koju *Leucoptera sinuella* pričinjava u gazdovanju topolama upotreboom tolerantnih genotipova, genotipova prema koima insekt pokazuje manji stepen predilekcije i na kojima oštećuje manju lisnu površinu. Značaju štete za akumulaciju biomase i pripremu biljaka za period dormantnosti svakako treba posvetiti više pažnje. Klonovi prema kojima miner pokazuje veći stepen predilekcije se mogu koristiti kao mamač biljke u rasadnicima i zasadima topola, što bi bilo u skladu sa principima integralne zaštite šuma. Postojanje varijablinosti u atraktivnosti pojedinih genotipova za minera topolovog lista i u njihovoj toleranciji prema napadu idu u prilog osnivanju poliklonalnih zasada, jer otežava prilagođavanje populacije štetočine domaćinu.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) i „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

LITERATURA

- Augustin, S., Courtin, C., Delplanque, A. (1993a): Poplar clones effect on development, mortality and fecundity of *Chrysomela (Melasoma) populi* L. and *Chrysomela tremulae* F. (Col. Chrysomelidae). J. Appl. Ent., 116: 39-49.
- Augustin, S., Courtin, C., Delplanque, A. (1993b): Preferences of *Chrysomela (Melasoma) populi* L. and *Chrysomela tremulae* F. (Col. Chrysomelidae) for Leuce section poplar clones, J. Appl. Ent., 115: 370-378
- Hideki, K., Takayuki, O. (2002): Oviposition stimuli for host plant recognition and clutch size determination in a leaf-mining moth. Ecological Entomology, 27, 622-625.
- Jodal, I., Drekić, M., Marković, M., Poljaković-Pajnik, L. (2002): Prilog poznavanju biologije i mogućnosti suzbijanja minera lista topole *Proleucoptera sinuella* Rtti. (Lepidoptera, Leucopteridae). Topola, 167/168 : 41-50

- Poljaković-Pajnik, L., Orlović, S., Jodal, I. (1999): Istraživanje predilekcije *Chrysomela populi* L. (Col. Chrysomelidae) na ishranu lišćem nekih klonova crnih topola. Topola 163-164: 41-46.
- Poljaković-Pajnik, L., Drekić, M., Kovačević, B., Vasić, V., Avramović, G. (2005): Istraživanja predilekcije *Leucoptera sinuella* Rtti. (Lepidoptera: Leucopteridae) na ishranu lišćem različitih klonova crnih topola. Topola, 32-41.
- Ramirez,C., Zamudio F., Verdugo, Nunez, M. (2004): Differential Susceptibility of Poplar Hybrids to the Aphid *Chaitophorus leucomelas* (Homoptera: Aphididae), Forest Entomology, Vol. 97 (6): 1965-1971.

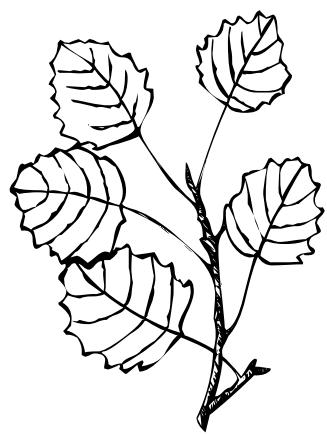
Summary

VARIABILITY OF CHARACTERISTICS OF TOLERANCE TO *Leucoptera sinuella* Rtti. (Lepidoptera: Leucopteridae) IN BLACK POPLARS' CLONES

by

Poljaković-Pajnik L., Drekić M., Kovačević B., Vasić V.

*The predilection of poplar leaf moth (*Leucoptera sinnuella* Rtti.) for ten genotypes of eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) and euramerican black poplar (*Populus x euramericana* Dode) in 2007 and 2008. The difference in the degree of tolerance of examined clones was examined at the base of the coverage of the leaves with mines (directly) and by number of cocoons (indirectly). Some examined clones, like S1-20, 1247 and 155/81 showed high degree of tolerance, while genotypes Antonije, 129/81, 124/81 and Pannonia suffered significant damage. The results of these trials suggest that the genotypes could be selected that are not considerably preferred by pest. The effect of the differences between years emphasise the significance of multiannual trials in this research.*



ANALIZA PROMENE KLIMATSKIH ELEMENATA U CILJU PREDIKCIJE ŠUMSKIH POŽARA

Živanović Stanimir¹

Izvod: Šumska vegetacija Srbije prilagođena je na određene klimatske uslove koji preovladavaju u tom području. Ti se uslovi menjaju kroz vreme što se odražava na rast, razvoj i ugroženost svih organizama. Vrednost i promenljivost klimatskih elemenata ukazuje kada i u kojoj meri postoji opasnost od nastanka i širenja požara u šumi. Mogućnost predikcije šumskih požara se, između ostalog, zasniva na praćenju klimatskih podataka i primeni raznih modela.

Jedan od tih modela je i analiziranje Langovog kišnog faktora (K_f), koji je korišćen u ovom radu. Analiza ovog faktora je urađena za 26 mesta u Srbiji. Cilj ovog rada je da se istraže mesečna i godišnja kolebanja kišnog faktora u toku perioda 1981-2010. u odnosu na standardni klimatološki period (1961-1990.) i utvrde područja i periodi povećane opasnosti od požara u šumi. Vrednosti Langovog kišnog faktora se na području istraživanja smanjuju, što ukazuje na povećanje aridnosti područja Srbije i povećanje ugroženosti šuma od požara.

Ključne reči: klimatske promene, šumski požar, Langov kišni faktor

ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE ELEMENTS TO PREDICTION OF FOREST FIRES

Abstract: Forest vegetation of Serbia is adapted to specific climatic conditions prevailing in the area. These conditions change over time as reflected in the growth, development and vulnerability of all organisms. Value and variability of climate elements indicate when and to what extent there is a danger of the spread of fire in the woods. The possibility of prediction of forest fires, among other things, based on climate data and monitoring the application of various models.

One of these models is Lang's rain factor (K_f), which was used in this paper. Analysis of this factor was performed in 26 cities in Serbia. The aim of this study was to investigate the monthly and annual fluctuations in rain factor during the period 1981-2010 compared to the standard climatological period (1961-1990) and to identify areas and periods of increased forest fire danger. Values of Lang's rain factor decrease in the area of research, which indicates an increase of aridity in the region of Serbia and the increase of threat of forest fires.

Key words: climate changes, forest fire, Lang's rain factor

¹ mr Stanimir Živanović, MUP Republike Srbije-Sektor za vanredne situacije, Odeljenje u Boru, E-mail: zivanann@open.telekom.rs

UVOD

Šumski požari su postali uobičajena pojava na teritoriji Republike Srbije. Oni mogu uništiti ne samo šume i biljni i životinjski svet, već mogu ugroziti i život ljudi. Predviđanjem sušnih perioda i njihovog intenziteta i trajanja omogućava se nadležnim službama da preduzmu odgovarajuće preventivne mere. Da bi te aktivnosti bile što uspešnije potrebno je prikupiti sve relevantne podatke. U tu svrhu baze podataka kao što su vegetacijski, klimatološki, pedološki, geološki i sociološki podaci, statistika požara i dr., omogućava stvaranje integrisanog modela zaštite i ugroženosti šuma od požara.

Razna sprovedena istraživanja i autori (Živanović, 2010; Haire, 2009; Chandler *et al.*, 1983; Ralph, 1982) ukazuju na podudarnost najvećeg broja požara u prirodi sa periodima sa visokim temperaturama vazduha i dnevним i mesečnim smanjenim sadržajem vlage u zemljištu i gorivom materijalu. Raspodela površina zahvaćenih požarom i dinamika izbijanja požara se može dovesti u korelaciju s klimatskim karakteristikama određenih područja. Statističke analize mogu pomoći u određivanju verovatnoće događanja novih požara, kao i modelovanju mogućeg razvoja požara na određenoj lokaciji. Sve to ukazuje na važnost formiranja kvalitetnih baza podataka i njihove obrade i primene.

Stanje gorivog materijala u šumi je u direktnoj zavisnosti od padavina² i temperature vazduha. Raspored i količine padavina utiču na povećanje vlažnosti gorivog materijala, a time i smanjenje opasnosti od požara i obrnuto.

Temperatura vazduha u toku dvadesetog veka je porasla u mnogim delovima Evrope (Houghton *et al.*, 2001). Stopa promene temperature je najveća u poslednjoj četvrtini dvadesetog veka (Klein *et al.*, 2003). Postoji dosta radova u kojima se predviđa da će se zagrevanje nastaviti i verovatno će biti praćeno promenama u ekstremnim vremenskim i klimatskim događajima (Houghton *et al.*, 2001).

Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda (www.hidmet.sr.gov.yu), veći deo Srbije ima kontinentalni režim padavina, sa većim količinama u toploj polovini godine. Najviše kiše padne u junu i maju. U junu padne 12 do 13 % od ukupne godišnje sume padavina.

Analize meteoroloških podataka (Popović *et al.*, 2005) ukazuju da godišnja temperatura poslednjih godina i decenija XX veka zadržava kontinuirani rast, a da su kod padavina prisutne oscilacije sa češćom pojmom deficit (Spasov, 2003). Vredi zapaziti poklapanje perioda preovlađujućih negativnih vrednosti trenda godišnjih padavina sa periodom preovlađujućih pozitivnih vrednosti trenda godišnjih temperatura vazduha (Popović *et al.*, 2005).

Komisija za klimatologiju Svetske meteorološke organizacije (WMO-CCL) je za utvrđivanje variabilnosti i promenljivosti klime preporučila upotrebu

² Podaci padavinskog režima u Srbiji ukazuju da je najsušnija bila 2000. godina, kada je izmereno samo 223,1mm padavina u Kikindi. Najkišovitija je bila 1937. godina, kada je izmereno čak 1324,5mm u Loznicama. Na mesečnom nivou najveća izmerena količina padavina je registrovana u junu 1954. godine u Sremskoj Mitrovici, 308,9mm. najveća dnevna količina padavina je registrovana 10.oktobra 1955. godine u Negotinu, 211,1mm.

klimatskih indeksa baziranih na temperaturi i padavinama (Peterson *et al.*, 2001). Jedan od tih indeksa je i Langov kišni faktor (Kf) koji je korišćen u ovom radu.

MATERIJAL I METOD RADA

Za analizu, korišćeni su podaci prizemnih meteoroloških merenja na stanicama na području Republike Srbije. Za sagledavanje su korišćene srednje vrednosti temperature vazduha i količine padavina na mesečnom i godišnjem nivou. Važno je napomenuti da odabrane meteorološke stanice pokrivaju najveći deo teritorije Republike Srbije. U radu su obrađeni i upoređeni podaci sa 26 meteoroloških stanica.

Vrednosti mesečnih i godišnjih Indeksa suša određene su metodom *Lang-a* korišćenjem podataka za period 1961-1990. i 1981-2010. godina. Langov kišni faktor (Kf) je u širokoj upotrebi u cilju sagledavanja sušnosti određenog područja. Mesečni i godišnji Indeksi suša, obrađeni na osnovu sume padavina i temperatura vazduha, ukazuju o sušnosti predela u pogledu vlažnosti.

Langov kišni faktor (**Kf**) se definiše kao odnos prosečne godišnje količine padavina i srednje godišnje temperature vazduha (Milosavljević, 1980),

$$Kf = Q_g / t_g$$

gde je

Q_g - godišnja količina padavina (mm)
 t_g - srednja godišnja temperatura vazduha (°C).

Prema veličini kišnog faktora R. Lang svrstava bioklimatske oblasti na sledeći način:

Kišni faktor od:

0 do 20 pustinje	} Aridna klima
20 do 40 polupustinje	
40 do 60 stepne i savane	
60 do 100 niske šume	} Humidna klima, i
100 do 160 visoke šume	
veće od 160 pustare i tundre	} Perhumidna klima.

Mesečni kišni faktor predstavlja odnos između srednje mesečne sume padavina i srednje mesečne temperature.

Prema veličini kišnog faktora R. Lang svrstava mesece na sledeći način:

- do 3,3 aridni (sušni)
- od 3,3 do 5,0 semiaridni

- od 5,0 do 6,6 semihumidni, i
- preko 6,6 humidni (vlažni).

REZULTAT I DISKUSIJA

Za merna mesta u Srbiji, prema vrednosti Langovog kišnog faktora (Kf), u tabeli 1 date su vrste klime i bioklimatske oblasti. Podaci iz tabele ukazuju da je najveća vrednost kišnog faktora u toku godine na području Kopaonika. Velika vrednost ovog faktora se evidentira na području i Zlatibora, Crnog Vrha Dimitrovgrada, Kraljeva, Valjeva, Loznicе, Požege i Sjenice (više od 60). Najmanji godišnji Langov faktor se „može očekivati“ u Nišu, Kikindi, Zrenjaninu, Paliću, Somboru, Vranju, Sremskoj Mitrovici, Zaječaru i Negotinu (manje od 55). Zanimljivi su podaci iz tabele koji ukazuju da je kišni faktor veći u Lozniци (121 m nv) od mnogih mesta sa većom nadmorskog visinom. Na osnovu vrednosti kišnog faktora područja Srbije izračunava se godišnji prosek od 72,8. Vrednosti kišnog faktora su na 6 od 26 stanica veće od republičkog proseka. Jedna stanica (Kopaonik) ukazuje na odlike perhumidne klime. Najviše stanica je sa indeksom između 50 i 60: 15 stanica ili 66% od ukupnog broja. Izvršenim upoređenjem Langovog kišnog faktora u toku perioda 1981-2010. u odnosu na period 1961-1990. zapaža se opadanje vrednosti na 22 stanice dok je neznatno povećanje evidentirano na 4 stanice (Tabela 1). Najveće smanjenje je na području Kopaonika a najveće povećanje na području Novog Sada.

Tabela 1 Vrednost kišnog faktora (Kf) za područje Srbije (1961-1990, 1981-2010.)
Table 1 Value rain factor (Kf) for Serbia (1961-1990, 1981-2010.)

Stanica Station	nv a.s.l. (m)	(K _f)		Vrsta klime Type of climate		Bioklimatska oblast Bioclimatic area	
		1961 - 1990.	1981 - 2010.	1961-1990.	1981-2010.	1961-1990.	1981-2010.
Kikinda	81	49.6	49.2	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Palić	102	51.4	51.0	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Zrenjanin	80	51.6	50.7	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Niš	204	51.7	48.8	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Novi Sad	84	52.9	56.8	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Sombor	87	54.6	54.7	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Leskovac	230	55.0	56.3	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Vranje	432	56.8	52.1	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Sremska Mitrovica	82	56.9	54.4	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Kragujevac	185	57.5	53.3	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Beograd	132	57.5	55.3	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Smederevska Palanka	121	57.8	55.4	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Negotin	42	58.2	52.0	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Zaječar	144	58.7	52.9	aridna	aridna	stepe i savane	stepe i savane
Kruševac	166	60.0	55.1	humidna	aridna	niske šume	stepe i savane
Čuprija	123	60.9	59.3	humidna	aridna	niske šume	stepe i savane
Veliko Gradište	80	61.9	57.8	humidna	aridna	niske šume	stepe i savane
Dimitrovgrad	450	65.5	62.5	humidna	humidna	niske šume	niske šume
Kraljevo	215	69.2	64.4	humidna	humidna	niske šume	niske šume
Valjevo	388	71.8	69.1	humidna	humidna	niske šume	niske šume
Lozница	121	74.6	74.8	humidna	humidna	niske šume	niske šume
Požega	310	79.6	74.9	humidna	humidna	niske šume	niske šume

Sjenica	1038	116.8	111.9	humidna	humidna	visoke šume	visoke šume
Crni Vrh	1027	126.6	115.2	humidna	humidna	visoke šume	visoke šume
Zlatibor	1028	135.8	132.1	humidna	humidna	visoke šume	visoke šume
Kopaonik	1711	341.0	273.4	perhumidna	perhumidna	pustare i tundre	pustare i tundre
Srbija	333.2	78.2	72.8	humidna	humidna	niske šume	niske šume

Tabela 2. Vrednost kišnog faktora po mesecima za područje Srbije (1961-1990., 1981-2010.)

Table 2 Value rainy factors by month for Serbia (1961-1990., 1981-2010.)

Stanica Station	Period Period	Mesec Month											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Negotin	1961-1990	-	0.7	10.3	5.3	4.0	3.3	2.2	1.9	2.4	4.3	11.3	42.9
	1981-2010	139.3	23.2	7.2	4.4	2.9	2.8	2.1	2.1	2.6	4.3	10.6	60.4
Zrenjanin	1961-1990	-	17.6	5.9	4.1	3.4	4.5	3.0	2.3	2.4	3.3	7.6	29.5
	1981-2010	359	18.8	5.8	3.6	3.2	4.4	2.7	2.1	2.9	3.7	8.0	32.4
Veliko Gradište	1961-1990	-	28.8	7.3	4.8	4.5	4.5	3.3	2.8	3.0	3.6	7.9	48.8
	1981-2010	450	28.1	6.7	4.8	3.5	4.1	2.8	2.6	3.4	4.4	8.1	36.2
Kikinda	1961-1990	-	26.2	5.9	4.1	3.2	3.9	2.4	2.5	2.2	2.8	7.9	50.7
	1981-2010	-	19.1	5.3	3.7	3.1	3.7	2.5	2.3	3.0	3.5	8.1	42.3
Sremska Mitrovica	1961-1990	-	20.7	6.6	4.4	3.5	4.4	3.1	2.7	2.7	3.4	9.1	41.2
	1981-2010	379	18.3	6.3	4.1	3.3	4.2	2.9	2.5	3.0	4.7	9.1	32.6
Novi Sad	1961-1990	-	23.2	6.8	4.1	3.4	4.2	2.9	2.7	2.1	3.0	7.8	36.8
	1981-2010	195.5	19.6	6.6	4.2	3.6	4.5	2.9	2.7	3.2	4.5	9.1	32.5
Sombor	1961-1990	-	24.4	6.3	4.6	3.5	4.1	2.9	2.6	2.3	3.4	9.8	48.3
	1981-2010	-	21.4	5.9	3.9	3.5	4.0	3.0	2.5	3.3	4.2	9.9	43.1
Zaječar	1961-1990	-	55.0	9.4	5.0	4.5	3.7	2.6	1.8	2.3	3.9	11.2	64.4
	1981-2010	-	33.2	6.9	4.7	3.1	2.8	2.5	2.0	2.7	4.4	10.9	77.1
Palić	1961-1990	-	28.5	6.0	3.8	3.4	3.8	2.7	2.7	2.2	2.5	8.9	65.7
	1981-2010	-	23.3	5.7	3.8	3.2	3.9	2.6	2.4	3.0	3.5	8.9	58.1
Beograd	1961-1990	-	15.9	6.9	4.7	4.1	4.5	3.0	2.4	2.9	3.2	7.8	25.0
	1981-2010	33.5	12.9	6.5	4.3	3.2	4.8	2.7	2.6	3.1	3.9	7.8	21.3
Kraljevo	1961-1990	-	21.3	8.2	5.2	5.7	5.0	3.6	2.8	3.4	4.0	9.7	43.4
	1981-2010	150.3	19.7	7.8	5.3	4.3	4.7	3.5	3.0	3.5	4.9	9.4	35.1
Požega	1961-1990	-	60.6	9.7	5.7	5.8	4.7	4.2	3.2	3.9	5.0	14.5	-
	1981-2010	-	104.8	8.6	5.7	4.9	4.8	3.8	3.1	4.4	5.6	15.5	-
Kopaonik	1961-1990	-	-	-	-	62.2	17.0	13.9	8.1	8.3	8.1	11.3	-
	1981-2010	-	-	-	-	44.4	15.1	10.1	7.2	6.3	9.8	13.6	-
Leskovac	1961-1990	-	22.4	7.9	4.4	3.5	3.9	2.1	2.1	2.8	3.1	11.1	50.2
	1981-2010	-	26.9	7.2	5.3	3.4	3.3	2.0	2.2	3.2	4.6	11.3	39.4
Smederevska Palanka	1961-1990	-	20.0	7.4	4.3	4.3	4.7	2.8	2.3	2.8	3.5	8.5	30.5
	1981-2010	60.6	18.7	6.7	4.2	3.2	3.9	2.8	2.7	3.4	4.4	8.1	27.3
Čuprija	1961-1990	-	25.6	7.7	4.6	4.9	4.6	3.0	2.2	2.9	3.4	9.0	42.8
	1981-2010	230.5	28.4	7.4	5.3	3.8	4.1	2.7	2.2	3.2	4.4	9.3	37.7
Vranje	1961-1990	-	21.7	7.5	4.7	4.2	3.8	2.4	1.9	2.7	4.0	10.7	52.0
	1981-2010	-	21.3	6.0	4.6	3.5	3.2	2.1	2.0	2.8	4.4	10.1	42.1
Valjevo	1961-1990	-	23.1	8.6	5.7	5.5	5.7	3.7	3.4	3.6	4.3	9.8	39.6
	1981-2010	83.2	22.3	8.8	5.2	4.3	5.5	3.2	3.3	3.9	5.4	10.3	31.9
Zlatibor	1961-1990	-	-	32.0	11.6	8.7	7.6	5.9	4.8	6.4	7.9	26.7	-
	1981-2010	-	-	30.6	11.0	7.7	7.2	5.6	4.5	7.5	8.9	28.8	-
Kruševac	1961-1990	-	20.7	7.2	4.9	4.9	4.5	2.8	2.2	2.7	3.4	9.8	45.8
	1981-2010	201.5	19.6	7.3	4.8	3.4	3.6	2.5	2.3	3.0	4.3	9.5	34.4
Kragujevac	1961-1990	-	17.6	7.0	4.4	4.6	4.5	3.3	2.6	2.7	3.3	7.5	26.4
	1981-2010	42.1	16.1	6.4	4.6	3.5	3.8	2.6	2.7	3.1	4.1	7.7	21.8
Sjenica	1961-1990	-	-	29.7	8.0	6.8	6.2	4.5	4.5	5.1	8.2	31.1	-
	1981-2010	-	-	25.8	8.6	6.2	5.4	4.1	3.8	6.4	8.0	33.7	-
Loznica	1961-1990	-	21.4	8.9	6.1	5.1	5.2	4.1	3.8	3.7	4.8	11.3	35.3
	1981-2010	74.1	19.2	9.5	5.3	4.6	5.4	3.9	3.5	4.1	6.2	11.8	31.6
Dimitrovgrad	1961-1990	-	45.0	9.5	5.1	5.1	5.0	3.1	2.3	2.5	3.8	11.8	70.0
	1981-2010	-	63.5	8.0	5.4	4.5	3.8	3.0	2.7	3.4	4.8	10.6	58.6

Niš	1961-1990	-	16.1	6.8	4.3	4.0	3.6	2.0	2.1	2.5	2.9	8.9	31.5
	1981-2010	64.7	15.3	6.1	4.6	3.4	2.8	2.0	2.1	2.8	3.7	8.6	24.5
Crni Vrh	1961-1990	-	-	52.2	9.9	9.1	8.6	5.6	4.1	5.0	7.3	32.4	-
	1981-2010	-	-	62.8	11.3	6.6	6.3	4.1	3.6	5.6	9.1	38.5	-

Vrednosti mesečnog kišnog faktora za duži vremenski period, meteoroloških stanica područja Srbije, su najveće u hladnom periodu godine (Tabela 2), a najmanje u letnjem odnosno vegetacionom periodu kada su padavine najpotrebnije biljkama. Po godišnjim dobima vrednost kišnog faktora je najveća zimi, zatim u proleće i jesen a najmanja u leto. Iz mesečnih indeksa suša, pojedinih stanica, se zaključuje da se radi o suvoj lokalnoj klimi. Upoređenja radi, tako niski indeksi suša su karakteristični za granične pustinjske i stepske oblasti. Najmanje vrednosti mesečnog kišnog faktora su za stанице Žajecar, Negotin i Vranje, tokom meseca avgusta. Zapaža se da indeksi nisu računati za mesece sa negativnom temperaturom vazduha, jer rezultat ne bi imao smisla.

Na osnovu prikazanih tabelarnih podataka (Tabela 2), zaključuje se da jedino na Kopaoniku, Zlatiboru, Crnom Vrhu, Sjenici, Valjevu i Loznicu nisu registrovani aridni (sušni) meseci. Izuzev ovih mesta, na svim ostalim mestima se izdvajaju meseci jul, avgust i septembar kao aridni (sušni) i semiaridni. Svakako da su odstupanja za navedena mesta uslovljena znatno većom nadmorskom visinom (mnv), a time i većim količinama padavina.

Period od novembra do marta meseca se, na osnovu višegodišnjeg proseka, kvalificuje kao humidni (vlažni) na celoj teritoriji Srbije (izuzev određenih područja Vojvodine tokom meseca marta). U pojedinim godinama svaki mesec može pokazati vrednosti aridnosti, što ima uticaja na vegetaciju i stanje gorivog materijala.

Na mesečnom nivou najmanje vrednosti kišnog faktora na području Srbije su u mesecu avgustu, tabela 2. Samo na 7 stanica su veće vrednosti od 3. Izuzev stanica Zlatibor, Sjenica, Kopaonik, Crni Vrh gde nema evidentiranih meseca sa odlikama aridne klime, sva ostala mesta su sa mesecima koji ukazuju na sušnost koja je evidentna i u drugim mesecima tokom vegetacionog perioda.

U odnosu na standardni klimatološki period (1961-1990.) u toku perioda 1981-2010. godina došlo je na većini stanica do smanjenja Langovog faktora u prvoj polovini godine odnosno period mart-avgust. Neznatno povećanje je evidentno u jesenjim i zimskim mesecima.

Dobijeni rezultati ovog istraživanja potvrđuju istraživanja Spasov, (2003) da na većem području Republike Srbije preovladava aridna klima. Sta više, izvršena analiza kišnog faktora Lang-a ukazuje na promenu klime u pravcu povećanja aridnosti, što je u skladu sa istraživanjima Popović *et al.*, (2005). Dobijeni rezultati bi mogli da budu od značajnog uticaja na planiranje i sprovođenje daljih mera protipožarne zaštite i ukazuju na potrebu nastavka istraživanja u ovom pravcu.

ZAKLJUČAK

Analiza trenda klimatskih elemenata je značajna u preventivnom delovanju na zaštitu šuma od požara u Republici Srbiji. Monitoring temperature vazduha i padavina je od značaja za praćenje stanja gorivog materijala i određivanje stepena opasnosti od požara u šumi.

Dobijeni podaci, obrađeni pomoću raznih modela, ukazuju na: prostorne celine pogodne za nastanak požara i periode u toku godine kada je povećana opasnost pojave požara. Analiza podataka *Lang-ovog* kišnog faktora meteoroloških stanica na teritoriji Republike Srbije ukazuje da su, na osnovu dužeg vremenskog perioda, najkritičniji meseci u toku godine jul, avgust i septembar. Određenih godina, podaci ukazuju i na opasnost tokom svih meseci vegetacionog perioda. Najveća opasnost pojave požara je na područjima Zaječar, Negotin i Vranje. Područje Kopaonika, Zlatibora, Crnog Vrha, Sjenice, Valjeva i Loznice je sa vrednostima klimatskih elemenata koji ne ukazuju na znake aridnosti.

LITERATURA

- Živanović S. (2010): Faktori rizika šuma od požara. *Bezbednost Beograd*, 52:179-190.
- Haire S., McGarigal K. (2009): Changes in Fire Severity across Gradients of Climate, Fire Size, and Topography: A Landscape Ecological Perspective. *Fire Ecology*, 5(2): 86-103.
- Chandler C., Cheney P., Thomas P., Trabaud L., Williams D. (1983): *Fire in forestry* vol.I *Forest Fire: Behavior and Effects*, USA.
- Ralph E.J.B. (1982): Fire and Nutrient Cycling in Temperate Ecosystems, *BioScience* 32(3): 187-192.
- Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Xiaosu D. (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Klein T., Können G.P. (2003): Trends indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16:3665-3680.
- Popović T., Radulović E., Jovanović M. (2005): Koliko nam se menja klima, kakva će biti naša buduća klima? Životna sredina ka Evropi. Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd.
- Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit A., Plummer N. (2001): Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001. World Meteorological Organization Rep. WCDMP-47. WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland.
- Spasov P. (2003): Pojava suše u Srbiji, njeno praćenje i mogućnosti prognoze. *Vodoprivreda*, 35(1-2): 30-36.
- Milosavljević M. (1980): *Klimatologija*. Naučna knjiga, Beograd.
- Meteorological Yearbook 1: Climatological Data for period 1961-1990 year. Hidrometeorological Institute of Serbia, Belgrad, Serbia (2012): <http://www.hidmet.gov.rs/>

Summary

***ANALYSIS OF CLIMATE CHANGE ELEMENTS
TO PREDICTION OF FOREST FIRES***

by

Živanović Stanimir

Climatic parameters provide initial and boundary conditions to predict the likelihood of forest fires and development. Regular monitoring, investigation and analysis of climatic parameters helps identifying endangered forest vegetation fire. The available data and current values of the prediction of short-and long-term stroke values of climatic elements are of great importance to the authorities to optimize prevention and fire fighting organization.

The values of monthly and annual index of drought, according to the size of the rainy factors R.Lang method, show that the greater part of the territory of Serbia prevailing arid climate. The values of Lang factors during the rainy period 1981-2010 compared to the standard climatological period (1961-1990) are reduced, which indicates an increase in aridity region of Serbia and the increasing threat of forest fires. The greatest danger of fire was in July, August and September.

Expected climate change necessitates development of appropriate strategies to adapt to changing climatic conditions, which will contribute to further development of the system of protection of forests against fire.

UDK: 630*:502.131.1

Prethodno saopštenje *Preliminary report*

STANJE I PERSPEKTIVE ENERGETSKOG KORIŠĆENJA ŠUMA U PRIVATNOM VLASNIŠTVU U SRBIJI

Jankov Dragan¹, Stevanov Mirjana¹, Orlović Saša¹

Sažetak: Ova studija je deo RoK-FOR projekta (Regions of Knowledge for Forestry) koji ima za cilj da promoviše šumarski sektor podržavajući održivo korišćenje prirodnih resursa, obnovljivu energiju, održive građevinske materijale i proizvode biološkog porekla a sve to bez ugrožavanja životne sredine. Cilj RoK-FOR projekta je da pokrene snažnu saradnju između klastera iz oblasti šumarstva kroz formulisanje zajedničke strategije i akcionog plana za razvoj dovodeći do povećanja inovativnosti i konkurentnosti. Glavni ciljevi ovog istraživanja bili su da se ispitaju mišljenja i stavovi šumovlasnika koji se odnose na tržište ogrevnim drvetom kao i znanja iz oblasti šumarstva. Istraživanje je pokazalo da nezadovoljavajuće stanje šuma, mali i rascepmani posedi, nedostatak mehanizacije, loši šumski putevi, nedostatak potrebnog praktičnog znanja a posebno nedostatak investicija predstavljaju problem za isplativiju proizvodnju ogrevnog drveta kod privatnih šumovlasnika. Privatne šume u Srbiji zauzimaju površinu od preko jednog miliona hektara, što čini 47 % svih šuma u Srbiji. Kao takve, one predstavljaju značajan potencijal za ekonomski razvoj Srbije, posebno u seoskim sredinama, gde mogu doprineti smanjenju siromaštva lokalnog stanovništva. Potencijal drveta iz privatnih šuma u Srbiji nije u dovoljnoj meri iskorишćen ni u drvnoj industriji kao ni za proizvodnju sirovina u energetskom sektoru. Glavni razlog za nedovoljnu mobilizaciju drveta iz privatnih šuma leži u karakteristikama privatnih šuma, uključujući male površine šumskega gazdinstava, izdanačko porekla šuma, veliki broj šumskih parcela, nedefinisan vlasnički odnos, zastarele zemljišne knjige, nedostatak savetodavnih usluga koje zadovoljavaju potrebe vlasnika itd.

Ključne reči: privatne šume, privatni vlasnici šuma, bio-proizvodi, tržište ogrevnim drvetom

STATE AND PROSPECTS OF PRIVATE OWNED FORESTS' BIOMASS AS ENERGY SOURCE IN SERBIA

Abstract: This study is part of RoK-FOR² project (Regions of Knowledge for Forestry) which aims are to promote forest sector supporting sustainable use of natural resources, renewable energy, sustainable construction materials and

¹ Jankov Dragan – student doktorskih studija- Mirjana Stevanov – istraživač-saradnik ; Dr Saša Orlović – naučni savetnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Novi Sad, Antonia čehova 13, Novi Sad

biobased products, without jeopardizing the environment. The objective of RoK-FOR project is to initiate strong co-operation between the participating forestry-based clusters, through formulating a joint strategy and action plan for development, leading to increased innovativeness and competitiveness. The main objectives of this study were to explore the opinions and attitudes of the Serbian private forest owners related to the energy wood market and forest-based knowledge. Research has shown that unsatisfactory condition of forests, small and fragmented landholdings, lack of mechanization, poor condition of forest roads, lack of practical knowledge and particularly lack of investments, represent an issue for cost-effective production of energy wood from private forest owners. Private forests in Serbia occupy an area of over one million hectares, which accounts for 47 % of all forests in Serbia. Private forests with over one million hectares represent a significant potential for the economic development of Serbia, especially in rural areas, where they are likely to contribute to the reduction of poverty of the local population. The potential of wood from private forests in Serbia is not being sufficiently exploited either in timber industry or the production of raw materials employed to produce energy. The main reason for the insufficient mobilization of wood from private forests lies in the characteristics of private forests, including the small size of forest estates, coppice origin of forests, a large number of forest parcels, undefined ownership status, outdated land registry, the lack of advisory services that meet the owners' needs etc.

Keywords: *private forests, private forest owners, biobased products, energy wood market*

1. UVOD

Obnovljivi izvori energije su aktuelno pitanje u svim razvijenim zemljama. Iako se problematika korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji proučavala i ranije, njihovo korišćenje za supstituciju konvencionalnih energetskih resursa je postalo aktuelnije tokom procesa njenog pristupanja Evropskoj Uniji. Obnovljivi izvori energije poput biomase, vetra i mini hidroelektrana dobijaju sve veću pažnju od strane vlada, potencijalnih investitora i potrošača. Evropska Unija je tokom 2007. definisala kombinovani cilj za države članice koji podrazumeva da do 2020. godine 20% ukupne potrošnje energije mora poticati iz obnovljivih izvora. Srbija poseduje značajne resurse obnovljive energije za zadovoljavanje ove vrste tražnje, a srpska Vlada je razvila strategiju za iskorишćavanje tih resursa. Energetika je trenutno najveća pojedinačna privredna grana u Srbiji. Ona učestvuje sa više od 20% u formiranju nacionalnog proizvoda i blizu polovine u formiranju budžeta. U samom energetskom sektoru najvažniji mehanizmi za borbu protiv klimatskih promena su energetska efikasnost i uvođenje obnovljivih izvora energije u produkciju, transmisiji, distribuciji i zadovoljenju energetskih potreba (Kragujevac, 2011).

Ukupan energetski potencijal biomase u Srbiji iznosi približno 2,7 miliona ten, što je količina veća od ukupne potrošnje nafte u poljoprivrednoj proizvodnji Srbije. Od toga oko 1,7 miliona ten leži u ostacima poljoprivredne proizvodnje i oko

1 milion ten u drvnoj biomasi. Potencijali šumske biomase kao drugog važnog resursa biomase u Srbiji leže u preradi oko 1,5 miliona kubnih metara šumskog prirasta godišnje u vidu odsečaka, odrezaka, kore, piljevine i sl. S' obzirom na to da se ovaj potencijal nedovoljno koristio do sada, čini se da je sazrela svest među donosiocima odluka da nedostatak pravne i tehničke regulative u oblasti obnovljivih izvora energije i posebno biomase, te nedostatak podsticajnih sredstava stoe kao glavni problemi razvoja (J o v a n o v i c i P a r o v i c, 2009). U skladu sa tim, Ministarstvo rудarstva i energetike je u okviru programa ostvarivanja Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine izradilo "Nacionalni akcioni plan za korišćenje biomase kao najznačajnijeg obnovljivog izvora energije (OIE) u Republici Srbiji", skraćeno BAP. Ovaj strateški dokument bi trebalo da predstavlja prekretnicu na polju OIE, jer daje smernice i uputstva iz oblasti korišćenja biomase u Srbiji. Njegova praktična primena nije zaživila u punom obimu, ali je svakako najznačajniji dokument iz ove oblasti i pretpostavka je da će se u budućnosti koristiti kao baza za nova strateška dokumenta iz oblasti korišćenja biomase.

Energija biomase, uz energiju vodotokova, predstavlja najznačajniji resurs iz grupe obnovljivih izvora energije, jer učestvuje sa 63% u ukupnom potencijalu obnovljivih izvora energije u Srbiji. Biomasa se koristi u procesima sagorevanja, tj. konverte u sistemima koji proizvode topotnu energiju i ili električnu energiju. Osim toga, biomasa se koristi za proizvodnju tečnih i gasovitih goriva: bioetanola, biodizela i biogasa. Najperspektivnije mogućnosti za korišćenje biomase u Srbiji su: zagrevanje prostora u domaćinstvima i zgradama korišćenjem peleta ili briketa od biomase, kosagorevanje ili potpuna zamena loženja mazuta ili uglja u toplanama, proizvodnja električne energije korišćenjem ostataka iz poljoprivrede i od drveta i proizvodnja biogoriva za saobraćaj (S t o j i l j k o v i c, 2009). U oblasti primene biomase za kombinovanu proizvodnju topotne i električne energije, Srbija ima značajne mogućnosti u koje spada i korišćenje briketa i peleta. Upotreba drvnog peleta i briketa je vrlo popularna u zemljama sa velikom preradom drveta. Šira upotreba briketa i peleta za grejanje u domaćinstvima (umesto električne energije), međutim, zahteva rešavanje većeg broja problema, među kojima su nepostojanje standarda za njihovu proizvodnju i niska cena struje. Proizvodnja drvnog peleta je u stalnom porastu i njegova cena na tržištu je sve viša. Razlog za ovakav trend leži u činjenici da prilikom prerade drveta ostaje velika količina energetski veoma vredne biomase. Pored ovoga, u poslednje vreme je razvijena tehnologija proizvodnje peleta koja obezbeđuje bolje sagorevanje u posebnim pećima i kotlovima koji su tako konstruisani da obezbeđuju u priličnoj meri automatizovan način loženja (poput peći i kotlova na tečna goriva ili gas). Sa druge strane, briketirana drvna biomasa se upotrebljava u većim industrijskim postrojenjima. Uprkos velikom potencijalu, drvo zauzima još uvek niske pozicije u zadovoljenju energetskih potreba. Glavni razlog za to je veliko nerazumevanje da domaće snabdevanje drvnom biomasom može da obezbedi čistu energiju iz obnovljivog izvora, kao i dodatne koristi koje drvo pruža. Za Srbiju, neke od ovih koristi uključuju povećanje investicija u razvoj šuma koje će rezultirati povećanim ekonomskim aktivnostima u šumarstvu, povećanim održivim gazdovanjem šuma, značajnim smanjenjem troškova fosilnih goriva koja se uvoze kao i smanjenjem efekta staklene baštne koji će nastati upotrebot efikasnih i nisko

emisionih uređaja i tehnologija na bazi drvne biomase. Sa više od 12 miliona tona proizvodnje drvnog otpada godišnje, Srbija ima u budućnosti potencijal da razvija svoj bioenergetski sektor naročito za proizvodnju električne i toplotne energije (J o v a n o v i c i P a r o v i c, 2009).

U Srbiji postoji 28 različitih geografskih oblasti koje imaju više od 40% površine prekrivene šumom. Regioni sa najviše šuma su u Jugozapadnom delu Srbije, to je područje oko grada Prepolja sa više od 80 % pokrivenosti šumom dok su Priboj i Kuršumlija pokriveni između 61-81 %. Istočni region uključuje Majdanpek sa preko 80% pokrivenosti kao i Kučevo, Žagubica, Bor, Baljevac između 41 – 60 %. Učešće privatnih šuma u ukupnom šumskom fondu Srbije je 47% odnosno privatni šumovlasnici poseduju 1.058.400 ha, ukupna zapremina je 133 m³/ha, tekući zapreminski prirast je 3,5 m³/ha, znatno manje korišćenje drveta od prirasta, sve pomenute vrednosti su manje za oko 50% u odnosu na šume iz državnog vlasništva (Nacionalna inventura šuma, 2009). Ukupna seča drveta u šumama Srbije iznosi 204 miliona m³. Ukratko, postoji velika količina drvne mase u Srbiji, ali je stepen iskorišćenja šuma, koji se izražava kao odnos seče i prirasta šuma u Srbiji manji od 50%. Procenjeni prirast zapremine drvne mase u šumama u Srbiji iznosi 2,58 miliona m³. U poređenju sa stepenom iskorišćenja šuma u razvijenim zemljama od 75%, stepen iskorišćenja šuma u Srbiji je mali. Stoga postoji mogućnost u šumama u Srbiji da se poveća obim seče drveta u odnosu na današnji nivo. Kada govorimo o ostacima drvne građe treba istaći da one imaju prilični energetski potencijal, pri čemu šume pokrívaju oko dva miliona hektara ili više od jedne četvrtine totalne površine Srbije. Važan uslov za bolje iskorišćenje šuma je poboljšanje šumskih puteva. Značaj privatnih šuma leži u potencijalu u ekonomskom, ekološkom i socijalnom smislu, zatim u razvoju ruralnih krajeva a samim tim i doprinosu u smanjivanju siromaštva i sprečavanju migracije stanovništva. U Srbiji potencijal drveta iz privatnih šuma nije dovoljno iskorišćen za potrebe drvne industrije ili sirovine za proizvodnju energije. Osnovni problem nedovoljne mobilizacije drveta iz privatnih šuma leži u njihovim karakteristikama koje se ogledaju kroz mali šumski posed, izdanačko poreklo šuma, veliki broj parcela, ne definisani vlasnički odnosi, neažuran katastar itd. Procenjuje se da broj privatnih šumovlasnika varira od 500 do 800 hiljada, a da na nivou Srbije još uvek ne postoji jaka i interesno nezavisna asocijacija privatnih šumovlasnika (P e t r o v i c, 2012). Mnogi vlasnici privatnih šuma mogli bi prepustiti udruženjima upravljanje nad svojim šumama. Udruženja bi mogla organizovati sve aktivnosti: pošumljavanje, seču drveća, prikupljanje drva i drvnih ostataka, transport i prodaju. U tom slučaju bi većina vlasnika privatnih šuma i zapuštenih njiva bila zainteresovana za pošumljavanje, pošto ne bi bilo potrebe da oni nabavljaju mašine a sve aktivnosti bi mogle biti obavljene bez njihovog aktivnog učešća.

Ova studija je deo RoK-FOR projekta (Regions of Knowledge for Forestry) koji ima za cilj da promoviše šumarski sektor podržavajući održivo korišćenje prirodnih resursa, obnovljivu energiju, održive građevinske materijale i proizvode biološkog porekla a sve to bez ugrožavanja životne sredine. RoK-FOR ima za cilj da stvori "region znanja" u sektoru šumarstva u Evropi. Projekat omogućava umrežavanje i saradnju sa pet učesnica regionalnih klastera u šumarstvu iz šest zemalja: Baden-Virtemberg (Nemačka), prekogranični klaster iz Hrvatske-Srbije,

Akvitanije (Francuska)-Baskije (Španija), Severna Karelija (Finska), i Katalonija (Španija). Cilj RoK-FOR projekta je da pokrene snažnu saradnju između učesnika klastera kroz formulisanje zajedničke strategije i akcionog plana za razvoj, što će dovesti do povećanja inovativnosti i konkurentnosti.

Postoji određen broj studija u SAD i Evropi na temu percepcije privatnih šumovlasnika vezano za korišćenje šumske bioenergije. U SAD, kod privatnih šumovlasnika je utvrđeno da su spremni da ponude drvo i šumske ostatke za proizvodnju bioenergije, a njihova spremnost je u pozitivnoj korelaciji sa njihovim opažanjem poskupljenja biomase. Međutim, šumovlasnici takođe smatraju da postoji nekoliko barijera u snabdevanju i korišćenju ogrevnog drveta, kao što su nedostatak spremnog energetskog tržišta drveta i nedostatak efikasne logistike. U pogledu pitanja šumarske politike, američki šumovlasnici favorizuju podršku vlade u vidu podsticajnog poreza više nego preko direktnih subvencija. U Švedskoj, utvrđeno je da su privatni šumovlasnici više zabrinuti zbog gubitka hranljivih materija u zemljištu zbog intenzivne proizvodnje ogrevnog drveta i zbog toga se mnogi od njih suzdržavaju od eksploatacije ogrevnog drveta (P r a d i p t a i s a r . , 2012).

1.1 Cilj i zadaci istraživanja

Cilj istraživanja je da se sagleda stanje i definiše mogućnost unapređenja korišćenja ogrevnog drveta. Zadaci istraživanja su: a) sagledavanje stanja korišćenja i problema pri korišćenju šumske biomase kao izvora energije; b) sagledavanje mogućnosti i potrebnih mera za održivo korišćenje šumske biomase kao obnovljivog izvora energije.

2. MATERIJAL I METOD ISTRAŽIVANJA

Zbog svoje velike šumovitosti, kao i velikog procenta privatnih šumovlasnika region Istočne Srbije je odabran kao pogodan za obavljanje ovog istraživanja. Nositelj istraživanja je Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu kao partner na RoK-FOR projektu. Uzorak se sastojao od 150 ispitanika koji su odgovarali na pitanja iz upitnika i svi su urađeni na području opština Bor i Žagubica. Princip je bio da se u svakom selu uradi 15 anketa po metodi slučajnog uzorka. Anketiranje je bilo anonimno, jer su nas pre svega zanimali stavovi, a jedini preduslov je bio da ispitivano lice ima šumu u svom vlasništvu. Odabrani su Bor, Zlot, Podgorac, Šarbanovac, Krivelj, Oštrelj, Buđe, Žagubica, Osnić i Brestovac. Upitnik se sastojao od 3 tematska dela i to: a) socio-demografski profil ispitanika, b) stavovi vezani za problematiku ogrevnog drveta sa stanovišta zakona, odgovarajućih institucija, kao i motivacija ispitanika vezano za razna pitanja iz ove oblasti i c) mere šumarske politike i uslovi poslovanja, kao i mere podrške. Kvantitativna analiza je urađena pomoću SPSS programa za statističku obradu podataka.

3. REZULTATI

3.1 Profil šumovlasnika

Predstavljanje šumovlasnika na području opština Bor i Žagubica se uglavnom svodilo na muške ispitanike obzirom na to da je njihov procenat zastupljenosti bio 89,3 % dok su dame činile 10,7 % od ukupnog broja ispitanih. Prosečna starost ispitanika je 53 godine, gde je najmlađi ispitanik imao 27, a najstariji 86 godina.

Tabela 1: Socio-demografski profil ispitanika
Table 1: Socio-demographic profile of respondents

Pol <i>Gender</i>	muških <i>male</i> 134, ženskih <i>female</i> 16	procenat <i>percentage</i>
Prosečna starost <i>Average age</i>	53 godine	
Obrazovanje <i>Education</i>	osnovna škola <i>basic school</i> srednja škola <i>high school</i> fakultet <i>faculty</i>	30,0 63,3 6,7
Zanimanje <i>Occupation</i>	zaposlen u državnoj službi <i>public service</i> zaposlen u privatnoj firmi <i>private company</i> poljoprivrednik <i>farmer</i> preduzetnik <i>entrepreneur</i> penzioner <i>retired</i> drugo <i>other</i>	24,0 7,3 20,0 10,0 28,7 10,0
Izvor prihoda <i>Source of income</i>	plata/nadnica <i>salary/wage</i> prihod od preduzetništva <i>self employment</i> prihod od poljoprivrede <i>farming</i> socijalna davanja <i>social benefits</i> drugo <i>other</i>	36,0 11,3 20,7 1,3 30,7
Broj parcela <i>Number of parcels</i>	jedan vlasnik <i>one owner</i> nijedna 39,3% jedna 6,7% dve 6,0% tri 16,7% više od tri 31,3%	zajedničko vlasništvo <i>common property</i> nijedna 45,3 jedna 6,0 dve 7,3 tri 12,7 više od tri 28,7
Prosečna distanca do šume <i>Average distance from forest</i>	10,25 km	
Tip šume <i>Type of forest</i>	visoka <i>high</i> šuma iz panja <i>coppice</i> mešana šuma <i>mixed forest</i>	1,3 21,3 77,3
Glavne vrste <i>Main species</i>	lišćari <i>broad leaves</i> četinari <i>conifers</i>	94,0 0,7

	mešano <i>mixed</i>	5,3
Grejanje iz sopstvene šume <i>Heating from forest</i>	da <i>yes</i> ne <i>no</i>	94,7 5,3
Prodaja ogrevnog drveta <i>Selling of fuel wood</i>	da <i>yes</i> ponekad <i>sometimes</i> ne <i>no</i>	24,7 26,7 48,7

Na pitanje da li ste jedini vlasnik šume, 59,3 % ispitanih je odgovorilo potvrđno, od tih 89 ispitanih 9,3 % je reklo da im je posed veličine 2 hektara a 8,7 % je reklo da im je posed veličine 3 hektara što su najveći procenti kod ovog pitanja. Posede od 20 do 50 hektara ima ukupno sedmoro vlasnika i izraženo procentima oni čine 4,6 %. Jasno je da se ovi šumovlasnici isključivo bave proizvodnjom i preradom ogrevnog drveta. Veličina poseda varira od 0,3 pa do 50 hektara. U tabeli 1 je dat socio-demografski profil ispitanika.

3.2 Stavovi vezani za problematiku ogrevnog drveta sa stanovišta zakona, odgovarajućih institucija, kao i motivacija ispitanika za proizvodnju ogrevnog drveta

U ovom delu upitnika tvrdnje koje su iznešene bile su ocenjivane pomoću Likertove skale koja odgovore predviđa kroz pet opcija: 1) potpuno se slažem, 2) slažem se, 3) ne slažem se, 4) nikako se ne slažem i 5) ne znam. Na tvrdnju o nivou upoznatosti problematike koja se odnosi na proizvodnju ogrevnog drveta iz šume sopstvenika najveći procenat od 67 % ispitanika je odgovorio da se slaže sa datom tvrdnjom (opcija 2 po Likertu), dok je najmanji procenat od 7 % rekao da ne zna odgovor na datu tvrdnju (opcija 5 po Likertu). Na tvrdnju da tržište ogrevnog drveta nije trenutno razvijeno u Srbiji najveći procenat od 43,3 % ispitanika se ne slaže sa ovom tvrdnjom, dok je najmanji procenat od 5,3 % rekao da se potpuno slaže sa tim. Zanimljiv je odgovor ispitanika na pitanje da li su sadašnje cene ogrevnog drveta privlačne u poređenju sa cenama rezane građe, jer je podjednak procenat od 36,7 % ispitanika odgovorio da se slažu, kao i da se ne slažu sa tom tvrdnjom. Na pitanje da li ne postoji konkurenčija između proizvodnje ogrevnog drveta i proizvodnje rezane građe 47 % ispitanika se složilo sa tom ocenom. Na tvrdnju da nisu zainteresovani da proizvode ogrevno drvo na uštrb proizvodnje trupaca za rezanu građu 63,3 % ispitanika se nije složilo sa time. Slično, ako bi se u budućnosti stvorilo stabilno tržište ogrevnim drvetom da li bi bili zainteresovani za proizvodnju ogrevnog drveta na uštrb proizvodnje rezane građe 44 % ispitanih se složilo sa tom tvrdnjom. Kada su bili upitani da li postojeći zakoni i ostali Vladini dokumenti ne podržavaju proizvodnju ogrevnog drveta iz privatnih šuma 52 % se potpuno složilo sa datom konstatacijom. Na pitanje da li ne postoji potreba za novim merama države kojim bi se podstakla proizvodnja ogrevnog drveta iz privatnih šuma 49,3 % je reklo da se nikako ne slaže sa takvim stavom. Kada su upitani da li javne šumarske institucije poput Uprave za šume jesu nadležne za rešavanje pitanja proizvodnje ogrevnog drveta iz njihovih šuma 59,3 % se složilo sa izjavom. Slično tome, na pitanje da li u Srbiji postoji potreba da se odrede nadležne institucije za privatne šume koje bi se bavile pitanjima proizvodnje ogrevnog drveta 64,7 % se potpuno slaže sa ovom tvrdnjom. Sledilo je pitanje da li su veoma usitnjeni privatni šumski posedi prepreka

isplativijoj proizvodnji ogrevnog drveta, najveći procenat tj. 56,7 % ispitanika je reklo da se slaže sa tim. Kada su upitani da li većina šumovlasnika starije generacije nije zainteresovana za proizvodnju ogrevnog drveta 54,7 % se nije složilo sa datom tvrdnjom. Slično ovome, na pitanje da li mlađi šumovlasnici jesu zainteresovani za komercijalnu proizvodnju ogrevnog drveta 42,7 % se složilo sa datom tvrdnjom. Na pitanje da li su voljni posaditi vrste drveća na svom posedu koje za kraće vreme dostižu zrelost kako bi proizvodili ogrevno drvo 72,7 % se potpuno složilo sa tim a slično su odgovorili i na pitanje da li bi u istu svrhu posadili strane ili egzotične vrste drveća, gde su sa 50 % rekli da se potpuno slažu sa idejom. Upitani da li posao sa ogrevnim drvetom ne može stvoriti nova radna mesta 66 % se nije složilo sa tom tvrdnjom. Slično tome, na pitanje da li proizvodnja i prodaja ogrevnog drveta iz privatnih šuma može postati privlačna poslovna mogućnost u budućnosti 51,3 % se složilo sa tom procenom. Kada su upitani da li je teško od banaka u Srbiji dobiti kredit za započinjanje posla u proizvodnji ogrevnog drveta 64% ispitanika je reklo da ne zna, jer većina nikada nije ni imala posla sa bankama. Po pitanju saradnje sa drugim šumovlasnicima u kontekstu proizvodnje ogrevnog drveta 57,3 % ispitanika se izjasnilo da je potpuno saglasno sa takvom idejom, ali se zato na pitanje žele li obuku kako bi se dodatno osposobili za prodaju i proizvodnju ogrevnog drveta 38,7 % ispitanih izjasnilo da se ne slažu sa takvom idejom.

3.3. Znanje, prepreke, mere šumarske politike i poslovno okruženje u pogledu ogrevnog drveta

Ovaj deo upitnika se odnosio na to u kojoj meri šumovlasnici zapravo poseduju potrebna znanja u određenim šumarskim disciplinama, šta smatraju najvećim preprekama vezano za poslove u svojoj šumi, kao i koje mere podrške i modele poslovanja šumovlasnici smatraju najprikladnijim u aktuelnim uslovima u kojima obavljaju svoje aktivnosti vezano za šumu. Šumovlasnici su pitani kakva znanja imaju iz oblasti gajenja, iskorišćavanja šuma, marketingu, informisanosti o cenama proizvoda i o modelima poslovanja. Ponuđena su tri odgovora i to 1) dobro poznajem, 2) minimalno poznajem i 3) nemam znanja o tome. Tako su na pitanje iz oblasti gajenja šuma ispitanici rekli da 56,7 % njih poseduje minimalno znanje iz ove oblasti, dok je iz oblasti iskorišćavanja šuma 76,7 % ispitanika reklo da dobro poznaje ovu oblast šumarstva. Iz oblasti marketinga najveći procenat od 63,3 % ispitanih je ocenilo svoje znanje, kao minimalno, dok su mnogo bolje informisani o cenama proizvoda, jer je tu najveći procenat iznosio 48 % za dobro poznavanje oko ovog pitanja. Najmanje poznavanje je iz oblasti modela poslovanja jer je 70 % ispitanika odgovorilo da nema znanja iz ove delatnosti. Kada su upitani za koju od gore pomenutih oblasti im treba najviše informacija i obučavanja zanimljivo je da je najviše ispitanika sa 38 % reklo da je marketing ta oblast. U delu upitnika koji se odnosio na prepreke pri obavljanju delatnosti u šumi izdvojeno je šest prepreka i to: 1) šumski putevi, 2) mehanizacija za radeve na iskorišćavanju šuma, 3) mehanizacija za izvlačenje drveta iz šume, 4) prevoz, 5) kapitalne nabavke/investicije i 6) ljudski rad. Tri delatnosti su izdvojene: 1) proizvodnja ogrevnog drveta sa aspekta gajenja i iskorišćavanja šuma, 2) korišćenje ogrevnog drveta iz šume i 3) pokretanje novog posla vezanog za ogrevno drvo. Ispitanici su

naveli da su najveća prepreka kod proizvodnje ogrevnog drveta šumski putevi, jer je najveći procenat od 46,7 % ispitanih upravo to video kao ključni problem. Vezano za korišćenje ogrevnog drveta iz šume kao najveća prepreka je označena mehanizacija za izvlačenje drveta iz šume, jer je najveći broj ispitanika, tačnije 60 % njih taj razlog navelo kao najveću prepreku. Kod pokretanja novog posla vezanog za ogrevno drvo najviše šumovlasnika u procentu od 70 % se izjasnilo da kapitalne investicije, zapravo nedostatak istih predstavljaju najveću prepreku vezano za ovu delatnost. Pregled preporučenih mera koje bi bile najkorisnije za pokretanje novog posla date su u tabeli 2.

Tabela 2. Mere za pokretanje novog posla
Table 2. Measures to start a new job

Navodi <i>Statements</i>	Mere <i>Measures</i>		
	Subvencije i druge mere podrške <i>Subventions and other supportive measures</i>	Smanjenje poreza <i>Tax reduction</i>	Zagaranovano tržište za proizvode <i>Ensured market for products</i>
Proizvodnja energetskog drveta (aktivnosti gazdovanja šuma – gajenje i iskorišćavanje) <i>Production of energy wood (forest management activities - silviculture and utilization)</i>	57,3 %	2 %	40,7 %
Pokretanje novog posla (aktivnosti poput prodaje cepanog ogrevnog drveta, prodaje drvne sečke i sl.) <i>Starting a new job (activities such as selling firewood, wood chips sales, etc.)</i>	42 %	1,3 %	56,7 %

Na pitanje šta bi predstavljalo glavnu motivaciju šumovlasnicima da se počnu baviti proizvodnjom drveta za energiju iz vlastite šume najveći broj njih zapravo 68 % je reklo da bi to bili prihodi i ekološka svest zajedno. Sledеće je bilo pitanje podrške u njihovom nastojanju da se bave proizvodnjom ogrevnog drveta. Od šest ponuđenih odgovora: 1) opština, 2) Vlada RS, 3) Evropska Zajednica, 4) privatni investitori, 5) fakultet/istraživački instituti i 6) ne znam, najveći procenat njih sa 48,7 % se odlučio da bi to bila Vlada RS. Vezano za obezbeđivanje drvne sirovine iz šuma sopstvenika, a za proizvodnju bioenergije od ponuđena tri odgovora najviše njih se opredelilo za drveni ostatak u šumi nakon seče i izrade drva sa 50,7 %. Za najvažniji model poslovanja iz oblasti bavljenja ogrevnim drvetom u prilikama srpske privrede najviše njih smatra da bi to bilo postojanje klastera za bioenergiju sa različitim mogućnostima iskorišćenja i to u procentu od 96,7 %.

4. DISKUSIJA

Cilj istraživanja je bio da se ispitaju stavovi privatnih šumovlasnika o korišćenju ogrevnog drveta, kao i potencijalnim mogućnostima da se posao sa ogrevnim drvetom unapredi. Ništa manje, projekat treba da naznači koje su potrebe šumovlasnika i na koji način bi se šumske potencijale mogli iskoristiti na najbolji način a da se pri tom sačuva biodiverzitet i svi aspekti održivog gazdovanja. Činjenica je da vlasnici šuma poseduju znanja o određenim šumskim aktivnostima koja su stekli iskustvom, ali je neophodno da se konstantna obuka, kako za rad u šumi, tako i za uzbudljivanje i negu sprovodi kako bi oni mogli efektnije koristiti svoje resurse. Istraživanje je pokazalo da je korišćenje ogrevnog drveta uobičajeno među šumovlasnicima za svoje kućne potrebe. Sem toga, više od polovine ispitanika prodaje stalno ili povremeno ogrevno drvo. Od 37 ispitanika koji su se izjasnili da redovno prodaju ogrevno drvo zanimljiv je podatak da se ti iznosi kreću od 10 do 1.400 m³ i da je skoro ravnomerna raspodela po procentima učešća sa brojem vlasnika. Moglo bi se izdvojiti da po 4 vlasnika prosečno godišnje prodaju po 50 i 145 m³, dok ostalih ima ravnomerno po 1 ili 2 što ukazuje na to da: a) od celog uzorka od 150 ispitanika ima relativno malo onih koji se samo ovim poslom bave, zapravo svako od njih proda najmanje po 100 m³ godišnje i b) obim seče i prodaje ogrevnog drveta zavisi od trenutne potražnje, dakle ne sekut se konstantni iznosi svake godine, već se taj iznos menja od potreba, najčešće vlasnika.

Malo iznad polovine ispitanih misli da je tržiste ogrevnog drveta trenutno rezvijeno u Srbiji (15 % ne zna kakva je situacija), takođe malo više od polovine ispitanih se slaže u oceni da cene ogreva nisu privlačne u poređenju sa cenom rezane građe (4,7 % ne zna). Rezultati su pokazali da malo više od dve trećine ispitanih misli da ne postoji konkurenca između ove dve vrste proizvodnje. Takođe, dve trećine ispitanih bi radije proizvodilo ogrevno drvo nego rezanu građu, slično ovome, više od dve trećine bi proizvodilo ogrevno drvo kada bi postojalo stabilno tržiste. Ovi rezultati se razlikuju od studije finskog istraživača (P r a d i p t a i sar., 2012), koji je došao do različitih nalaza oko ove tematike verovatno zbog toga što finski šumovlasnici ne doživljavaju pozitivno razvoj budućeg tržista ogrevnog drveta već imaju strategiju zvanu 'čekaj i vidi'. Po pitanju odnosa države prema šumovlasnicima kao i aktuelnim zakonima iz ove oblasti rezultati pokazuju da oko 80 % ispitanih smatra da su javne šumarske institucije nadležne za sva pitanja proizvodnje iz privatnih šuma, zatim da postoji potreba za novim institucijama koje bi se bavile ovom problematikom, kao i da postojeći zakoni ne podržavaju proizvodnju ogrevnog drveta iz privatnih šuma. Ovakvi rezultati ne iznenađuju obzirom na to da je višedecenijsko socijalističko državno uređenje regulisalo i ovu privrednu oblast, što za posledicu ima manju aktivnu i preduzetničku ulogu većine šumovlasnika koji su se našli u novim okolnostima i poslovnom ambijentu.

Više od dve trećine smatra da su usitnjeni šumske posedi prepreka isplativoj i organizovanoj proizvodnji ogrevnog drveta, kao i da su stariji vlasnici šuma voljni da se bave proizvodnjom, dok ispitanici za mlađe vlasnike smatraju to isto, ali tek nešto preko polovine od svih ispitanika. Slično, više od dve trećine ispitanih smatra da posao sa ogrevnim drvetom može stvoriti nova radna mesta, kao

i da će ovaj posao postati privlačna poslovna mogućnost u budućnosti. Po pitanju saradnje sa drugim šumovlasnicima oko 90 % ispitanih se izjasnilo pozitivno ali je zato manje od polovine izrazilo spremnost na dodatnu obuku kako bi se osposobili za proizvodnju i prodaju ogrevnog drveta, što nije ohrabrujuće, ali je i logično obzirom na to da je prosek godina ispitanih bio više od 53 godine te je razumljivo da starije generacije nisu baš spremne na ovakve programe.

Rezultati ispitivanja su pokazali da šumovlasnici poseduju najmanje znanja iz modela poslovanja, jer se preko dve trećine njih izjasnilo da nema nikakva znanja o ovoj oblasti, dok su bolji rezultati bili kod ostalih oblasti, kao što su gajenje i iskorišćavanje šuma, informisanost o cenama proizvoda i marketing. Indikativno je da su se ispitani na pitanje za koju od navedenih oblasti im treba najviše obuke ipak odlučili za marketing i to skoro 40 % njih iako su pre toga većinski rekli da ne poseduju znanja iz modela poslovanja. Razlog za ovako nešto leži u profilu ispitnika, jer je ustanovljeno da većina njih ima preko 53 godine te je stoga lako shvatiti da im je marketing kao nešto što im makar zvuči poznato prihvatljivije i za samo učenje.

Logistički i tehnički izazovi su izdvojeni kao najveći problem i to: a) šumski putevi kod proizvodnje ogrevnog drveta kod aktivnosti gazdovanja šuma i b) mehanizacija za izvlačenje drveta iz šume kod mobilizacije ogrevnog drveta. Očekivano, za pokretanje novog posla vezanog za ogrevno drvo najveći problem predstavljaju kapitalne investicije. Slično ovim rezultatima, studija je pokazala da skoro dve trećine ispitnika kao najbolje mere za proizvodnju ogrevnog drveta vidi u subvencijama i drugim merama podrške od strane države, a zagarantovano tržište vidi kao najbolju mjeru za pokretanje novog posla. Istraživanje finskih naučnika R a m o i sar., (2009) pokazuje da njihovi šumovlasnici smatraju da je neizvestan razvoj tržišta ogrevnog drveta u budućnosti i da privatni šumovlasnici favorizuju sopstvenu Vladi da igra važnu ulogu u uklanjanju postojećih prepreka na tržištu energije produkovane sagorevanjem drveta. Ovo ukazuje da bi vlada mogla obezbediti u prvoj fazi subvencije za malu proizvodnju energetskog drveta i time pomogne da tržište raste u bliskoj budućnosti. Kao glavna motivacija u poslu sa ogrevnim drvetom rezultati su pokazali da zajedno i prihodi i ekološka svest jesu podjednako važni pri bavljenju ovim aktivnostima, što ukazuje na pozitivni pomak kod svesti naših ljudi o značaju i očuvanju životne sredine. Najveću podršku u nastojanju privatnih šumovlasnika da proizvode ogrevno drvo po njihovom mišljenju treba da obezbedi Vlada Republike Srbije u većoj meri, a potom i opštine u manjoj meri. Kod modela poslovanja u apsolutnoj većini je postojanje klastera za bio energiju izabrano kao definitivna opcija, jer šumovlasnici smatraju da bi se na ovaj način najefektnije proizvodnja i prodaja odvijala u korist svih koji su uključeni u ovaj proces. Ovakvi rezultati jasno ukazuju da privatna inicijativa o razvijanju navedene oblasti ne može doći pre jasne i odlučne podrške države.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni iz ove studije mogu biti relevantni za šumarsku politiku koja se tiče razvoja tržišta ogrevnog drveta u Srbiji. Istraživanje je pokazalo da nezadovoljavajuće stanje šuma, mali i rascepmani posedi, nedostatak mehanizacije, loši šumski putevi, nedostatak potrebnog praktičnog znanja, a posebno nedostatak investicija predstavljaju problem za isplativiju proizvodnju ogrevnog drveta kod privatnih šumovlasnika. Jedan od uslova za bolje iskorišćenje drvne mase jeste poboljšanje infrastrukture u manje razvijenim regionima koji su bogati šumom kao što je region Istočne Srbije i na taj način obezbeđivanje stalnog pristupa potrebnim resursima biomase. Rezultati ispitivanja su pokazali da šumovlasnici poseduju najmanje znanja iz modela poslovanja, te bi naredne mere podrške mogle obuhvatiti i obuku šumovlasnika u ovoj oblasti. Šumski putevi i mehanizacija za izvlačenje drveta iz šume predstavljaju najveće logističke i tehničke izazove. Za pokretanje novog posla sa ogrevnim drvetom ispitanci smatraju da bi najbolju meru za ovakvu aktivnost predstavljalo zagarantovano tržište. Vlada Srbije bi trebalo da pokaže inicijativu i koordinisanu akciju kako bi se ostvarili ovi povoljniji uslovi. Buduće studije bi trebalo da obuhvate nacionalni uzorak ne bi li se dobio širi uvid u stavove privatnih šumovlasnika oko problematike tržišta ogrevnim drvetom.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

6. LITERATURA:

- Anonim. 2010. Akcioni plan za biomasu 2010 – 2012. Ministarstvo rударства и енергетике, Beograd, NL Agency, Utrecht.
- Jovanović, B., Parović, M. (2009) Stanje i razvoj biomase u Srbiji, Jefferson Institute, Beograd.
- Kragulj, D., Parežanin, M. (2011): Obnovljivi izvori energije kao značajna komponenta održivog razvoja, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Osmi skup privrednika i naučnika *Operacioni menadžment u funkciji održivog ekonomskog rasta i razvoja Srbije 2011-2020*.
- Nacionalna inventura šuma, 2009. Šumarski fakultet, Beograd .
- Petrović, N. (2012): Odnos Države i privatnih šumovlasnika prema šumi kao osnov definisanja modela planiranja gazdovanja šumama u Srbiji, doktorska disertacija, Beograd.
- Pradipta, H. (2012): Nonindustrial private forest owners' opinions to and awareness of energy wood market and forest-based bioenergy certification - results of a case study from Finnish Karelia, *Energy, Sustainability and Society*.
- Rämö et al., (2009): Interest in energy wood and energy crop production among Finnish non-industrial private forest owners. *Biomass and Bioenerg*

- Stojiljković, M. (2009): Elektricna i topotna energija u Srbiji do 2015.godine,
Analiza projektovanog stanja sa posebnim osvrtom na primenu biomase,
Mašinski fakultet, Niš.
- USAID (2009): Studija opravdanosti korišćenja drvnog otpada u Srbiji – Energy
Saving Group, Beograd

Internet izvori:<http://www.rokfor.eu/>

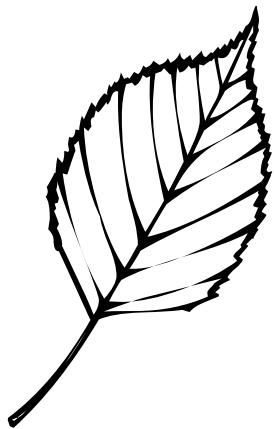
Summary

State and prospects of energy usage of forests in private ownership in Serbia

by

Jankov Dragan, Stevanov Mirjana, Orlović Saša

This paper represents current situation among private forest owners in two municipalities rich in forests in Eastern Serbia and emphasizes their attitudes towards knowledge, barriers, measures of forest policy and business environment in terms of energy wood production. Study should indicate what are the needs of forest owners and how to utilize forest resources to the best possible way and that at the same time preserve biodiversity and all aspects of sustainable management. Survey consisted of 150 questionnaires which are performed in the municipalities of Bor and Žagubica. The questionnaire consisted of three thematic parts: a) socio-demographic profile of respondents, b) attitudes related to the issue of energy wood and c) the extent of forest policy and support measures. Quantitative analysis was performed using SPSS software for statistical analysis of data. In terms of the relationship between the state and forest owners as well as current laws in this field, results show that about 80% of the respondents think that the public forest institutions are responsible for all matters of production from private forests, then there is a need for new institutions to deal with these issues as well that existing laws do not support the production of energy wood from private forests. More than two-thirds of respondents believe that the business of the energy wood production can create new jobs. As regards cooperation with other forest owners about 90% of the respondents expressed positively, on contrary less than half expressed the willingness to further training to enable them to produce and sell wood energy, which is logical given that the average age of respondents was more than 53 years old. The study found that the forest owners have the least level of knowledge when it comes to business models compare to other forest disciplines. Research showed that nearly two-thirds of respondents thought that the best measure for the production of energy wood could be subsidies and other supportive measures by the government, similarly guaranteed market could be seen as the best measure to start a new business in energy wood. Serbian Government should show initiative and coordinated action to achieve these favorable conditions in order to fulfill all potentials of private forests in Serbia.



Stručni rad *Professional work*

PREVENTIVNE MERE ZA SPREČAVANJE NASTANKA I ŠIRENJA ŠUMSKIH POŽARA

Pekeč Saša¹, Rončević Savo¹, Crnojević Vladimir², Minić Vladan², Brdar Sanja²

Izvod: Rad prikazuje neophodnost primene različitih preventivnih mera kako bi se sprečilo nastajanje šumskih požara i smanjile štete od već nastalih šumskih požara. Kao osnovne smernice predlažu se različite tehničke i tehnološke mere. Cilj rada je da se prikažu osnovne mere za umanjenje šteta od šumskih požara.

Ključne reči: preventivne mere, šumski požar

PREVENTIVE MEASURES TO PREVENT THE EMERGENCE AND SPREAD OF FOREST FIRE

Abstract: The paper presents the possibility of application of different preventive measures in order to prevent both fires and reduce the damage already caused by forest fires. As a basic guideline proposed various technical and technological measures. The aim of this paper is to present the basic measures to reduce damage from forest fires.

Key words: preventive measures, forest fire

1. UVOD

Poznato je da požari prave velike štete na području koje je obrasio šumom. Oblasti u svetu koje su se proteklih godina najviše suočavale sa šumskim požarima su Severna Amerika, Brazil, Južna Evropa, Jugoistočna Azija i Australija a kod nas u Republici Srbiji je najviše ugroženo područje Deliblatske peščare prema Ducić i Milovanović (2004). Najveći broj požara izazove čovek, dok manji broj uzrokuju prirodne pojave ili različiti veštacki činioци. Posmatrajući površine pod šumom moguće je izdvojiti površine kod kojih lakše dolazi do nastanka i širenja požara, kao što su površine pod četinarima, površine gde je srednja opasnost od nastanka požara odnosno mešovite šume četinara i lišćara, te površine gde je najniža mogućnost nastanka požara kao što su šume lišćara.

Na osnovu izveštaja Ministarstva zaštite životne sredine Republike Srbije o nastanku, toku i gašenju požara tokom 2007. godine, utvrđena je ukupna šteta od požara u nacionalnim parkovima kao i zaštićenim područjima na ukupnoj

¹ Dr Saša Pekeč naučni saradnik, Dr Savo Rončević viši naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

² Dr Vladimir Crnojević vanredni profesor, Dipl. ing. Vladan Minić istraživač saradnik, Dipl. ing. Sanja Brdar istraživač saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad

površini od 3.177,66 hektara, (Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja RS, 2007). Na području Srbije prosečno opožarena površina po šumskom požaru iznosi 19,18 ha, prema (Aleksić et al., 2009). S obzirom na velike štete koje nastaju tokom šumskih požara, jedan od bitnih segmenata u sprečavanju njihove pojave je preventivno delovanje koje je, kako navode Stipančev i Hrastnik, (2004), višestruko isplativije od saniranja posledica požara. Istraživanjem šumskih požara na području Republike Srbije, Tabaković-Tošić et al., (2009) preporučuju na osnovu dobijenih rezultata da se na nivou nižih organizacionih jedinica korisnika šuma, sprovedu pravovremeno odgovarajuće mere pripravnosti i organizacije protivpožarne zaštite. S obzirom na velike štete koje su uzrokovane šumskim požarima Pekeč et al., (2011) navode da se u šumarstvu pokušava preventivnim merama sprečiti nastanak istih za što se koriste biološke i tehničke mere zaštite, tako da ukoliko i dođe do požara što efikasnije će se locirati i sprečiti njegovo dalje širenje.

Imajući u vidu činjenicu da se šumski požari javljaju nenadano, učestalije u pojedinih mesecima, neophodno je imati pripremljen plan i program delovanja, kada dođe do vanrednih situacija usled šumskih požara.

2. PREVENTIVNE MERE ZAŠTITE OD ŠUMSKIH POŽARA

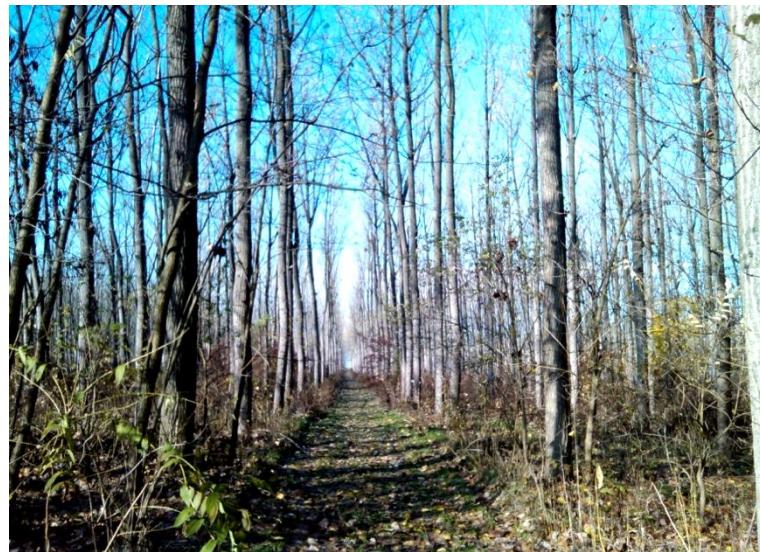
Poznavajući štetne posledice šumskih požara, neophodno je pravovremeno sprovesti određen skup mera kojima će se ugrožena šumska područja zaštiti od požara. Preventivne mere delimo na: biološke, edukativne, tehničke i tehnološke mere zaštite od požara. U radu će se pomenuti neke edukativne, tehničke i tehnološke mere zaštite.

2.1 Edukativne mere zaštite

Pod ovim merama se podrazumeva edukacija stanovništva putem raznih medija, seminara, radionica, reklama, brošura o štetnosti požara i zabrani paljenja vatre na ugroženim područjima. Na ovaj način se preventivno podiže nivo znanja stanovništva, posebno u ugroženim područjima, o uzrocima nastanka šumskih požara, potencijalnim opasnostima, načinu gašenja, te institucijama koje treba obavestiti o nastanku požara.

2.2 Tehničke mere zaštite

Tehničke mere obuhvataju pripremu šumskog područja i ljudskog potencijala kako bi se stvorili uslovi za sprečavanje požara. Priprema šumskog područja, odnosno određene teritorijalne jedinice obuhvata pripremu i proveru ispravnosti bunara i izvora vode neophodnih za gašenje požara, pripremu i proveru vozila i opreme namenjene za gašenje požara, kao i izradu i održavanje protivpožarnih pruga i prostate.



Slika 1 Protivpožarna pruga (foto Pekeč S.)

Picture 1 Firefighting stripe

Protivpožarne pruge i proseke su osnovne mere protivpožarne zaštite, pošto je njihova uloga da spreče širenje požara na veće površine, odnosno lokalizovanje požara u granicama okolnih proseka i protupožarnih pruga. Upravo iz tih razloga za njih je bitno da se postavljaju u pravcima upravnim na najveće čestine i jačine duvanja vetrova, pa razlikujemo osnovne i sporedne protupožarne pruge i proseke, odnosno značajno je za ugrožene šumske komplekse uraditi mrežu uzdužnih i poprečnih pruga kako bi njihov učinak bio najefikasniji. One se usled svoje prohodnosti kroz šumska područja koriste i za prolaz vozila, ljudi i opreme do mesta nastalog požara.

Uz šumske pruge i proseke, takođe je neophodno razviti mrežu šumskih puteva kako bi svi ili većina delova šumskog kompleksa bili pristupačni za gašenje. Posebno je značajna otvorenost šume i plansko postavljanje mreže puteva, pa tako Stevanović, (2007) navodi model izgradnje šumskih puteva na području Deliblatske peščare kao veoma ugroženom području. Prema navedenom autoru model se sastoji od četiri nivoa mreže puteva: elipsoidni prsten oko Deliblatske peščare kojim se povezuju naselja locirana oko ovog područja, mreža osnovnih puteva koja povezuje naselja na suprotnim stranama Deliblatske peščare, mreža internih puteva kojom se spaja mreža osnovnih puteva sa lugarnicama kao bazama zaštite šuma od požara i sa lokacijama najugroženijim od požara i mreža protivpožarnih pruga kao neposredne linije odbrane od požara.

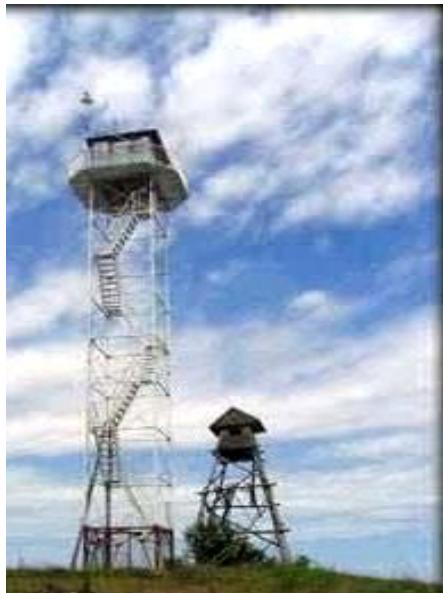
2.3 Tehnološke mere zaštite

U odnosu na tehničke mere koje su prethodno spomenute, tehnološke mere zaštite obuhvataju modernu tehnologiju, koja prvenstveno ima preventivnu ulogu

zaštite od požara a zasniva se na praćenju određenih šumskih kompleksa ili drugih ugroženih područja putem različitih inteligentnih sistema i detektovanju mesta požara.

Neki komercijalni zemaljski sistemi za otkrivanje šumskih požara koji se primenjuju su: BOSQUE BAZAN-FABA (Španija), SR-10 – ALENIA (Italija), FIREWATCH (Nemačka), FIREHAWK (Južna Afrika), FIREVU (Engleska), URAFIRE (Francuska) prema Stipančev et al., (2006), Kolarić et al., (2008), te IPNAS (Hrvatska) prema Stipančev et al., (2010).

Ovi sistemi koriste najsavremenija dostignuća u vidu kamera, kompjuterske tehnologije te meteoroloških podataka koje integriraju u jednu celinu. Imajući u vidu ovakve napredne sisteme za praćenje terena i rano otkrivanje požara, te procenu njegovog širenja, preventivne mere zaštite od požara su do bile jednu sasvim novu dimenziju za sprečavanje nastanka i širenje šumskih požara.



Slika 2 Osmatračnica sa video kamerom na području Deliblatske peščare
Picture 2 Observation with a video camera in area of Deliblato sands

Na području Deliblatske peščare kao najugroženijem delu za nastanak šumskih požara postoji 5 osmatračnica sa video kamerama povezanih sa operaterima, koje pokrivaju čitavo područje prema Ducić i Milovanović, (2004), a osnovna uloga im je rana detekcija nastanka požara.

U odnosu na razvijene sofisticirane sisteme za otkrivanje i praćenje šumskih požara, funkciju otkrivanja i praćenja šumskih požara, posebno u vreme pojačane opasnosti za njihov nastanak mogu obavljati i razne letilice (helikopteri i poljoprivredni avioni). Njihova upotreba je potisnuta u drugi plan upravo iz razloga velikih troškova prilikom preleta šumskih kompleksa, te udaljenosti aerodroma, a

oni takođe nemaju stalni kontinuitet u praćenju ove pojave kao što to čine savremeni video sistemi za praćenje i osmatranje nastanka šumskih požara.

3. ZAKLJUČAK

S obzirom na činjenicu da se šumski požari javljaju na različitim površinama pod šumskim kompleksima, potrebno je imati pripremljen program za plansko delovanje kada dođe do vanrednih situacija. Neophodno je pravovremeno sprovesti određen skup preventivnih mera kojim će se potencijalno ugrožena šumska područja zaštiti od požara, kako tehničkim merama pripreme samog terena, tako i savremenim tehnološkim merama za rano otkrivanje šumskog požara i praćenje njegovog kretanja.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Integralni interdisciplinarni istraživački projekat: Integrисани систем за детекцију и естимацију развоја поžара праћењем критичних параметара у реалном времену“ (44003) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

4. LITERATURA

- Aleksić, P., Krstić, M., Jančić G. (2009): Šumski požari - ekološki i ekonomski problem u Srbiji, Botanica Serbica vol. 33, br. 2: 169-176.
- Ducić, V. i Milovanović, B. (2004). Termičke specifičnosti Deliblatske (Banatske) peščare. Zbornik radova Geografskog fakulteta, 51: 1-12.
- Kolarić, D., Karolj S., Dubravčić, A. (2008): Integrated System For Forest Fire Early Detection And Management - Periodicum Biologorum, Vol. 110, No 2: 205-211.
- Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja – Republika Srbija <http://www.ekoplan.gov.rs/src/upload-centar/dokumenti/izvestaji/pozari-2007.pdf>
- Pekeč S., Orlović S., Rončević S., Crnojević V., Minić V., Brdar S. (2011): Biološke i tehničke mere zaštite šuma od požara, Topola, 187/188: 77-84
- Stevanović, B., (2007): Model putne infrastrukture Deliblatske peščare sa aspekta zaštite šuma od požara, Šumarstvo 1-2: 81-91
- Stipančev, D., i Hrastnik, B. (2004): Integralni model zaštite od šumskih požara na području Splitsko-Dalmatinske županije, str. 1-21, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu, Ruđera Boškovića bb, 21000 Split.
- Stipančev, D., Vuko, T., Krstinić, D., Štula, M., Bodrožić, Lj. (2006) : *Forest Fire Protection By Advanced Video Detection System – Croatian Experiences*, "System for early forest fire detection based on cameras in

visible spectra", Technological project TP-03/0023-09, Ministry of science, education and sport of Republic Croatia.

Stipaničev, D., Štula M., Krstinić, D., Šerić, Lj. (2010): Suvremeni sustavi za rano otkrivanje i praćenje požara raslinja mrežom naprednih video motrilackih jedinica, str 1-13, II. Konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 14.listopada 2010.g.

Tabaković-Tošić M., Marković M., Rajković S., Veselinović M. (2009): Šumski požari u Srbiji - slučajnost ili redovna pojava, Sustainable Forestry: Collection 2009, br. 59-60: 97-127

Summary

PREVENTIVE MEASURES TO PREVENT THE EMERGENCE AND SPREAD OF FOREST FIRE

by

Pekić Saša, Rončević Savo, Crnojević Vladimir, Minić Vladan, Brdar Sanja

Forest fires produce large damage in area is covered by forest. The largest number of fires occurred mainly cause man, but some of them caused by the natural phenomenon or artificial factors are different. Looking at the forest area can be set aside areas where help is coming to the emergence and spread of fires, such as the area under conifers, where the mean of the risk of fire or mixed forests of conifers and deciduous trees. Given the fact that the forest fires occur unexpectedly, more frequently in the respective year periods and the time of day, it is necessary to have a prepared plan and program of action when it comes to emergency situations due to forest fires. It is important to promptly implement a specific set of preventive measures that will be potentially affected forest areas protected from fire emerging technical measures to prepare the ground, and modern technological measures of early detection of forest fires.

UPUTSTVO AUTORIMA

Časopis TOPOLA objavljuje recenzirane, naučne i stručne rade, kao i priloge koji su sadržajno usmereni na probleme od značaja za šumarstvo, hortikulturu i zaštitu životne sredine. Rade se klasifikuju na:

- izvorne (originalne) naučne rade, koji sadrže prethodno nepublikovane rezultate izvornih eksperimentalnih istraživanja;
- pregledne rade, koji sadrže analizu i raspravu o skupu, odnosno većoj celini naučnih rezultata (koji mogu biti prethodno publikovani) iz okvira jedne teme;
- prethodna saopštenja o rezultatima novih naučnih istraživanja;
- stručne članke, koji sadrže nedovoljno naučno obradjene podatke, ali na osnovu kojih diskutuju konkretnu problematiku struke

Autor može predložiti kategoriju svoga rada, ali je redakcija časopisa TOPOLA na predlog recenzenta konačno određuje.

Časopis objavljuje i druge kraće priloge, kao što su: osvrt na naučne i stručne skupove i na pojedina naučna i stručna dostignuća, prikaze naučnih i stručnih publikacija, predloge i mišljenja o pojedinim stručnim i naučnim problemima topolarstva. Ovi prilozi ne podležu recenziji.

Priprema rukopisa

Prethodno lektorisan tekst rukopisa na srpskom ili engleskom jeziku, do 10 strana, dostavlja se redakciji na formatu A-4 otkucan mašinom sa duplim proredom ili u elektronskoj formi na disketu, CD disku ili putem E-mail na adresu: branek@uns.ac.rs Rad u elektronskoj formi treba da je urađen u programu Word for Windows 5.0 i više verzije, formata A-4, font Times New Roman, 10 pt. Tekst treba da sadrži uobičajene delove: naslov rada (ne duži od dva reda): Prezime i prvo slovo imena autora, sažetak na srpskom i na engleskom jeziku (cca 15-20 redova) (Abstract); ključne reči; uvod; materijal i metod rada; rezultate sa diskusijom (zajedno ili odvojeno); referene i Summary na engleskom jeziku (na posebnom listu). U fusnoti na prvoj strani napisati puno ime i prezime svakog autora, titulu i instituciju u kojoj radi.

Tabele i grafikoni treba da su jasni i pregledni, numerisani arapskim brojevima i sa tekstualnim delovima na srpskom i engleskom jeziku. Obim rada sa prilozima ne treba da bude veći od 10 stranica. Latinske nazive treba pisati podvučeno ili Italic slovima.

Citiranjem rade u tekstu navodi se: prezime autora (spacionirano) i godina publikovanja rade. Ako se citira rad dva autora navode se prezimena oba autora, a ako se citira rad više autora navodi se samo prezime prvog autora i oznaka et al.

Na primer: Orlović, (1997), F A O, (2000) odnosno Orlović i Ivanišević, (1997) odnosno Orlović et al., (1997). Ako se citat navodi u zagradi oznaka godine je bez dodatne zagrade. Skraćenice u navođenju citata u tekstu, npr.

Vlada RS, (2006), moraju da budu napisane u punom nazivu u poglavlju Literatura: Vlada RS (2006): Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije, Vlada Republike Srbije, Beograd. Navođenje web stranice u popisu referenci treba da ima sledeću formu: RHMZ (2012): <http://www.hidmet.gov.rs/>, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd dok je forma u tekstu: RHMZ, (2012). Pri tome je godina koja se navodi godina pristupa. Popis referenci sadrži alfabetski poredak citiranih radova. Za svaki rad se navodi prezime i prvo slovo imena svih autora, godina publikovanja rada (u zagradi), pun naslov rada, naziv časopisa, a za citirane knjige i naziv i mesto izdavača. U popisu referenci svi navodi su na izvornom jeziku citiranog rada.

Rukopisi se dostavljaju na adresu redakcije:

Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu
21000 Novi Sad, Antona Čehova 13
"ZA TOPOLU"

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

630

Topola = poplar / главни и одговорни
редник Saša Orlović. - Год. 1, бр. 1
(1957)- . - Novi Sad : Истраживаčko razvojni
institut za nizijsko šumarstvo i životnu
sredinu, 1975-. - 24 cm

Dva puta годишње. - Rezime на
енглеском језику.
ISSN 0563-9034

COBISS.SR-ID 4557314